UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

TÂNIA CRISTINA VARGAS SANA

Produção de diferentes médias na investigação de
modelos de estudantes do Ensino Médio sobre
mudanças de estados físicos da matéria

São Paulo
2016

TÂNIA CRISTINA VARGAS SANA

Produção de diferentes mídias na investigação de
modelos de estudantes do Ensino Médio sobre
mudanças de estados físicos da matéria

Dissertação apresentada à Comissão do
Programa de Pós-Graduação Interunidades
em Ensino de Ciências, como requisito para
a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Ensino de Química

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo Arroio

Versão corrigida.

A versão original encontra-se disponível na
biblioteca do Instituto de Física e na
Biblioteca Digital de Teses e Dissertações
da USP (BDTD)

SÃO PAULO
2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

**Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo**

Sana, Tânia Vargas

Produção de diferentes mídias na investigação de modelos de estudantes do ensino médio sobre mudanças de estados físicos da matéria. São Paulo, 2016.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo Arroio

Área de Concentração: Ensino de Química

Unitermos: 1. Química – Estudo e ensino; 2. Estados da matéria; 3. Modelos; 4. Ensino médio.

USP/IF/SBI-066/2016

SÃO PAULO
2016

DEDICATÓRIA

À minha mãe (*in memoriam*), com amor, admiração e gratidão por sua dedicação aos filhos, pelo carinho, pelos ensinamentos, pela presença incansável e por sempre acreditar e apoiar minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço

Principalmente à minha mãe (*in memoriam*) por ser minha heroína, um exemplo de mulher, uma guerreira, minha referência, por sempre me incentivar, acreditar no meu potencial e me ensinar que todos nossos objetivos são conquistados com muita luta e perseverança e que os fracassos existem, mas a desistência e a lamentação não devem fazer parte desse processo. Ao meu pai (*in memoriam*) que sei que estaria muito feliz por essa minha vitória. Ao meu marido, Maurício, pela disponibilidade de me ouvir e me ajudar nos problemas com o computador. À minha filha, pelo simples fato de existir e fazer a minha vida iluminada. À minha querida sogra, Lourdes, pelo carinho, por se interessar pelo meu mestrado e ter orgulho das minhas conquistas.

Ao meu orientador, professor Dr. Agnaldo Arroio e à professora Dra. Daisy de Brito Rezende, pela disponibilidade e apoio que foram fundamentais para a realização deste trabalho. Muito obrigada pelos conhecimentos passados, pela paciência que vocês tiveram nessa fase tão importante da minha vida e pelas contribuições para o meu crescimento como pesquisadora.

Aos professores Guilherme Andrade Marson e Sérgio Henrique Bezerra de Souza Leal, pelas preciosas contribuições no exame de qualificação.

Aos meus amigos de pós-graduação que foram importantes para enfrentar todos altos e baixos que o curso traz, em especial a Elaine, Solange, Danilo e Mauritz, que sempre estiveram ao meu lado, dividindo os percalços encontrados no caminho. Ao meu amigo Dirceu, que foi o incentivador para que eu iniciasse no processo de mestrado e que também me proporcionou grande aprendizado.

Ao colégio que permitiu a execução deste trabalho e aos alunos que participaram voluntariamente de todo o processo, sempre muito receptivos e atenciosos. Muito obrigada!

E à CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado e apoio financeiro.

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção.”

Paulo Freire

RESUMO

SANA, T. C. V. **Produção de diferentes mídias na investigação de modelos de estudantes do Ensino Médio sobre mudanças de estados físicos da matéria.** 2016. 191 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

Neste trabalho o objetivo foi analisar um estudo sobre a percepção de estudantes do 2º e do 3º ano do Ensino Médio quanto à representação submicroscópica de processos de mudança de estado físico da matéria, pois, em minha carreira docente, sempre percebi grande dificuldade dos alunos nas correlações entre o universo químico macro para o submicro. Foi utilizada uma metodologia qualitativa, com a participação de 32 alunos de um colégio particular da cidade de São Paulo, SP. A sequência das atividades desenvolvidas iniciou-se pela leitura de um texto sobre propriedades da matéria, seguindo-se uma aula experimental sobre pontos de fusão e ebulição de substâncias puras e misturas. Após discussões em pequenos grupos e, subsequentemente, com uma exposição dos resultados com a sala em geral, foi proposto que os estudantes elaborassem imagens que representassem sua compreensão acerca do fenômeno de mudança de estado físico no nível submicroscópico. Após um encontro com discussões sobre as imagens produzidas nas cartolinas, elaborou-se um recurso audiovisual por grupo sobre processo de fusão e/ou ebulição. Para um entendimento mais preciso dos modelos produzidos foram feitas entrevistas com os grupos, tanto pós-produção das imagens da cartolina como também do recurso audiovisual. Foram elaboradas categorias das imagens, fornecendo indícios analíticos comparativos nas diferentes fases das atividades executadas, do que se pôde inferir que, a princípio, houve dificuldade, por parte dos estudantes, em expor seus modelos, e as explicações referentes ao domínio submicro no início do processo, além de simples, apresentavam erros conceituais, tais como a posição espacial das partículas ou a indistinção entre substância e mistura. Ao final do processo, pós-produção do recurso audiovisual, identificou-se uma evolução positiva considerável dos modelos expressos, por apresentarem características mais consistentes cientificamente, como também o discurso dos estudantes tornou-se mais coerente e seguro. Percebemos a importância de criar oportunidades frequentes para que os estudantes construam modelos sobre fenômenos, com diferentes formas de representação, sendo o processo apoiado por discussão, pois, além do fato de essa prática favorecer a percepção de suas dificuldades conceituais, isso os ajuda a selecionar e a organizar suas informações, contribuindo para que desenvolvam concepções escolares, acerca do assunto estudado, mais próximas daquelas aceitas pela comunidade científica. Também pudemos constatar que a diversidade de linguagens se faz necessária no ensino de Química, pois, para se atingir maior audiência, há a obrigatoriedade de diferentes formas de expressão do mesmo contexto, o que chamamos de multimodalidade. Concluímos que esse sistema de aprendizagem multimodal é importante, pois, com o uso de diversas formas de abordagem, por meio de diferentes ferramentas (textos, experimento, imagens, discussão), conseguimos não só alcançar maior interesse de grande parte dos estudantes, mas que eles fossem participantes ativos e críticos, fazendo parte da construção do seu conhecimento, ao invés de serem simples ouvintes que absorvem informações.

Palavras-chave: Ensino de Química. Modelo. Submicroscópico.

ABSTRACT

SANA, T. C. V Production of different media in the investigation of high school students models on changes in state of matter. 2016. 191 f. Dissertation (Master Degree on Science) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

This work aims to analyze a study on the perception of students of 2nd and 3rd year of high school as the submicroscopic representation of the physical state of change processes of matter, as it was perceived in my teaching career, great difficulty of the students in the correlations between macro chemical universe for submicron one. A qualitative methodology with the participation of 32 students of a private school in São Paulo was used. The sequence of activities began by reading a text about the properties of matter, followed by an experimental class on melting points and boiling of pure substances and mixtures. After small group discussions and consequently with an exhibition of the results with the room in general, it was proposed that students draw up images that represent their understanding of the physical state change phenomenon in the submicroscopic level. After a meeting with discussions on the images produced on cards, an audio-visual resource per group on melting and / or boiling process was developed. For a more precise understanding of the models produced interviews were conducted with groups, both post-production of cardboard images as well as audio-visual resource. Images of the categories have been prepared providing comparative analytical evidence in the different phases of the activities performed, in which we can infer that the beginning was difficult for students to expose their models and explanations for the submicron domain early in the process, as well as simple, presented conceptual errors, such as the spatial position of the particles or blurring of the substance and mixing. At the end of the process, post-production of audiovisual resource has been identified a significant positive evolution of models expressed for having more consistent characteristics scientifically, as well as the speech of students has become more consistent and secure. We realize the importance of creating opportunities for students to build models of phenomena, with different forms of representation, the process being supported by discussion, because besides this practice favors the perception of their conceptual difficulties, it helps to select and organize their information, helping to develop educational concepts on the subject studied closer to those accepted by the scientific community. We can also see that the diversity of languages is necessary in the teaching of chemistry because it was realized that to reach a bigger audience there is the requirement of different forms of expression of the same context, what we call multimodality. We conclude that this multimodal learning system is important because, with the use of various forms of approach, using different tools (texts, experiment, images, discussion), we can not only achieve greater interest in many of the students, but they are active and critical participants, part of the construction of knowledge, rather than being mere listeners to absorb information.

Keywords: Chemistry Education. Model. Submicroscopic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os três níveis do conhecimento químico, adaptado de Johnstone (2000).....	15
Figura 2 - Teoria cognitiva da aprendizagem multimídia (MAYER, 2003).....	24
Figura 3 - Modelo cognitivo-afetivo de aprendizagem com a mídia (MORENO; MAYER, 2007)	33
Figura 4 - Proposta da elaboração do modelo.....	34
Figura 5 - Classificação das imagens produzidas nas cartolinas acerca dos níveis de representação	50
Figura 6 - Classificação das imagens produzidas na cartolina acerca da descontinuidade da matéria	53
Figura 7 - Representação macrosubmicroscópica de mudança de estado físico da água.....	54
Figura 8 - Representação macrosubmicroscópica de mudança de estado físico da água	59
Figura 9 - Classificação das imagens produzidas nas cartolinas acerca do distanciamento, interação e energia.....	63
Figura 10 - Classificação das imagens produzidas nos recursos audiovisuais acerca dos níveis de representação.....	67
Figura 11 - Classificação das imagens produzidas nos recursos audiovisuais acerca da descontinuidade da matéria	69
Figura 12 - Classificação das imagens produzidas nos recursos audiovisuais acerca do distanciamento, interação e energia	72
Figura 13 - Classificação das respostas acerca da linguagem utilizada.....	80
Figura 14 - Classificação das respostas acerca dos níveis de representação	85
Figura 15 - Classificação das respostas acerca de distanciamento, temperatura, força de atração e energia.....	88
Figura 16 - Classificação de representações com ideias substancialistas	92
Figura 17 - Classificação das respostas do texto acerca da descontinuidade da matéria.....	94
Figura 18 - Imagem de um dos integrantes do grupo 11 nos questionários	98
Figura 19 - Representação do grupo 11 produzida na cartolina	99
Figura 20 - <i>Frames</i> das representações da produção audiovisual do grupo 11.	100

Figura 21 - Imagem de um dos integrantes no questionário do grupo 5	103
Figura 22 - Representação produzida na cartolina pelo grupo 5	104
Figura 23 - <i>Frames</i> das representações do recurso audiovisual do grupo 5	108
Figura 24 - Indícios de características substancialistas na resposta do questionário de um dos integrantes do grupo 2	110
Figura 25 - Representação produzida na cartolina do grupo 2	112
Figura 26 - <i>Frames</i> das representações do recurso audiovisual do grupo 2	114
Figura 27 - Representação nos diferentes estados físicos da matéria de uma das integrantes do grupo 9 ao questionário.....	117
Figura 28 - Representação produzida na cartolina do grupo 9	118
Figura 29 - <i>Frames</i> das representações produzidas no recurso audiovisual do grupo 9.....	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Categorias acerca do termo modelo	26
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Encontros e atividades realizadas	45
Tabela 2 - Taxonomia para a categorização das imagens produzidas na cartolina.....	49
Tabela 3 - Taxonomia para a categorização das imagens produzidas nos recursos audiovisuais	66
Tabela 4 - Taxonomia acerca da linguagem utilizada nos questionários.....	80
Tabela 5 - Taxonomia para a categorização das respostas da questão.....	84
Tabela 6 - Taxonomia acerca dos termos utilizados para explicar os diferentes estados físicos da matéria	86
Tabela 7 - Taxonomia para a categorização das respostas do questionário acerca da descontinuidade da matéria.....	90

Sumário

1 INTRODUÇÃO	14
1.2 PROBLEMATIZAÇÃO	14
1.2 RAZÕES PARA ESCOLHA DO TEMA	17
2 OBJETIVOS	19
3 AS IMAGENS NO ENSINO DE CIÊNCIAS	20
3.1 O USO DE IMAGENS NO ENSINO DE QUÍMICA	22
3.2 MODELOS E AS REPRESENTAÇÕES	24
3.3 O USO DE MULTIMÍDIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS	29
4 METODOLOGIA	35
4.1 FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA	35
4.2 OBTENÇÃO DOS DADOS	36
4.3 ANÁLISE DE DADOS	39
4.4 PARTICIPANTES	40
4.5 SEQUÊNCIAS DAS ATIVIDADES	42
5 RESULTADOS	47
5.1 ANÁLISES DAS CARTOLINAS	47
5.2 ANÁLISES DOS RECURSOS AUDIOVISUAIS	65
5.3 ANÁLISE DAS QUESTÕES DO TEXTO INICIAL	78
5.4 ANÁLISE DAS REPRESENTAÇÕES E TRAJETÓRIA DE QUATRO GRUPOS	97
5.4.1 Grupo 11	97
5.4.2 Grupo 5	103
5.4.3 Grupo 2	109
5.4.4 Grupo 9	116
6 CONCLUSÕES	122
7 AGRADECIMENTOS	125
REFERÊNCIAS	126
ANEXOS... ..	134
ANEXO A – TEXTO	134
ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO	137
ANEXO C – EXPERIMENTO PONTO DE EBULIÇÃO	138
ANEXO D – EXPERIMENTO PONTO DE FUSÃO	141
ANEXO E – IMAGENS PRODUZIDAS NAS CARTOLINAS	144
ANEXO F – FRAMES DOS RECURSOS AUDIOVISUAIS	151
ANEXO G – TRANSCRIÇÕES DAS ENTREVISTAS	162

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

É muito comum ouvir os estudantes reclamarem do fato de a Química ser uma matéria enfadonha e complicada. Provavelmente, isso se deve ao seu caráter fundamentalmente abstrato, o que dificulta o entendimento desse conteúdo. Por mais que o professor tente partir de algo real, ou seja, macroscópico, quando há a necessidade de uma interpretação submicroscópica, há uma dificuldade para a compreensão dos estudantes, os quais se expressam alegando ser algo complexo de imaginar e interpretar. Segundo Ben-Zvi, Eylon e Silberstein (1987), a compreensão submicroscópica e a simbólica são especialmente difíceis para os estudantes porque são invisíveis ou abstratas, enquanto o pensamento dos alunos é construído sobre a informação sensorial.

Neste trabalho nos alicerçamos nas denominações de Johnstone (2000) dos níveis de conhecimento químico:

- macroscópico: é o tangível, o que pode ser visto e tocado, correspondendo aos fenômenos observáveis, como, por exemplo, por meio de experimentos;
- submicroscópico: compreende as formas particuladas da matéria que podem ser representadas para descrever o que é visto macroscopicamente, como moléculas, íons e estruturas;
- o simbólico: utilizado para representar o macroscópico e o submicroscópico por meio de equações, gráficos, mecanismo de reação e símbolos.

Figura 1 - Os três níveis do conhecimento químico, adaptado de Johnstone (2000)

Wartha, Guzzi Filho e Jesus (2011) indicam que, no estudo da Química, o conhecimento científico resulta de operações cognitivas que se materializam por meio de representações, mesmo quando se trata de fenômenos observáveis na natureza ou em laboratórios. Ou seja, deve-se considerar o par [fenômeno/objeto]–representação, pois é essencial recorrer às representações (modelos) para compreender adequadamente os fenômenos da Química.

De acordo com a Psicologia Cognitiva, as pessoas constroem representações mentais do mundo exterior, que são maneiras de representar internamente o mundo externo (TAUCEDA; PINO, 2010). Essas representações são classificadas como internas e externas. Segundo Tauceda e Pino (2010), as representações internas são formadas na mente com o objetivo de identificar características, propriedades ou imagens de um objeto ou algo percebido ou imaginado, enquanto as representações externas são uma forma de expressão do pensamento humano. Em poucas palavras, pode-se dizer que a representação interna seria estabelecida na mente de uma pessoa, portanto subjetiva, e tem a característica de codificar conceitos abstratos ou algo que foi internalizado. Já a representação externa é uma maneira de expressar o entendimento subjetivo, seja por forma simbólica, verbal ou imagética.

Borges (2001) aponta que a representação externa é algo análogo ao modelo mental interno. Moreira (1996) sugere que a representação interna corresponde a um modelo mental que se refere a um estado de coisas qualquer que estiver sendo representado. Existem multiformas de expressar o modelo, seja falado, escrito ou feito de forma pictórica, o que

denominamos de multimodalidade, mas, independente da forma de exprimi-lo, Moreira (1996) informa que os modelos dos indivíduos não são precisos e coerentes com os modelos científicos, são, muitas vezes, funcionais e, ainda, temos que buscar entender os modelos confusos, “poluídos”, incompletos e instáveis que os alunos realmente têm e isso é muito difícil, trabalhoso e requer um engajamento profissional maior do que simplesmente impor a eles os modelos científicos sem maiores discussões acerca do conteúdo.

De forma mais genérica, modelo pode ser entendido como uma representação parcial de um objeto, processo ou ideia, com propósitos específicos, como facilitar a visualização, fundamentar conceitos e possibilitar a elaboração de explicações sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado (GILBERT; BOULTER, 1995). Portanto, esta foi a definição considerada neste trabalho.

No ensino de Química, representações e modelos vêm sendo utilizados por educadores e pesquisadores com o objetivo de tornar estruturas e processos químicos mais palpáveis, ou seja, para facilitar o processo de ensino e aprendizagem. Do ponto de vista metodológico, 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 contribuem para um ensino de Química mais autêntico, pois os alunos são capazes de perceber a ciência como um empreendimento humano, com suas limitações”.

“A atividade de elaborar modelos permite ao aluno visualizar conceitos abstratos pela criação de estruturas por meio das quais ele pode explorar seu objeto de estudo e testar seu modelo, desenvolvendo conhecimentos mais flexíveis e abrangentes” (FERREIRA; JUSTI, 2008, p. 33).

O uso da modelagem é uma forma coerente de se trabalhar com as diferentes formas do conhecimento químico, macroscópico, submicroscópico e simbólico, como proposto por Johnstone (2000), que afirma que o verdadeiro conhecimento só é adquirido quando o estudante consegue transitar entre essas diferentes representações. A introdução simultânea de todos os três níveis é forma certa de sobrecarregar cognitivamente os estudantes, e o conteúdo novo deve ser apresentado como algo familiar ou que faça sentido para, assim, ser admitido na parte consciente da nossa mente (espaço de trabalho) para posterior processamento (JOHNSTONE, 2000). O autor indica que devemos começar a ensinar Química não da maneira tradicional, falando sobre sais, como carbonato de cálcio, nitrato de prata ou cloreto de bário, pois a maioria dessas substâncias é quase tão real como “poeira lunar” para os estudantes, e não faz sentido algum para eles, ocasionando uma aprendizagem mecânica.

Johnstone (2000) aponta que devemos começar o conteúdo de química falando da gasolina, por exemplo. Apesar de, tradicionalmente, a química orgânica ser considerada difícil para iniciantes, com momentos de reflexão coerentes, mostra-se um caminho viável, começando com o macro e passando com um pouco do submicro, indicando a quantidade de ligações possíveis para o hidrogênio, oxigênio, carbono, nitrogênio e, assim, percorrer um longo caminho na determinação de estruturas moleculares.

1.2 RAZÕES PARA ESCOLHA DO TEMA

Quando participei do processo seletivo do Programa Interunidades em Ensino de Ciências, no ano de 2013, havia feito um projeto de pesquisa que visava abordar a produção de curta metragem e o uso da linguagem cinematográfica como recurso no ensino de Química. Essa escolha se deu por ter apreço pelo cinema e achei que seria interessante utilizar essa ferramenta como facilitadora no processo de ensino e aprendizagem. Porém, ao longo do curso e lendo artigos que tratavam sobre as dificuldades apresentadas no ensino de Ciências, me deparei com algumas leituras sobre assuntos que também me incomodavam, referentes ao problema que os estudantes têm ao trabalhar com conceitos no domínio submicroscópico. Essa questão me levou a repensar meu projeto de pesquisa, no intuito de elucidar questões importantes no processo de ensino e aprendizagem nos níveis do conhecimento químico, pois, em muitos momentos, me questionava, indagando por que é tão difícil o aluno entender forças intermoleculares, por exemplo?

Em minha prática como professora do Ensino Médio, tenho percebido, ao longo dos anos, grande dificuldade dos alunos em estabelecer correlações entre o universo do processo químico observável, visual, ou seja, do macro para o submicro. Quando, enfim, eles conseguem transmitir suas ideias, elas, muitas vezes, expressam confusões conceituais (pior ainda quando são imperceptíveis, mas existem). Um fator ainda mais incômodo é a dificuldade que os estudantes têm de relacionar essas dimensões do conhecimento, macro/submicro/simbólico, que, na verdade, só fui perceber durante algumas aulas do mestrado. Ou seja, de fato, nós, professores que não estamos inseridos na academia, muitas vezes não temos contato com essas dificuldades simples que nossos alunos apresentam, mas que, na verdade, nem sabemos existir e, ainda, muitas vezes, até os próprios professores podem apresentar tais dificuldades.

Nessa perspectiva fui impulsionada a escolher esse tema de pesquisa, essencial para a compreensão da estrutura do “pensar químico”. Então, a partir desse obstáculo ao transitar nas diferentes dimensões do conhecimento químico, vislumbrei a grande importância de pesquisar nesse território, no que diz respeito aos estudantes do Ensino Médio, por serem alunos com os quais tenho trabalhado ao longo dos 12 anos em que leciono.

2 OBJETIVOS

O estudo foi realizado com o objetivo de investigar as representações submicroscópicas de estudantes do Ensino Médio sobre estados físicos da matéria.

Os objetivos específicos da investigação foram:

- verificar o conhecimento dos alunos sobre temas afetos à pesquisa, por intermédio das respostas e representações externas produzidas por eles;
- averiguar se há alteração do modelo nas atividades propostas durante o processo de pesquisa;
- analisar possíveis motivos dos modelos consensuais ao fim da sequência didática;
- investigar uma proposta de construção do conhecimento, utilizando-se a produção de recurso audiovisual a partir de modelos consensuais.

3 AS IMAGENS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

As imagens fazem parte das relações entre os homens desde os tempos mais remotos, bastando citar, como exemplo, os diversos sítios em que se encontram pinturas rupestres ou a escrita egípcia figurativa. Entretanto, mesmo após a introdução da escrita tal como a conhecemos, as imagens continuaram a ser essenciais na comunicação humana (RODRIGUES, 2007). Atualmente, além de ocuparem um lugar central na sociedade, as imagens têm sido amplamente utilizadas como um recurso discursivo. Para Klein e Laburú (2000), símbolos, fotografias e figuras são elementos quase que essenciais na construção de significados em ciências, pois, além do papel representativo, passam a ser também um meio de divulgação e sensibilização científica. No que se refere, especificamente, ao ensino das Ciências da Natureza, é praticamente consensual que o emprego de imagens facilita a explicação de conceitos, constituindo um recurso essencial para a comunicação das ideias científicas (KLEIN; LABURÚ, 2000).

“A escrita não é mais considerada o modo central de representação nos livros didáticos, ou em materiais produzidos pelos professores. Imagens estáticas (bem como as em movimento) estão se tornando cada vez mais proeminentes como portadoras de sentido” (KLEIN; LABURÚ, 2000, p. 3).

Uma interpretação para a forma como as imagens atuam foi proposta por Paivio (1971, 1986), a qual sugere que elas sejam mediadoras da aprendizagem, podendo ser surpreendentemente eficazes como auxiliares de memória, devido à vantagem da dupla codificação, isto é, a ativação da memória verbal e da memória visual na memória de trabalho, tornando mais fácil ligar os dois códigos e, conseqüentemente, lembrar e recuperar informações.

As imagens são, de fato, parte de como nós experimentamos, aprendemos e conhecemos os fenômenos, assim como parte da forma como comunicamos e representamos o conhecimento (PINK, 2013).

Existe uma quantidade imensurável de imagens sendo produzidas atualmente e colocadas ao alcance do público. É preciso aprender a pensar por meio delas, utilizando-as de maneira adequada para os fins a que se destinam. O crescente interesse pelo visual tem levado pesquisadores de diferentes áreas, como historiadoras/es e educadoras/es, a discutirem mais sobre as imagens e a necessidade de uma alfabetização visual (SARDELICH, 2006).

Mais especificamente no âmbito escolar, as imagens podem compor 50% do conteúdo de livros educacionais (PERALES; JIMÉNEZ, 2002), contudo, é necessário considerar a forma e o método como estas imagens estão articuladas com outras representações. Ou seja, a imagem por si só não é o suficiente; há que se pensar na forma como ela é inserida no processo comunicativo.

Perales (2008) ressalta, a partir de resultados de investigações anteriores, alguns fatores importantes no uso de imagens no ensino de ciências. São eles:

- a modelagem como ferramenta para a construção do conhecimento é uma poderosa fonte de oportunidades para o uso dinâmico de imagens, no entanto, algumas condições básicas devem ser atendidas para que ela se torne uma ferramenta educacional eficiente e que tem a ver, principalmente, com a sua reconstrução em sala de aula e com a separação dos níveis reais, teóricos e simbólicos;
- a grande frequência e variedade de imagens com potencial educativo requerem classificação rigorosa, que permita selecionar e utilizar seus valores específicos para os diferentes objetivos;
- o uso de imagens em sala de aula não pode ser dissociado do uso dos textos escrito ou oral, eles devem formar uma unidade;
- as imagens podem ser favoráveis para a aprendizagem se as informações fornecidas, a complexidade da sua interpretação, os conhecimentos e as habilidades forem compatíveis para o leitor correspondente;
- esta forma educacional não é adquirida espontaneamente pelo professor, portanto, requer preparação para a utilização correta de imagens no ensino, seja ela estática ou dinâmica.

Apesar de serem reconhecidamente importantes para veicular informações, com o emprego frequente de novas ferramentas visuais é preciso enfatizar a necessidade de se atribuírem sentidos às imagens, por meio de diversas abordagens, porque há um grande risco de se introduzirem concepções erradas, caso a ilustração ultrapasse o horizonte conceitual do aluno (FERREIRA, 2010). Qualquer imagem científica tem um propósito e deve ser divulgada de forma clara e os signos devem ser plenos com o objetivo de facilitar o entendimento da imagem. Portanto, deve haver um planejamento relativo à forma como a imagem será transmitida e trabalhada (KLEIN; LABURÚ, 2000). As diferentes formas de emprego das representações visuais levarão a desenvolvimentos distintos das funções

mentais; as funções dialógicas serão diferentes e, portanto, o processo de elaboração de significados será diferente (FERREIRA, 2010).

É necessário, nos momentos de aprendizagem, introduzir atividades e embasamentos que permitam a conversão de representações, para que o sujeito coordene o registro e construa um saber integrado, dominando, assim, as diferentes formas de representação externa (GARCIA, 2005).

“Nosso cérebro foi desenvolvido para processar as informações visuais, organizando-as em modelos que reconstroem internamente a realidade e, assim, atribuindo-lhes sentido” (COSTA, 2005, p. 32). O uso de imagens está, portanto, relacionado à elaboração de representações internas, logo, por meio da visualização há a possibilidade de que sejam elaborados modelos que representem a realidade para determinada pessoa ou grupo social.

A literatura recente sobre a pesquisa em sala de aula de Química está preocupada com a forma como os estudantes transitam através das diferentes formas de representação, e muitos estudos indicam que os professores devem concentrar as suas atenções na busca de mecanismos que podem ajudar nesta tarefa (DIAS; WEBER; ARROIO, 2013, p. 6).

3.1 O USO DE IMAGENS NO ENSINO DE QUÍMICA

A Química é abordada, praticamente, por meio de dois planos, o perceptível (observável) e o imperceptível ao olho humano, e no fato de não termos acesso ao submicroscópico vemos o grande obstáculo para a compreensão dos conceitos científicos. A linguagem verbal (oral e escrita) era a forma mais usual de comunicar e integrar a Ciência, mas, com o avanço do conhecimento e da tecnologia, houve a necessidade de integrar outras formas de linguagem, novas formas de representar os conceitos com o objetivo de se aproximar mais do abstrato.

Na busca incessante por um melhor processo de ensino e aprendizagem, o uso de imagens, como outras ferramentas, vem sendo explorado, ao longo dos anos, no ensino de ciências (KOZMA; RUSSEL, 1997; MAYER, 2003; PERALES; JIMÉNEZ, 2002; POZO; CRESPO, 2009). Segundo Mortimer (1995), os estudantes têm dificuldade em transitar entre as observações fenomenológicas e as explicações atomistas, portanto, em fazer relações entre modelos atomistas e o comportamento dos materiais. Nessa perspectiva, seja com o uso das imagens estáticas/dinâmicas, por meio de simulações ou de programas de computadores, pode-se explorar as representações particuladas, parte importante no ensino de Química,

contribuindo para melhorar sua compreensão. De acordo com Johnstone (2000), um entendimento completo dos fenômenos químicos se dá quando há integração dos três níveis em que se organizaria o conhecimento químico que são o nível macroscópico, referente aos fenômenos, ao que é observável, mensurável; o submicroscópico, ao não observável e, por fim, o simbólico, às equações e símbolos que auxiliam no entendimento da Química.

Santos e Arroio (2013), em uma revisão da literatura sobre as contribuições de trabalhos teóricos e empíricos dos níveis de representação do conhecimento químico, apontaram que houve uma maior preocupação em realizarem pesquisa relacionada às habilidades e às dificuldades de estudantes em entender a Química na interação desses três níveis. Os resultados mais evidentes foram:

- estudantes, geralmente, apresentam conexões inapropriadas entre os níveis de representação;
- em geral, trabalham somente com um único nível de representação os conteúdos de Química;
- utilizam, comumente, representações macroscópicas, mas, nas resoluções de problemas, recorrem, preferencialmente, às representações simbólicas, tentando deduzir assim o modo submicroscópico;
- na tentativa da utilização da representação submicroscópica há a confusão com os outros níveis, em termos de construções e linguagem.

Kozma e Russel (1997) afirmam que, mais do que outras ciências, a compreensão da Química baseia-se em atribuir sentido ao invisível e intocável, ou seja, muito da compreensão da Química existe em um nível molecular que não é acessível à percepção direta; no entanto, os professores tendem a se ater apenas ao sensorial, quando, por exemplo, se utilizam de experimentos em que se indica a ocorrência de uma reação química por meio de critérios, tais como mudança de cor, liberação de gás ou formação de precipitado, sem problematização das limitações dessa abordagem, instigando, assim, apenas o poder de observação sensorial do estudante em detrimento de outros níveis de compreensão do fenômeno, que levariam à ampliação da representação do conceito. Porém, o sensorial pode ser um ponto de partida para a correlação do conhecimento químico, já que o macroscópico é o mais familiar, portanto, o que faz mais sentido para o estudante.

Mayer (2003) propõe que os estudantes aprendem mais profundamente a partir de palavras e imagens do que só pelo modo de comunicação mais tradicional que é pelo uso de

palavras, porém, existem condições em que a adição de imagens promove realmente a aprendizagem. Ainda neste artigo, o autor afirma que o processo de início da construção do conhecimento é dado pela parte sensorial, porém, evoca as outras etapas tão relevantes do processo que culmina na produção de um modelo mental, conforme Figura 2.

Figura 2 - Teoria cognitiva da aprendizagem multimídia (MAYER, 2003)

Mayer (2003) propõe, em sua teoria, que as representações externas podem incluir palavras, faladas ou escritas, direcionadas aos ouvidos e olhos, respectivamente e as imagens conduzidas pelos olhos. O aluno deve selecionar aspectos relevantes dos sons e das imagens para posterior processamento e, além disso, o aprendiz pode converter algumas das palavras impressas em representações verbais a serem processadas no canal verbal e pode, ainda, converter algumas das figuras para representações verbais para serem processadas no mesmo canal. Esse processo o autor denomina de seleção, o qual é seguido do processo de construção de um modelo verbal e de um modelo pictórico, construindo conexões com seus conhecimentos prévios e assim integrando-os à memória de longo prazo.

3.2 MODELOS E AS REPRESENTAÇÕES

A importância do uso de modelos para o ensino de Ciências tem sido amplamente discutida na literatura e muitas pesquisas mostram a importância da construção de modelos para o ensino de Química (FERREIRA; JUSTI, 2008; GRECA; MOREIRA, 1996; JOHNSON-LAIRD, 1983; NORMAN, 1983).

O método tradicional de estudo, normalmente, envolve uma comunicação unilateral, na qual o professor expõe os conteúdos e os estudantes ouvem, decoram e recriam os conceitos por meio dos exercícios. Este tipo de participação não estimula, não motiva e nem traz emoção para que o estudante se envolva no processo e, segundo Ferreira e Justi (2008),

trabalhar com o uso de modelos faz com que ocorra o aprendizado significativo, pois o aluno estabelece relações com o que já sabe e com o que está aprendendo, favorecendo a transposição de um dado conhecimento para outras questões e eventos. Isto é, o uso de modelos no ensino faz com que os estudantes sejam capazes de pensar através deles e relacioná-los com fenômenos, por exemplo. “Um modelo pode ser definido como uma representação parcial de um objeto, evento, processo ou ideia, que é produzida com propósitos específicos” (FERREIRA; JUSTI, 2008, p. 33).

Alguns autores, assim como Moreira, recorrem à analogia em suas explicações do termo modelo. “Modelo mental é uma representação interna de informações que corresponde, analogamente, ao estado de coisas que estiver sendo representado, seja qual for ele. Modelos mentais são análogos estruturais do mundo” (MOREIRA, 1996, p. 197). Borges (1997) aponta que o interesse por analogias, modelos e modelos mentais se deve à aceitação da ideia de que nós só podemos aprender algo novo a partir daquilo que já conhecemos. Portanto, partimos de explicações familiares para compreender um evento ao qual não estamos habituados. O autor indica que analogias são, portanto, ferramentas para o raciocínio e para a explicação de algo. Assim, um modelo pode ser uma representação de um objeto, de um evento ou de um processo, envolvendo analogias. Define ainda, de forma simples, que modelo é algo que existe na mente. Embora seja incompleto e não represente diretamente a realidade, ele capacita cada sujeito a fazer previsões e inferências, a compreender fenômenos e a outorgar causalidade aos eventos observados. Alguns dos modelos construídos ocorrem por meio da transmissão cultural ou ensino, enquanto outros são adquiridos pela integração cotidiana com outras pessoas, outras culturas e com o mundo (BORGES, 1997).

Johnson-Laird (1983), em estudos sobre representações, sugere que as pessoas raciocinam por meio de modelos mentais e que são as formas de representações internas de informações ou conceitos que correspondem a determinados eventos. Para o autor não existe um único modelo mental que representa informações e conceitos, podendo existir outros modelos que façam o mesmo, de forma distinta, porém, coerente.

Moreira (1996) ressalta que os modelos mentais são representações um tanto abstratas e que, no geral, não retêm aspectos específicos de um objeto ou fenômeno. Este autor propõe que esses modelos sejam representações dinâmicas manipuláveis mentalmente para explicar determinado fenômeno e que, embora criados para resolver uma situação específica, podem

ser úteis uma vez e armazenados, para serem recuperados da memória de longa duração,¹ quando necessário.

Entretanto, não há uma definição geral ou única para modelo mental na literatura. Assim, em um trabalho de revisão da literatura (KRAPAS et al., 1997) que visou discernir o sentido do termo modelo em uma série de trabalhos de Educação em Ciências, analisaram-se 130 artigos, tendo sido categorizadas 93 referências ao termo modelo, diferenciadas em cinco tipos de significados, como mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Categorias acerca do termo modelo (KRAPAS et al., 1997)

- ✓ *Modelo mental*: modelo pessoal, construído pelo indivíduo e que pode ser expresso de diferentes formas.
- ✓ *Modelo consensual*: modelo formalizado e compartilhado por um grupo social.
- ✓ *Modelo pedagógico*: modelo construído com o propósito de promover a educação, isto é, o processo de transformação de conhecimento científico em conhecimento escolar.
- ✓ *Meta-modelo*: modelo construído com o propósito de compreender/explicar o processo de construção e funcionamento de modelos consensuais ou de modelos mentais.
- ✓ *Modelagem como objetivo educacional*: enfatiza a promoção da competência em construir modelos como propósito central do ensino de Ciências.

Gilbert (2004) aponta que, embora o modelo mental de um indivíduo seja pessoal e inacessível para outras pessoas, quando ele é exteriorizado, pode ser submetido a um grupo social, como, por exemplo, um grupo de alunos, sendo chamado de modelo expresso. Quando aceito pelo grupo, torna-se um modelo consensual. Quando o modelo consensual é trabalhado e aceito pela comunidade científica é, então, denominado modelo científico que, por sua vez, se substituído, passa a ser um modelo histórico. Ainda segundo Gilbert (2004), existem versões simplificadas de modelos científicos e históricos, as quais ele chama de modelos curriculares. A partir destes, para apoiar os processos de ensino e aprendizagem, podem ser criados modelos para o ensino, que envolvem analogias, como, por exemplo, o uso do sistema solar para explicar o modelo atômico de Rutherford.

¹ Na psicologia cognitiva, a Memória de Longa Duração é muito importante, porque está diretamente relacionada ao processo de aprendizagem, pois precisa ser classificada, organizada, conectada e armazenada com a informação já pré-existente na Memória de Longa Duração, enquanto, na Memória de Curta Duração, a informação precisa ser ensaiada para se manter nessa posição (BORUCHOVITCH, 1999). Entendemos que ao se adquirir um conhecimento sólido as informações recebidas devem permanecer na Memória de Longa Duração, pois assim, sempre que requerido, essa poderá ser recrutada para aquisição de novos conceitos e também reformulada quando necessário.

Independente das diferentes designações, é consenso que o uso de modelos é essencial para a construção do conhecimento científico. Embora sua condição epistemológica esteja aberta a debates, os modelos funcionam como uma ponte entre a teoria científica e a realidade em que vivemos (GILBERT, 2004).

Atualmente, vários pesquisadores têm abandonado a ideia de que haveria isomorfismo entre as representações externas e os modelos construídos mentalmente por uma pessoa, ou seja, as representações internas (FERREIRA; ARROIO; REZENDE, 2011). Acreditamos que as representações internas sejam construídas a partir de algo visualizado, imaginado ou ouvido e que são criadas ao se internalizar características, imagens ou sensações associadas a conceitos, sendo, portanto, subjetivas (idiossincráticas), o que não implica que não sejam compartilháveis e passíveis de serem alteradas por interação com o grupo social.

No presente trabalho, considera-se que representações internas sejam modelos mentais, enquanto as representações externas são uma forma de expressão das representações internas, não se constituindo, necessariamente, em cópias fiéis das representações criadas mentalmente.

As pessoas, estudantes, professores ou cientistas, produzem modelos acerca de um determinado conceito, ou seja, elaboram modelos com o objetivo de explicar fenômenos. O que os diferencia é sua complexidade, mas, segundo Normam (1983), independente de quem os crie, os modelos são incompletos, instáveis, têm fronteiras indefinidas e exprimem as crenças das pessoas sobre o assunto. Porém, Borges (1997) ressalta as características comuns aos modelos, não obstante sua subjetividade ou aceitação teórica. São elas:

- ✓ diferem de uma representação de informações isolada sobre um determinado sistema por serem estruturas mais elaboradas;
- ✓ possuem diferentes tipos de informações sobre o sistema, seu conteúdo, seu funcionamento e a razão para um dado comportamento;
- ✓ envolvem um grau de sistematicidade e coerência determinado.

Ainda segundo Borges (1997), um mesmo modelo mental pode ser coerente para alguém e incoerente para outra pessoa, pois ele depende do grau de conhecimento do indivíduo sobre o fenômeno/conceito representado e das ideias construídas ao longo de sua vida social, dentre outros fatores. Desse modo, o modelo mental elaborado pela pessoa está relacionado à sua vivência e seus conhecimentos prévios, sendo muito comum apoiar-se em analogias para a construção do modelo, provavelmente devido ao fato de as associações

analógicas estarem enraizadas deste muito cedo (GENTNER, 1983). Ao nos depararmos com algo novo, intuitivamente o relacionamos ao já conhecido, que servirá como referência para explicar aquilo que ainda não se sabe.

Um modelo pode ser definido como uma representação de um objeto ou uma ideia, de um evento ou de um processo, envolvendo analogias. Portanto, da mesma forma que uma analogia, um modelo implica na existência de uma correspondência estrutural entre sistemas distintos (BORGES, 1997, p. 71).

Se, em suma, os modelos mentais estão nas cabeças das pessoas, Moreira (1996) indica que possíveis métodos para investigação de modelos mentais se baseiam no fato de que as representações mentais das pessoas podem ser modeladas a partir de imagens, comportamentos, verbalizações e ainda podem ser executados em computador. Porém, segundo o autor, independente da metodologia, a pesquisa nessa área é muito difícil, por duas razões. A primeira é que não se pode simplesmente perguntar qual o modelo que ela tem de um determinado estado de coisas, pois nem ela mesma pode saber explicar e ainda nem sempre o que é dito estará de acordo com as atitudes, pois o indivíduo pode responder com base no que a pessoa que fez a pergunta gostaria de ouvir. Uma das formas de reprimir tal atitude é mediante protocolos verbais, sejam orais ou escritos, nos quais a pessoa vai retratando suas ideias enquanto resolve o problema. Nessa perspectiva, vemos que, além das descrições que a pessoa faz de seu modelo, a produção de imagens conciliadas com entrevistas seria uma forma coerente de investigação de modelos mentais. A segunda razão apresentada por Moreira (1996) é que não se devem buscar modelos mentais claros, nítidos, sóbrios e corretos, pois as pessoas apresentam modelos confusos, mal feitos e incompletos. É exatamente com esse tipo de representação que o pesquisador tem que defrontar e tentar entender.

Ferreira e Justi (2008) indicam o processo de modelagem não só é exequível para a investigação dos modelos mentais, mas também para uma aprendizagem adequada, pois há o envolvimento de atividades relacionadas aos processos de construir, reformular e socializar os modelos construídos, instigando, assim, os estudantes para formular e testar a aplicação de seus modelos. Para as autoras, o desenvolvimento do conhecimento deve envolver um aprendizado participativo, no qual os alunos são parte integrante do processo na construção de significados, conceito e representações, além de permitir que eles aprendam sobre a formação da ciência.

Entre outras formas de explorar a investigação de modelos submicroscópicos existe o uso de ferramentas oriundas do computador. Um estudo feito por Wu, Krajcik e Soloway

(2001) indicou um efeito positivo com o uso de ferramentas tecnológicas de visualização de ligações e de suas moléculas, melhorando o entendimento entre os diferentes níveis de representação, macro, submicro e simbólico. Beltran (1997) analisou modelos submicroscópicos de seus alunos utilizando produção de animação da forma particulada da matéria, em que pôde perceber diversas concepções alternativas que antes eram imperceptíveis ao longo de sua vida acadêmica. Para Giordan (2006), a utilização de partículas virtuais geradas por computadores, além de permitir as diferentes formas de representação (bola-vareta, traços, espaço-preenchido) tridimensionalmente projetadas, também permite operar os movimentos destes objetos (translação, rotação e vibração) e variar seu tamanho, facilitando sua compreensão.

É neste sentido que o desenvolvimento de aplicativos computacionais para atividades de ensino se apresenta como uma alternativa potencialmente transformadora das práticas escolares e do processo de elaboração de significados na sala de aula, desde que nas suas aplicações seja considerada a correlação das três dimensões do conhecimento químico na organização das atividades e se investigue os ditames das ações mediadas pelos aplicativos que são fundamentalmente diferentes daquelas realizadas em situações de ensino ancoradas na experimentação em laboratório ou qualquer outra forma de acesso à fenomenologia (GIORDAN, 2006, p. 196).

3.3 O USO DE MULTIMÍDIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Embora muitas pesquisas na área de ensino de Ciências tenham valorizado o emprego de diferentes recursos tecnológicos para uma aprendizagem significativa (ARROIO; GIORDAN, 2006; MAYER, 2003; MENDES, 2010; MORENO; MAYER, 2007), é importante enfatizar que sua forma de aplicação é mais importante do que a própria ferramenta. A simples utilização desses recursos não remete necessariamente a um processo positivo de construção do conhecimento, pois, como aponta Ferreira (2010), se o impacto na aprendizagem é maior, também o risco de se introduzir concepções erradas aumenta, caso a escolha ou o uso do material não sejam adequados.

Uma das acepções² para o termo multimídia é a de um sistema que combina som, imagens estáticas, animação, vídeo e textos, com funções educativas, dentre outras. Nessa

² No dicionário Aurélio: FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 5. ed. Brasil: Positivo, 2010. 2272 p. Disponível em: <<http://www.dicionariodoaurelio.com>>. Acesso em: 20 maio 2015.

mesma concepção, Mayer (2003)³ afirma que multimídia é a apresentação simultânea de palavras e imagens, podendo as palavras serem escritas e faladas e as imagens serem estáticas ou dinâmicas. Nesse contexto, Mayer (2003) desenvolveu a teoria da aprendizagem multimídia, que tem como base três pressupostos que são:

- o pressuposto do canal duplo, segundo o qual o ser humano tem dois canais de processamento de informação, o visual e o auditivo;
- o pressuposto da capacidade limitada, pois cada canal tem uma capacidade de processamento de informação;
- o pressuposto da aprendizagem ativa, segundo o qual a aprendizagem requer, essencialmente, o processamento cognitivo em ambos os canais.

De acordo com os estudos realizados e dos pressupostos referidos, Mayer (2003) estabeleceu sete princípios que devem ser considerados no desenvolvimento de um material multimídia. São eles:

- princípio da multimídia: os estudantes aprendem mais a partir de uma explicação que combina palavras e imagens do que apenas palavras. Importante salientar que, apesar de o termo multimídia estar vinculado ao uso da eletrônica e de computadores, de acordo com Richard E. Mayer, um livro pode conter uma mensagem multimídia educacional e ser, simultaneamente, um produto multimídia, já que ali existem palavras e imagens para explicar determinado conteúdo;
- princípio de proximidade espacial: os alunos aprendem melhor sempre que palavras, texto e imagens correspondentes estão próximos, pois assim não se desperdiça carga cognitiva em buscar o texto correspondente à imagem;
- princípio de proximidade temporal: é viável que as palavras e as imagens sejam apresentadas simultaneamente, para uma melhor compreensão do contexto;
- princípio da coerência: as palavras, imagens e sons devem apresentar uma relação entre si e palavras, imagens ou sons não relevantes devem ser excluídos para não sobrecarregar o sistema cognitivo;

³ Richard Mayer é professor de Psicologia da Universidade da Califórnia e tem dirigido sua pesquisa à aprendizagem multimídia, estabelecendo que pessoas aprofundem mais seus conhecimentos a partir de imagens e palavras, do que apenas palavras isoladas, como é geralmente feito nas escolas atualmente.

- princípio de modalidade: compreende-se melhor quando a informação é passada via narração e animação do que texto e animação, pois, o espectador é exposto a um material que estimula dois canais receptores, o auditivo e o visual;
- princípio da personalização: os alunos aprendem mais a partir de uma explicação multimídia quando as palavras são apresentadas em um estilo coloquial do que num estilo formal.

Após várias pesquisas com o uso da abordagem multimídia, foi proposto o ambiente interativo multimodal como a melhor forma de construção do conhecimento (MORENO; MAYER, 2007) oriundo de um conjunto de princípios que são derivados das teorias cognitivas de aprendizagem multimídia desenvolvidas pelo próprio autor e colaboradores. Esse ambiente é caracterizado quando o que acontece depende das ações do aluno, ou seja, é um ambiente em que a comunicação é multidirecional, não se dando em um único sentido, como ocorre quando o professor não detém toda a ação, tanto na sala de aula como no uso de ferramentas multimídia. Em um ambiente não interativo de aprendizagem multimodal, uma mensagem multimídia é apresentada de forma pré-determinada, independente de qualquer movimento do aluno durante sua aprendizagem.

Moreno e Mayer (2007) indicaram que é útil distinguir entre duas visões de aprendizagem: aquisição de informação e construção do conhecimento. A aquisição de informação ocorre quando há a adição de informações à memória do aluno, como, por exemplo, a demonstração de uma animação narrada ou a leitura/lição de um livro didático. Na visão da construção do conhecimento, a aprendizagem envolve a construção de uma representação mental, processo durante o qual o aluno seleciona, organiza e integra novas informações ao conhecimento já existente. Moreno e Mayer (2007) propõem a teoria cognitivo-afetiva de aprender com a mídia (*the cognitive-affective theory of learning with media* – CATLM), na qual o ambiente de aprendizagem com a mídia é baseado na autonomia do aluno e este é participante no processo (*vide* Figura 3) (MORENO; MAYER, 2007). Este princípio é a expansão da teoria cognitiva de aprendizagem multimídia (MAYER, 2003), conforme indicado anteriormente na Figura 2, com algumas complementações.

CATLM baseia-se, segundo Moreno e Mayer (2007), nas seguintes hipóteses:

- os seres humanos têm canais separados para processamento de diferentes modalidades de informação;

- apenas algumas informações podem ser ativamente processadas a qualquer momento na memória de trabalho dentro de cada canal;
- a aprendizagem significativa ocorre quando o aluno é ativo nos processos cognitivos, tais como selecionar, organizar e integrar novas informações com o conhecimento já existente;
- a memória de longo prazo consiste em uma evolução da estrutura dinâmica, que detém uma memória para as experiências do passado e uma memória para o conhecimento de domínio geral;
- fatores motivacionais no processo de aprendizagem aumentam ou diminuem o envolvimento cognitivo;
- fatores metacognitivos mediam a aprendizagem, regulando o processo cognitivo e afetivo;
- as diferenças de conhecimento e habilidades prévias dos alunos podem afetar o quanto é aprendido por mídias específicas.

Na Figura 3 apresenta-se um modelo de aprendizagem em um ambiente interativo multimodal de acordo com a CATLM, em que os meios de instrução podem advir de explicações verbais, apresentadas com palavras faladas ou escritas, combinadas com representações de conhecimento não verbais, como imagens e sons. Para que ocorra uma aprendizagem significativa, segundo Moreno e Mayer (2007), os alunos precisam ter atenção para selecionar informações relevantes, verbais e não verbais, para posterior processamento na memória de trabalho. Em seguida, os alunos precisam organizar as diferentes representações em um modelo mental coerente e integrá-lo à informação organizada com seu conhecimento prévio. Nos ambientes de aprendizagem interativos, os processos cognitivos são guiados, em parte, pelo conhecimento prévio ativado pelo estudante, ou seja, a partir da memória de longo prazo para atenção, percepção e memória de trabalho e, em parte, pelo *feedback* e métodos de ensino embutido no ambiente de aprendizagem. Os alunos podem também utilizar suas habilidades metacognitivas para regular suas motivações e processamento cognitivo durante o processo de aprendizagem.

Figura 3 - Modelo cognitivo-afetivo de aprendizagem com a mídia (MORENO; MAYER, 2007)

Nessa perspectiva, Giordan (2006) aponta a importância da integração dos estudantes nos ambientes virtuais, para não apenas dialogarem entre si, mas, principalmente, observarem e participarem da interanimação de vozes nas formações enunciativas veiculadas, desenvolvendo suas responsabilidades diante dos problemas e que eles se reconheçam como ferramentas culturais necessárias à elaboração de significados.

Moreno e Mayer (2007) apontam que um grande desafio, quando se aprende a partir de ambientes multimodais interativos, é que as demandas de processamento podem exceder a capacidade de processamento do sistema cognitivo, uma situação que os autores chamam de sobrecarga cognitiva. Portanto, é necessário que as informações passadas para os estudantes não recarreguem seu sistema cognitivo, prejudicando, assim, o processo de ensino e aprendizagem.

Como já propagado acerca da aprendizagem multimídia de Mayer (2003), com a combinação de imagens e palavras, é possível fomentar a aprendizagem mais profunda dos alunos, sendo uma forma de os professores aproveitarem o poder das formas visuais, verbais e sonoras de expressão a serviço da melhor compreensão do aluno em relação a um determinado conteúdo, isto é, apresentando um contexto com diferentes formas de apresentação, é maior a possibilidade de atingir maior audiência de entendimento entre os estudantes.

Em síntese, a utilização de diferentes ferramentas no processo de ensino e aprendizagem, de acordo com o proposto na literatura (MORENO; MAYER, 2007), deve favorecer a construção do conhecimento quanto à produção de modelos. Assim, a partir da expressão de modelos mentais e sua socialização, o estudante pode construir um novo

modelo, como, por exemplo, por meio da produção de uma animação. Na perspectiva de Moreno e Mayer (2007), essa atividade estaria facilitando a construção do conhecimento pela manipulação autônoma do estudante, seja através de uma animação ou de outra ferramenta multimídia.

Neste contexto, nossa proposta está apresentada na Figura 4, que foi estruturada com base na literatura sobre aprendizagem em ambiente interativo multimodal e concepções de modelo (GILBERT, 2004; MORENO; MAYER, 2007).

Figura 4 - Proposta da elaboração do modelo

A partir de uma atividade multimodal, portando com apresentação do conteúdo em diferentes formas de representação, seja através de texto, execução de um experimento, discussão entre os pares, produção de imagens, entre outras, os estudantes elaboram um modelo e o expressam, por meio de imagens, fala ou escrita, socializando-o. Caso não seja aceito, esse modelo pode ser reconstruído, pois o estudante repensa seus conceitos e sua aplicabilidade em determinada situação, reelaborando-o e passando novamente pelo processo, até que seja aceito, obtendo então, o modelo consensual.

4 METODOLOGIA

4.1 FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA

Neste trabalho procurou-se averiguar as imagens submicroscópicas produzidas por estudantes e identificar os possíveis erros conceituais apresentados. Na aplicação das atividades utilizadas, pretendeu-se também identificar as concepções prévias que os estudantes apresentaram no início da sequência didática e as possíveis mudanças que ocorreram na produção do audiovisual.

Quanto à abordagem, utilizou-se a investigação qualitativa, cuja principal característica é o fato de ela partir do pressuposto de que as pessoas agem em função de suas crenças, percepções, sentimentos e valores (ALVES-MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 2002). Portanto, o motivo que levou à escolha da pesquisa qualitativa é o fato de que os entrevistados podem pensar livremente sobre determinado conceito, mostrando aspectos subjetivos. Segundo Mucchielli (1991, p. 3), “os métodos qualitativos são métodos das ciências humanas que pesquisam, explicitam, analisam fenômenos (visíveis ou ocultos)” sendo, portanto, o que é procurado neste trabalho.

Bogdan e Biklen (1994) indicam que as pesquisas realizadas na área de educação correspondem à nossa definição de investigação qualitativa, pois, geralmente, têm cinco características, das quais a primeira é a de que a fonte direta de dados é o ambiente natural. O pesquisador introduz-se no ambiente, independente se escola, comunidade ou família, tentando elucidar questões educativas. A segunda característica é denominada descritiva, e indica que os dados recolhidos são em forma de palavras ou imagens, incluindo transcrição de entrevista, notas de campo, vídeos e outros registros. A terceira característica é muito relevante, pois evidencia o que foi desenvolvido neste trabalho, no qual o processo é mais importante que o resultado ou produto, ou seja, o pesquisador considera tudo que é realizado e analisa todas as situações. A análise é indutiva, pois não são coletados dados com o objetivo de confirmar hipóteses e, sim, gerar conclusões a partir de fenômenos individuais, sendo esta a quarta característica na pesquisa qualitativa. A última característica indica a importância que é dada ao significado, portanto, o pesquisador faz questão de se certificar de que está identificando as diferentes perspectivas.

Com base nos objetivos, o presente trabalho é classificado como exploratório, pois visa “proporcionar maior familiaridade com o problema e torná-lo mais explícito e construir hipóteses” (GIL, 2002, p. 41). Para avaliar os dados e confrontá-lo com referenciais teóricos,

torna-se necessário obter um modelo conceitual e operativo da pesquisa, o qual Gil (2002) denomina delineamento. “O delineamento expressa em linhas gerais o desenvolvimento da pesquisa, com ênfase nos procedimentos técnicos de coleta e análise de dados” (GIL, 2002, p. 43), porém, essa classificação não pode ser rígida, já que algumas pesquisas, devido às suas particularidades, podem não se enquadrar claramente em um ou outro modelo. Nessa perspectiva, o presente trabalho se enquadra no estudo de campo, porque foi focalizado em um grupo que não é necessariamente geográfico, pois, segundo Gil (2002), pode ser uma comunidade de trabalho, de estudo ou voltada para qualquer atividade humana. Fundamentalmente, realiza-se por meio de observação direta das atividades do grupo estudado, juntamente com entrevistas, análise de documentos, filmagem e imagens.

As informações foram obtidas por meio de relatórios, imagens pictóricas e entrevistas, tendo sido realizada análise de conteúdo, que é um conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens (BARDIN, 1977).

4.2 OBTENÇÃO DOS DADOS

Bauer e Gaskell (2003) distinguem três meios pelos quais os dados podem ser obtidos, que são textos, imagens e materiais sonoros. Nesta pesquisa, a parte textual foi realizada por meio da aplicação de um texto denominado “Por que sentimos cheiro?” (Anexo A), no qual abordavam-se assuntos como forças atrativas moleculares, substâncias e mudança de estado físico, com uma linguagem simples, informal e contextualizada. Nesse mesmo material haviam algumas perguntas que indiretamente as relacionava com os conteúdos abordados e que tinha por objetivo investigar esses conceitos. Foi analisada, mais em específico, a seguinte questão:

- Explique por que, à temperatura ambiente, os materiais podem estar em diferentes estados físicos?

A escolha por esse questionamento, em especial, se deu com o propósito de centrar o objetivo da pesquisa em características de mudança de estado físico, já que engloba diversos conceitos básicos da Química e que, conseqüentemente, foram criadas categorias e subcategorias para análise.

Dentre as formas de investigação, Bauer e Gaskell (2003) indicam que os materiais textuais escritos são os mais tradicionais na análise de conteúdo, podendo ser utilizados pelo pesquisador na busca por respostas às questões de pesquisa.

Produções de imagens foram feitas em dois momentos pelos estudantes, porém, com o mesmo objetivo de analisar as imagens submicroscópicas do conteúdo abordado. A aplicação de ambas foi em grupo, tendo a primeira sido com a produção de imagens em cartolina, na representação estática e a segunda, a construção de um recurso audiovisual, ou seja, na representação dinâmica, pois consideramos a possibilidade de uma maior gama de possibilidades de articulação de informações, devido à exploração de recursos tecnológicos. Utilizando outra forma de expressão da imagem é possível que haja informações antes não interpretadas ou percebidas. Para Klein e Laburú (2000), a alfabetização visual na educação em ciências é essencial para a compreensão de conceitos, pois há evidências suficientes de que é necessário trabalhar com palavras e tarefas específicas à leitura de imagens para intensificar os seus efeitos positivos sobre a aprendizagem científica. “Nas aulas de ciências, o estudo do fenômeno de promoção de significado nas imagens é importante para que ocorra uma melhor compreensão de como esse significado é aprendido e como poderia contribuir para a construção de conceitos científicos” (KLEIN; LABURÚ, 2000, p. 4).

Por muito tempo, a imagem ocupou papel secundário nas pesquisas científicas, que privilegiavam os documentos escritos (SOUZA; OLÁRIA, 2014), porém, atualmente, a imagem tem sido muita utilizada e, muitas vezes, aparecendo como protagonista na pesquisa. Claro que depende dos objetivos e das estratégias que o pesquisador irá traçar. Segundo Weller e Bassalo (2011), a imagem e a escrita caminham juntas e, muitas vezes, a imagem consegue alcançar, com suas propriedades, mais grupos que a palavra não atinge.

No que tange a materiais sonoros, houve a gravação audiovisual das entrevistas semiestruturadas que tinham como base perguntas para que os alunos explicassem seus modelos e que, posteriormente, foram transcritas e analisadas. Além do uso do áudio, recorreremos também, em alguns casos, às imagens dessas gravações, pois, nessa etapa, os estudantes elucidaram seus modelos recorrendo às suas produções, ou seja, as respostas dos questionamentos advinham da junção das indicações das imagens produzidas por eles e de seus discursos, esclarecendo, assim, possíveis interpretações errôneas acerca de suas representações submicroscópicas. O áudio é imprescindível na entrevista, mas especificamente em nosso trabalho, no qual há a explicação de modelos, percebemos que os

gestos dos estudantes e suas indicações no modelo durante seus discursos são tão importantes quanto o áudio.

No entanto, ao longo das análises houve incerteza com relação algumas representações, então, foi necessário realizar outra entrevista, especificamente com alguns grupos que apresentaram imagens com dúvidas interpretações. Nessa entrevista, os estudantes eram requisitados a explicitarem melhor suas imagens, relacionando-as à continuidade ou não da matéria.

A entrevista é uma das técnicas mais utilizadas nas pesquisas científicas qualitativas, pois ela possibilita a obtenção de muitas informações e entender melhor o que, por exemplo, uma imagem não deixou claro, como é o caso desta pesquisa. Gil (2002) define a entrevista como um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. Esse método, quando combinado com outros métodos de coleta de dados, desempenha papel importante na pesquisa, pois ela consegue informar algo que, muitas vezes, não é visto e nem percebido. Nessa perspectiva, Bauer e Gaskell (2003) sustentam que a compreensão em maior profundidade oferecida pela entrevista pode fornecer informação contextual valiosa para explicar alguns achados específicos.

“Por sua flexibilidade é adotada como técnica fundamental de investigação nos mais diversos campos e pode-se afirmar que parte importante do desenvolvimento das ciências sociais nas últimas décadas foi obtida graças à sua aplicação” (GIL 2002, p. 109).

Gil (2002) afirma que, se comparada com a técnica do questionário, que também é bastante utilizada nas pesquisas, a entrevista apresenta outras vantagens, como:

- possibilita a obtenção de maior número de respostas, pois é mais fácil deixar de responder a um questionário do que negar-se a ser entrevistado;
- oferece flexibilidade muito maior, pois o entrevistado pode esclarecer o significado das perguntas e adaptar-se mais facilmente às pessoas e às circunstâncias em que se desenvolve a entrevista;
- possibilita captar a expressão corporal do entrevistado, bem como a tonalidade de voz e a ênfase nas respostas.

Apesar de várias vantagens, a entrevista, ou qualquer única fonte de informação, não garante a fidedignidade dos dados e das informações coletadas. Portanto, devem ser utilizados outros métodos que, em conjunto com a entrevista, garantirão que os resultados qualitativos

possam ser bem sustentados. Portanto, após as análises dos diferentes informes, é necessário que se faça a triangulação de dados, pois, a partir dessas diferentes fontes, há maior possibilidade de resultados mais precisos e fidedignidade das conclusões. Denzin e Lincoln (2006, p. 19) sustentam que o “uso de múltiplos métodos, ou da triangulação, reflete uma tentativa de assegurar uma compreensão em profundidade do fenômeno em questão”. Na triangulação, apesar de importante para a validação dos resultados, deve-se levar em consideração que cada técnica de análise seja efetuada de acordo com os seus próprios princípios, para que só assim sejam realizados cruzamentos entre os resultados obtidos na aplicação de cada uma (DENZIN; LINCOLN, 2006).

4.3 ANÁLISE DE DADOS

A fase da análise de dados é muito crítica, pois se tem uma quantidade grande de informações e saber analisá-las e interpretá-las de forma coerente é imprescindível para os objetivos da pesquisa. Gil (2002) distingue a análise da interpretação, definindo que a análise tem o objetivo de organizar e suscitar os dados para propiciar o fornecimento das respostas ao problema proposto, enquanto a interpretação objetiva a procura do sentido mais amplo das respostas, portanto, a análise de dados é o momento de formação de sentido além do que é visto nos dados e isso ocorre quando se consolida, limita e interpreta o que as pessoas falaram, o que o pesquisador viu e leu. Para Minayo (1994, p. 68), “a análise e a interpretação estão contidas no mesmo movimento: o de olhar atentamente para os dados da pesquisa”.

Para Gil (2002), a análise qualitativa depende de vários fatores, como a natureza dos dados, o tamanho da amostra, os instrumentos de pesquisas e os referenciais teóricos. No entanto, esse processo envolve as seguintes sequências:

- redução dos dados: processo de seleção, simplificação e transformação dos dados originais provenientes das observações do pesquisador. Os objetivos devem estar claros, pois pode haver o acúmulo de grande quantidade de dados e, conseqüentemente, dificuldade para selecionar os que realmente são significativos para a pesquisa;
- a categorização: consiste na organização dos dados para, assim, o pesquisador tomar decisões e concluir a partir deles. Uma forma coerente é a produção de categorias, mas nem sempre essas são óbvias, necessitando uma leitura minuciosa para fundamentar o seu referencial teórico;

- a interpretação; momento que requer um esforço de abstração, ultrapassando os dados, buscando possíveis explicações de causa e efeito, o que irá exigir constantes retomadas das anotações, das configurações e da literatura.
- redação do relatório; fase em que o pesquisador tem a liberdade de expor seus resultados e suas conclusões.

Ainda, segundo Minayo (1994), existem três obstáculos para uma análise eficiente. O primeiro diz respeito à ilusão do pesquisador em ver as conclusões, a princípio, como “transparentes”, portanto, pensar que a realidade dos fatos se apresenta de forma nítida a seus olhos. Essa ilusão pode levar o pesquisador a uma simplificação dos dados e a conclusões equivocadas. O segundo obstáculo se refere ao fato de o pesquisador se envolver tanto com os métodos e técnicas que acaba por esquecer os significados presentes em seus dados. O terceiro empecilho para uma análise mais rica está relacionado à dificuldade que o pesquisador pode ter em articular as conclusões que surgem dos dados concretos com conhecimentos mais amplos ou mais abstratos. Isso pode produzir um distanciamento entre a fundamentação teoria e a prática da pesquisa.

Nesta pesquisa, a análise de dados ocorreu em duas fases distintas. A primeira ocorreu fazendo-se uma análise minuciosa das representações inseridas nas respostas ao questionário do texto, da cartolina e das representações na animação, levando em conta, obviamente, o discurso dos estudantes durante as entrevistas nesse mesmo período, pois as imagens submicroscópicas geradas por eles, muitas vezes, não são o que o pesquisador deduz e, novamente, acentuamos a importância da entrevista para a correta interpretação dessas representações. A segunda segue o processo de codificação, que é um conjunto de questões que o codificador trata os materiais e do qual o codificador consegue respostas dentro de um conjunto predefinido de alternativas (BAUER; GASKELL, 2003), ou seja, por meio das respostas de algumas questões, segmentos que tinham partes iguais ou semelhantes foram agregados em uma categoria. Quando selecionado um novo segmento, este é comparado com outros já analisados, surgindo duas situações: ou ele é adicionado à categoria já existente, caso tenha significados parecidos, ou surge uma nova categoria.

4.4 PARTICIPANTES

O grupo de estudo foi formado por 32 estudantes do 2º e 3º ano do Ensino Médio de uma escola particular da cidade de São Paulo, que se prontificaram, espontaneamente, a participar da pesquisa no contraturno do período escolar. Todos assinaram um termo de

consentimento livre e esclarecido (Anexo B) e que garante ao participante o anonimato e o direito da retirada em qualquer momento da coleta de dados. Importante ressaltar o interesse dos estudantes no projeto, pois eles tinham aula no período da manhã e ficavam aguardando os encontros no período vespertino. Isso nos mostra o engajamento e a motivação para algo, segundo eles, que se diferenciava dos moldes tradicionais de ensino do colégio, já que nele é utilizado um sistema apostilado rigorosamente, com poucos momentos de reflexão e autonomia dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem. É sabido que a motivação é um aspecto importante na educação, pois um aluno motivado se envolve de forma ativa no processo de aprendizagem, com maior empenho e entusiasmo na realização das atividades, desenvolvendo habilidades e superando desafios (BZUNECK, 2009; GUIMARÃES; BORUCHOVITCH, 2004). O fato de os integrantes poderem expor diferentes tipos de modelos e, conseqüentemente, gerar uma discussão acerca do modelo mais aceito pelo grupo, gera um processo benéfico para a construção dos conceitos de forma mais ativa. Gil (2006) indica que a técnica do trabalho em grupo propicia fatores importantes na formação do estudante, como um maior domínio, compreensão e favorecimento da reflexão acerca dos conhecimentos obtidos, pois os discentes podem comparar as ideias, confrontar, ressaltar as semelhanças e as diferenças entre eles. Um determinado conceito pode fazer emergir diferentes modelos, com aspectos distintos, com visões divergentes, porém, com objetivos comuns. Sendo assim, o trabalho em grupo está conectado às metodologias de caráter ativo, sendo assim, um aluno participante do processo da construção do conhecimento. Deve ser ressaltado que nem todos os integrantes irão interagir da mesma forma, assim como em qualquer grupo social; uns são mais extrovertidos que outros e, por isso, foi deixado em aberto que os integrantes formassem os grupos como preferissem, pois percebemos que quanto maior a interação entre os participantes melhor seria o trabalho colaborativo, porque teriam, possivelmente, um ambiente livre para iniciativas, impedindo eventuais inibições e limitações, contribuindo para a sua expressão de ideias e, conseqüentemente, para a sua formação.

Somente o trabalho em grupo possibilita a realização de uma atividade em comum. Faz com que os próprios alunos regulamentem suas energias para alcançar um determinado objetivo. O trabalho em grupo torna a ação educativa mais agradável; proporciona maior comunicação, enriquece a vivência individual; desenvolve o espírito crítico e a criatividade; é mais motivado; dá ao educando oportunidades de expressão e êxito na aprendizagem, igualando o mundo em que vive ao mundo escolar. O professor passa a ser orientador da aprendizagem e não aquele que sabe tudo e tem opinião que deva ser acatada (ALMEIDA, 1973, p. 22).

A escolha por alunos de 2º e 3º anos deu-se por apresentarem mesmo nível curricular, já que esse colégio trabalha, nos dois primeiros anos, todo o conteúdo do Ensino Médio e com uma revisão no último ano escolar, mas também por serem salas que leciono. São ministradas quatro aulas semanais de Química. O conteúdo é bem corrido, não havendo possibilidade de maiores intervenções e manifestações fora do âmbito da apostila, mesmo porque existem datas específicas para as devidas trocas de apostilas, o que leva os professores a ficarem atentos ao curto tempo que é dado para cada conteúdo. O fato de a pesquisadora ser também a professora enriquece o trabalho, já que havia entre ela e os participantes a empatia necessária para que ocorresse o devido envolvimento de todos no processo, como também os estudantes estavam cientes do objetivo do trabalho com que se comprometeram. Os encontros foram realizados nas dependências do colégio, com consentimento e apoio da direção, com atividades em sala de aula e no laboratório.

4.5 SEQUÊNCIAS DAS ATIVIDADES

As atividades foram planejadas e aplicadas com base na metodologia de ensino e aprendizagem multimodal, que ocorre no uso de diferentes formas de ferramentas para expor suas ideias, como texto, imagem (estática/dinâmica) e som. Os fenômenos multimodais ampliam o sentido cognitivo quando são integrados pelas modalidades sensoriais com suas características visuais, táteis, olfativas e auditivas, entre outros (SOUZA; ARROIO, 2012). Nessa perspectiva, foram realizados dez encontros de, aproximadamente, 50 minutos cada, ao longo de um mês, em dias marcados aleatoriamente, porém, que fossem acessíveis para os participantes e a pesquisadora. No primeiro encontro foi entregue um texto para todos os participantes, denominado “Por que sentimos cheiro?” (Anexo A). Neste texto, de elaboração própria⁴, abordavam-se alguns conceitos básicos sobre a relação entre estados físicos e as interações moleculares, porém, de forma não tão correlata. Assim, a partir do texto, eles responderam, individualmente, a algumas questões acerca de substâncias e misturas, para se obter uma ideia dos conceitos que eles tinham sobre esse assunto.

Em outro momento, o encontro foi realizado no laboratório, onde foi proposto que os estudantes realizassem um experimento de ponto de ebulição (Anexo C) de substância pura (água) e de mistura (água + glicerina) com diferentes concentrações. Porém, foi feita uma pergunta investigativa, sobre o que eles achavam do comportamento físico de uma substância

⁴ Adaptado de Scardua (2015).

pura e de uma mistura, com o propósito de fazê-los pensar e se questionar no decorrer do experimento. Para isso, os 32 estudantes foram divididos em duas turmas, para uma melhor acomodação no laboratório. Destas duas, houve a subdivisão em turmas menores, formando 13 grupos, sendo sete constituídos por dois integrantes, enquanto nos seis demais havia três. Essa formação foi aleatória e levando em consideração a afinidade entre os alunos, para que eles pudessem trabalhar de forma mais espontânea e motivada.

O uso de experimento no processo de ensino e aprendizagem pode ser um estímulo para o envolvimento do estudante no conteúdo estudado; vemos uma sequência didática interessante se começarmos o conteúdo com algo concreto, tangível e macroscópico, para, depois, apresentar explicações de forma submicroscópica. Gibin e Ferreira (2010) também afirmam que é interessante iniciar as atividades didáticas por meio da observação ou da manipulação de algo concreto, no nível macroscópico, por exemplo, como a realização de um experimento.

Giordan (1999) indica que utilizar a experimentação como parte de um processo de investigação é imprescindível, prática reconhecida entre aqueles que pensam e fazem o ensino de Ciências, porque a formação do pensamento e das ações do indivíduo deve acontecer nos entremeios de atividades investigativas. Em outro trabalho, Giordan (2006) aponta a importância do uso do experimento seguido de simulação, pois os estudantes teriam contato direto com o fenômeno e, posteriormente, a exploração dessas representações além da forma macroscópica, a submicroscópica, na simulação, não deixando de considerar as dimensões sociais, importantes no processo de aprendizagem.

Após a atividade no laboratório, os estudantes responderam individualmente a algumas questões relacionadas ao experimento (Anexo C), que foram discutidas, em um segundo momento, com todos os participantes, juntamente com a exposição das informações coletadas por eles no laboratório.

Em encontro subsequente, foi feito um experimento de ponto de fusão (Anexo D) de substância pura (naftalina) e mistura (parafina) e foi realizada a mesma sequência anterior, ou seja, responderam a um pequeno questionário, seguindo-se uma discussão com todos os participantes sobre as questões (Anexo D) e as informações coletadas no laboratório. As trocas de informações entre os estudantes e os momentos de discussão são importantes no processo da construção do conhecimento, como citado por Laburú, Zompero e Barros (2013), pois um significado se enriquece pela somatória de vários diferentes contextos, pela intersecção de muitas afirmações e pela junção de vários tipos e formas discursivas.

Após esse contato conceitual macroscópico (experimento), foi realizado um encontro no qual foi proposto que os alunos, nos mesmos grupos, produzissem em cartolina imagens pictóricas sobre o processo de mudança de estado físico (PF/PE), abordando o submicro das substâncias ou das misturas, conforme escolhessem.

Para uma interpretação menos ambígua das imagens produzidas pelos estudantes, foram feitas entrevistas com o grupo, com o apoio do material por eles produzido (cartolina), para que pudessem explicitar suas representações. No próximo encontro, foi aberta uma exposição e realizada uma discussão entre os grupos, orientados pela professora, sobre as representações submicroscópicas produzidas. Ressaltamos o processo de discussão entre os estudantes como sendo muito produtivo e importante na construção/reconstrução de seus modelos, pois nesse momento todos podem inferir nas representações demonstradas e reaver algumas ideias e conceitos.

O processo de aprendizagem não é visto como a substituição das velhas concepções que o indivíduo já tem antes do processo de ensino, pelos novos conceitos científicos, mas como a negociação de novos significados num espaço comunicativo no qual há o encontro entre diferentes perspectivas culturais, num processo de crescimento mútuo (MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 284).

Em seguida, foi pedido que os grupos produzissem um recurso audiovisual desses modelos, referentes aos fenômenos observados. Este recurso foi utilizado como outra forma de os estudantes mostrarem suas representações, como preconizam Gibin e Ferreira (2010). O uso, por exemplo, de animações como ferramenta metodológica para a investigação de modelos é interessante, pois as animações são similares aos modelos cinemáticos/dinâmicos que são processados na mente do estudante.

Novamente, para um melhor entendimento do trabalho, foi feita entrevista gravada com recurso audiovisual com os grupos para que os integrantes explicassem suas representações, tendo como suporte os vídeos por eles produzidos.

A sequência didática foi composta por um texto, seguido de experimentos, produção de representações submicroscópicas em cartolina, finalizando com um recurso audiovisual.

Dessa forma, foram observadas imagens de domínio submicro em diferentes momentos, com diferentes métodos, com o objetivo de estimular os estudantes a exporem suas ideias, pois, quando eles transitam pelas diferentes formas de comunicação, espera-se maior possibilidade de entendimento do conteúdo.

A aprendizagem mediada pela multimodalidade é aquela que é favorecida pela prática da multiplicidade de formas de expressão de princípios escolares-científicos, na qual há o trânsito entre atividades manuais ou concretas (experimentos, jogos ou artefatos), a palavra (falada ou impressa) e as imagens (ilustração, foto, gráfico, animação, vídeo etc.) (SOUZA; ARROIO, 2012). “O trânsito e a variabilidade dos sistemas representacionais são fundamentais para o entendimento conceitual e determinam, em uma significativa extensão, o que foi apreendido” (LABURÚ; ZOMPERO; BARROS, 2013, p. 14).

A Tabela 1 foi elaborada com o objetivo de representar os encontros, suas atividades e objetivos.

Tabela 1 - Encontros e atividades realizadas (Continua)

Encontro	Atividade	Objetivo	Material
1º	Aplicação do texto: Por que sentimos cheiro?	Analisar as concepções dos estudantes acerca das propriedades dos materiais e as possíveis imagens submicroscópicas produzidas.	Texto
2º	Experimento de ponto de ebulição (turma 1)	Que os estudantes percebam os diferentes comportamentos de substância pura e de mistura	Materiais do laboratório (vidrarias, termômetro, etc.), água e glicerina
3º	Experimento de ponto de ebulição (turma 2)	Que os estudantes percebam os diferentes comportamentos de substância pura e de mistura	Materiais do laboratório (vidrarias, termômetro, etc.), água e glicerina
4º	Discussão com todos os participantes sobre os resultados coletados no laboratório como também do questionário	Expor os diferentes resultados dos grupos e fazê-los perceber, por meio deles, os comportamentos distintos da substância e da mistura	Lousa digital
5º	Experimento de ponto de fusão (turma 1)	Que os estudantes percebam os diferentes comportamentos de substância pura e de mistura	Materiais do laboratório (vidrarias, termômetro, etc.), parafina e naftalina.

Tabela 1 - Encontros e atividades realizadas (Conclusão)

Encontro	Atividade	Objetivo	Material
6º	Experimento de ponto de fusão (turma 2)	Que os estudantes percebam os diferentes comportamentos de substância pura e de mistura	Materiais do laboratório (vidrarias, termômetro, etc.), parafina e naftalina.
7º	Discussão com todos os participantes sobre os resultados coletados no laboratório e questionário	Expor os diferentes resultados dos grupos e fazê-los perceber, por meio deles, os comportamentos distintos da substância e da mistura	Lousa digital
8º	Produção das imagens submicroscópicas em cartolina (turma 1)	Averiguar as representações submicroscópicas produzidas pelos grupos	Cartolina, lápis de cor, caneta hidrocor
9º	Produção das imagens submicroscópicas em cartolina (turma 2)	Averiguar as representações submicroscópicas produzidas pelos grupos	Cartolina, lápis de cor, caneta hidrocor
10º	Discussão com todos os participantes sobre as representações produzidas nas cartolinas, com observações do professor e colocação da proposta da produção do recurso audiovisual.	Reavaliação dos modelos produzidos pelos estudantes	Lousa digital

5 RESULTADOS

5.1 ANÁLISES DAS CARTOLINAS

A princípio, quando foi pedido aos estudantes que produzissem imagens submicroscópicas sobre mudança de estado físico, eles se apresentaram muito perdidos, indicando que não faziam ideia de como expor essas imagens, mas, aos poucos, foram se familiarizando com essa possibilidade. Isso possivelmente indica que representações submicroscópicas não são exploradas pelos professores como deveriam, pois a falta de intimidade que todos demonstraram em relação ao domínio submicro foi muito grande, como se isso quase não tivesse feito parte de sua vida escolar, pelo menos por esse grupo estudado.

No total, foram produzidas 13 cartolinas, sendo uma por grupo, todas abordando ponto de fusão e ponto de ebulição de substâncias puras ou misturas. Foi observado que, para o ponto de ebulição, 10 dos 13 grupos escolheram a substância água para a representação. Isso foi ressaltado nas entrevistas e os grupos afirmaram terem feito essa escolha pela maior facilidade de apresentação da substância, talvez por fazer parte de sua vida cotidiana. Já no ponto de fusão houve uma maior divergência na escolha do representado; das 13 imagens, somente cinco utilizaram a água. A justificativa dada pelos grupos seria que, na mudança de estado sólido/líquido, eles estão mais familiarizados com outros materiais do que no processo de ebulição.

Uma observação importante é que, de todos os grupos que utilizaram a substância água para a representação de mudança de estado físico, seja na fusão ou na ebulição, nenhum indicou, tanto em suas imagens como no discurso, o rompimento das ligações covalentes, diferentemente do que foi visto por Tan e Treagust (1999). Segundo autores, essa concepção do rompimento de ligações se deve à dificuldade dos alunos de entender as forças intermoleculares e a distinção com relação às forças intramoleculares, porém, durante as entrevistas dos grupos pós-produção das cartolinas, somente dois citaram as forças intermoleculares em seus discursos.

Foi feita uma categorização baseada nos níveis representacionais em que o conhecimento químico pode ser expresso, sendo eles o macroscópico, o submicroscópico e o simbólico. Com a análise das imagens produzidas pelos estudantes e das entrevistas realizadas com o grupo, emergiu a categorização indicando o uso de mais de um nível de representação na mesma imagem, como também apontado por Kiill (2009), de que o caso de a representação visual ponderar apenas aspectos dimensionais individualmente pode não ser representativo de

um fenômeno químico, uma vez que numa mesma imagem é possível que se tenha representado por mais de um deles. No trabalho de Kiill (2009) sobre análise de imagens existentes nos livros didáticos de Química, sendo 6 investigados (4 volumes únicos e os outros constituídos de 3 unidades cada), acerca de equilíbrio químico, foram utilizadas como categorias as figuras, as fotografias, as tabelas e os gráficos, correlacionando-as com os níveis do conhecimento químico, onde surgiram as seguintes sete subcategorias: macroscópica, submicroscópica, simbólica, macrossubmicroscópica, macrossubmicrosimbólica, macrossimbólica e submicrosimbólica. Concordamos com a autora em relação ao fato de que um processo, seja físico ou químico, em que há explicitação na imagem científica, comumente terá mais de um nível de representação, o que leva a inferir, a princípio, que quanto maiores as articulações desses níveis, mais esclarecedores e concisos tendem a ser os estudantes em suas produções.

Nessa perspectiva utilizamos a seguinte categorização, descrita mais especificamente na Tabela 2: macrossubmicroscópica (macroscópica + submicroscópica), macrossubmicrosimbólica (macroscópica + submicroscópica + simbólica) e macrossimbólica (macroscópica + simbólica). O fato de não apontarmos outras categorias, como a submicrosimbólica, foi pelo fato de elas não terem surgido nas produções dos estudantes.

Tabela 2 - Taxonomia para a categorização das imagens produzidas na cartolina

Categorias	Descrição	Exemplo
Macrossubmicroscópica	<p>Representação que indica o aspectos macroscópico e o submicroscópico.</p> <p>Na imagem há a presença do gelo (macro) com as partículas no referente estado físico.</p>
Macrossubmicrossimbólica	<p>Representação que indica o aspecto macroscópico, submicroscópico e simbólico.</p> <p>Na imagem há o béquer (macro), remetendo ao experimento realizado pelo grupo. Há a indicação das partículas de água e glicerina (submicro) e as respectivas fórmulas moleculares (simbólico)</p>
Macrossimbólica	<p>Representação que indica os aspectos macroscópicos e simbólicos.</p> <p>Na imagem há a presença do tubo de ensaio (macro) e as fórmulas moleculares (simbólico)</p>

Entre as imagens produzidas nas cartolinas desta pesquisa, 46% apresentaram, em suas representações, os níveis macrossubmicroscópicos, 46% macrossubmicrossimbólicos e 8% macrossimbólicos, conforme indicado na Figura 5.

Figura 5 - Classificação das imagens produzidas nas cartolinas acerca dos níveis de representação

Importante ressaltar que todos os participantes utilizaram imagens no nível macro, o que leva a considerar que, para os estudantes, é muito difícil abandonar o aspecto observável, ou seja, aquilo que estão acostumados a ver e interagir. Isso também foi mostrado nas pesquisas de Kiill (2009), que indica que o aspecto macroscópico prevalece nos livros didáticos pesquisados, indicando que 51% das imagens pertencem à categoria macroscópica, seguidas de 12% de simbólicas e 7% de submicroscópicas. “Ao somar os níveis submicroscópicos e simbólicos tem-se o equivalente a 19% das imagens, contra 51% que compõem o conjunto macroscópico” (KIILL, 2009, p. 85). Essas informações indicam que a importância dada às representações macroscópicas pelos estudantes pode decorrer do uso maçante das imagens no nível macro nos livros didático de química, já que, geralmente, este é o maior ou até o único instrumento no processo de ensino e aprendizagem. Outra informação relevante levantada nas pesquisas de Kiill (2009) é que poucas imagens correlacionam os níveis do conhecimento. Kiill (2009) constatou que, entre as 5.938 ilustrações analisadas, somente 581 indicaram correlações dimensionais, sendo 115 no nível macrosubmicroscópico, 226 no macrossimbólico, 198 no submicrossimbólico e 42 no macrosubmicrossimbólico, portanto, a menor parte é a que correlaciona os três níveis do conhecimento, contradizendo a indicação de Johnstone (2000) de que um entendimento completo dos fenômenos químicos se dá com a integração desses três níveis.

Um nível muito explorado nos livros didáticos é o macrossimbólico. Conforme indicado por Kiill (2009), o macro é muito valorizado em sala de aula já que, na maior parte do tempo, são enfatizadas as propriedades perceptíveis dos fenômenos químicos, como as

aulas de laboratório que são tão estimadas no ensino de ciências. O simbólico também é muito empregado, pois a utilização de fórmulas e equações no ensino de química é frequente, não se recorrendo muito ao nível submicroscópico. Como indicado por Wartha, Guzzi Filho e Jesus (2011), nas aulas de Química, os conceitos são, geralmente, confundidos com definições que enfatizam sobremaneira o aspecto representacional simbólico em detrimento dos outros dois.

“A ausência de fenômenos na sala de aula pode fazer com que os alunos tomem por “reais” as fórmulas das substâncias, as equações químicas e os modelos para estrutura da matéria. É necessário, portanto, que os três aspectos sejam empregados na representação” (WARTHA; GUZZI FILHO; JESUS, 2011, p. 56).

Na perspectiva do uso recorrente do nível simbólico, pode-se citar a produção de um grupo que representou a mudança de estado físico no nível macrossimbólico, mesmo que tenha sido pedido para que a imagem fosse feita no nível submicroscópico. Isso aponta para a supervalorização da dimensão desse conhecimento, conforme indicado também nos livros didáticos e como os estudantes se sentem confortáveis com esse tipo de representação, pois, segundo os membros desse grupo revelaram na entrevista, a representação submicroscópica é difícil de produzir e a imagem na dimensão simbólica facilita o entendimento, conforme pode ser observado nas falas⁵ abaixo:

Professora: *Por que vocês escolheram a fórmula molecular para representar?*

TL: *A gente falou, em vez de a gente fazer bolinha, a gente coloca assim e a gente já vai saber o que significa.*

RN: *É, daí vai ser a substância.*

TL: *Daí a gente não precisava fazer a legendinha, porque já ia mostrar o que é.*

Mesmo quando produziram representações no domínio submicroscópico, houve certa quantidade de grupos, 46%, que não abandonou o nível simbólico, indicando também o apego às fórmulas e a necessidade de uma maior explicação das partículas representadas. Segundo Gibin (2009), o nível representacional simbólico não auxilia na construção de um modelo submicroscópico, pois se refere, basicamente, à linguagem química, como símbolos e equações, mas, para os estudantes desta pesquisa, esse tipo de representação revelou-se importante nessa fase da sequência didática.

⁵ Foram inseridos alguns trechos das entrevistas na extensão deste trabalho para as devidas interpretações e inferências, no entanto, é importante salientar que são transcrições de discursos coloquiais.

Segundo Ayres (2011), isso pode ocorrer pelo fato de o aluno ter dificuldade em aceitar a dimensão particulada da matéria, tendo somente uma tentativa de esboçar algo referente a essa dimensão, talvez por insegurança sobre seu entendimento do conceito ou por não ter um modelo mental que julgue adequado para essa situação. Na pesquisa de Ayres (2011) sobre uso de recurso multimídia no ensino de Química também surgiram muitos modelos representando o simbólico em vez do submicroscópico. “Na representação submicroscópica há indícios claros de uma confusão nos modos representacionais, denotando que o aluno não distingue o modo simbólico do particulado, tratando os dois como modo único” (AYRES, 2011, p. 80).

Recorrendo a Moreno e Mayer (2007), para que ocorra a construção do conhecimento, a nova informação deve relacionar-se com outra existente, ou seja, com seu conhecimento prévio. O verdadeiro aprendizado depende da atividade cognitiva, pois o estudante deve selecionar informações relevantes a partir de uma lição, mentalmente organizando-a em uma estrutura coerente e integrar o novo conhecimento com o conhecimento existente. Nessa perspectiva, vemos a evocação desses níveis do conhecimento químico como uma recorrência da informação já conhecida, o macro ou simbólico, para assim integrar a nova informação, portanto, a segunda ancorada na primeira.

Para Kiill (2009), a relação que vai do macroscópico para o submicroscópico requer uma progressão dos aspectos cognitivos do conhecimento e a autora considera que, na representação visual submicroscópica, a representação simbólica contribui para a identificação das entidades submicroscópicas, conforme indicado no discurso já citado de um grupo participante desta pesquisa.

Para Mortimer (2011), o estudante tem dificuldade de transitar entre as observações fenomenológicas e as explicações atomistas, isto é, 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).

Essa transição de características externas, fortemente ligadas a aspectos sensíveis, para características internas, ligadas a modelos imaginários, é um grande obstáculo a ser transposto no processo de ensino: relaciona-se à própria construção da noção do modelo como algo isomórfico à realidade, em que transformações nos materiais podem ser representadas por mudanças na estrutura do modelo (MORTIMER, 2011, p. 130).

Outra categorização elaborada a partir das análises das cartolinas foi em relação à continuidade e à descontinuidade da matéria, algo averiguado no trabalho de Mortimer (2011), que analisou as ideias atomísticas de estudantes, indicando que essa caracterização se dá pela negação do conceito de átomo e que o principal empecilho para a construção do conceito é a recusa da possibilidade de existência de espaços vazios entre as partículas. Consideramos, neste trabalho, como forma descontínua, qualquer representação que se aproximasse de partículas, como bolas, quadrados, fórmula estrutural e o modelo bola/vareta.

Das 13 cartolinas analisadas, 11 (92%) apresentaram representações particuladas, enquanto 1 (8%) indicou continuidade em suas imagens, conforme indicado na Figura 6.

Figura 6 - Classificação das imagens produzidas na cartolina acerca da descontinuidade da matéria

Porém, essa conclusão só pôde ser finalizada depois de uma entrevista pós-sequência didática, já que seis grupos tinham representações que originavam interpretações dúbias. Então, para melhores esclarecimentos e para obter resultados concretos, recorreu-se a outra entrevista. Houve certa dificuldade em integrar os participantes em seus respectivos grupos, pois eles já haviam saído da escola e, então, foi aceita a presença de pelo menos um integrante de cada grupo para que houvesse a explicitação das representações. A interpretação ambígua das imagens surgiu devido ao fato de que os estudantes, além de representarem o processo de mudança de estado físico no nível submicroscópico de forma particulada, a indicavam com um fundo azul, para representar a água, conforme ilustrado na Figura 7. Nesse sentido, houve a percepção de continuidade, já que é colocada a parte descontínua, indicada pelas moléculas de água e, ao fundo, a matéria contínua, gerando uma confusão na categorização. Outro fato que poderia ter acontecido nesse processo é que os estudantes, no momento da produção das imagens, simplesmente recorreram à representação macroscópica, já que essa sequência

didática foi trabalhada partindo do macroscópico, um experimento, fazendo com que eles evocassem algo advindo do macro para, assim, configurar o submicroscópico.

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

Figura 7 - Representação macrossubmicroscópica de mudança de estado físico da água

Durante a entrevista, pediu-se aos estudantes que relatassem seus objetivos ao representar as imagens na cartolina e, por meio dos discursos, que foram gravados e depois transcritos, as dúvidas foram sanadas e a conclusão da análise foi feita de forma coerente e mais precisa.

Dos seis grupos que indicaram as imagens com interpretações dúbias, somente um relatou continuidade da substância, inclusive, assim como também nos outros grupos, quando interrogados sobre o que teria entre as moléculas de água, apresentaram estranheza em relação ao assunto, conforme pode ser observado nas falas abaixo.

Professora: *O que você acha que tem entre essas moléculas? Tem alguma coisa?*

LS: *Tem uma interação entre elas, pra ficarem juntinhas.*

Professora: *Tá. Mas, entre uma molécula de água aqui e outra aqui, tem algo?*

LS: *Não entendi.*

Professora: *É como se o fundo fosse um complemento da molécula, ou você acha que entre uma molécula e outra não tem nada, é vazio?*

LS: *Eu acho que deve ter algum fundo.*

Professora: *E seria tipo isso?(indicando o fundo azul)*

LS: *Acho que sim, não sei.*

Em alguns casos, houve dificuldade para os estudantes entenderem o que havia sido perguntado, então foram necessários maiores esclarecimentos.

Professora: *Porque assim tem duas opções: uma opção é que você fez essas moléculas e essa água líquida aqui como sendo o fundo para as moléculas ou, outra opção seria você fez isso daqui como sendo a parte que você vê, e essas moléculas a parte que você não vê.*

Antes mesmo de terminar a frase, a estudante esclareceu de forma precisa.

LS: *Sim, foi isso.*

LS: *Aqui eu quis ilustrar que tem moléculas de H_2O , tipo o que a gente não vê, só pra ilustrar mesmo que tem moléculas aí.*

A dificuldade do entendimento da linguagem científica é algo comum no ensino de ciências e, para que a compreensão conceitual se faça presente, professores utilizam muito a linguagem comum, ou seja, a linguagem cotidiana do estudante. A investigação sobre o papel da linguagem no ensino-aprendizagem de Ciências tem aumentado significativamente nos últimos anos. A grande maioria dos trabalhos nessas áreas tem pesquisado o uso de analogias e metáforas e suas implicações para o ensino de Ciências (MORTIMER; CHAGAS; ALVARENGA, 1998). Ainda segundo os mesmos autores, a linguagem científica tem características próprias e que foram estabelecidas ao longo do desenvolvimento do estudante, ampliando, assim, seu conhecimento. Porém, muitas vezes, essas características tornam a linguagem científica estranha e difícil.

A priori, tinha sido identificado que o grupo havia interpretado a matéria como descontínua, porém, os integrantes não pareciam tão precisos em suas escolhas, pois, quando perguntado para o outro participante, o discurso decorre por outro caminho.

Professora: *Então, MT e você? Está vendo que tem um fundo azul? Que você simbolizou...*

MT: *A água.*

Professora: *E daí você fez essas bolinhas que seriam?*

MT: *As moléculas de água*

Professora: *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.*

MT: *Isso, é isso*

Professora: *Porque a outra opção seria você fazer as moléculas, só que pensando que elas estão juntas, mas entre elas tem alguma coisa.*

MT: *Ah, entre um espaço e outro tivesse alguma coisa?*

Professora: *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 que tem outra coisa... substância, ou é água líquida entre elas, sabe assim?*

MT: *Ah, pra mim, coloquei, acho que é água líquida, sei lá.*

Professora: *Ou tem espaço vazio entre as moléculas? São duas opções.*

MT: *Acho que pra mim é água.*

Professora: *Que está no meio?*

MT: *É*

Professora: *E você, LS?*

LS: *Eu também acho que é água.*

Professora: *Que está no meio? Ou é vazio?*

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

Para esse grupo, o modelo ainda não está totalmente concluído, pois parece que não se sentem confortáveis em assumir um modelo definitivo, algo que não aconteceu com outros grupos, pois todos os outros integrantes se posicionaram e findaram o discurso com o mesmo modelo proposto no início da entrevista.

Um ponto digno de nota é que essa possibilidade de pensamento contínuo da matéria pelos estudantes só foi percebida devido às diferentes formas de representação, ou seja, ao uso da multimodalidade de ferramentas para a expressão do modelo, pois o recurso audiovisual desse grupo não indicava nenhum indício de pensamento contínuo da matéria.

Apesar de este trabalho apresentar somente um grupo que apontou a continuidade, segundo Mortimer (2011), é muito comum o uso contínuo da matéria pelos estudantes, pois, em uma de suas pesquisas, essa representação foi recorrente, apesar de, neste caso, se tratar de estudantes do 9º ano, antiga 8ª série do ensino fundamental. 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 no processo 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” (FERNANDES; MARCONDES, 2006, p. 23).

Pozo e Crespo constataram, em suas pesquisas, que entre 10% e 30% dos estudantes de diferentes séries assumem a ideia de vazio entre as partículas e, entre os alunos universitários dos últimos anos de química, apenas 15% aceitam a concepção descontínua (POZO; GOMES-CRESPO, 1997 apud POZO; CRESPO, 2009).

Segundo Talanquer (2009), os estudantes de diferentes níveis de escolaridade não acreditam na presença de espaços vazios entre as partículas da matéria e muitos ainda atribuem propriedades macroscópicas às partículas, como, por exemplo, átomos e moléculas se expandem quando aquecidos.

Tanto neste trabalho quanto na pesquisa do Mortimer (2011), há alta percentagem de alunos com ideias descontínuas, portanto, é importante ressaltar a importância do uso de

representações no domínio submicroscópico, porém, com explicações coerentes, consistentes e completas para que não formem modelos errôneos ou ambíguos, já que essas falhas conceituais, muitas vezes, não são percebidas durante as aulas, pois, geralmente, o professor entende serem óbvios os espaços vazios entre as partículas. Fernandes e Marcondes (2006) indicam que, tanto nos textos como em sala de aula, as representações submicroscópicas são indicadas de diversas formas, como círculos, bolas separadas ou juntas, supondo que os estudantes compreendem facilmente o que isso significa (diferentes modelos com diferentes propósitos), e, sem maiores explicações, sendo que isso pode confundi-los.

Mortimer (2011) indicou, em seu trabalho, que, mesmo aqueles alunos que tinham optado por um modelo usando pontos ou bolas em um espaço vazio, categorizados como modelos particulados, quando perguntados sobre o que existia neste espaço, respondiam que deveria haver mais partículas, não existindo, assim, o espaço vazio. Foi apontado que houve “horror ao vazio” entre os estudantes e que estes se recusaram a dar tal explicação, podendo até alterar o modelo, a princípio proposto por eles, para que não existisse o vácuo entre as partículas. “Os estudantes reconheceram essa dificuldade na ideia que vinham defendendo, mas em lugar de aceitar a existência do espaço vazio, preferem mudar a forma das partículas” (MORTIMER, 2011, p. 272). Este fato de não aceitar alteração do modelo também foi evidenciado em uma de nossas entrevistas com um determinado grupo, pois, segundo os integrantes, as moléculas de água estão juntas no estado sólido, um pouco mais separadas no estado líquido e bem distantes no estado gasoso, porém, quando frente a uma perturbação, os estudantes demonstraram indignação sobre tal fato e tentaram explicar o questionamento, porém, não alteraram seu modelo.

Utilizando o modelo mencionado por eles, e pensando em massas iguais, é visto que a água no estado sólido teria menor volume, porém, é sabido que o gelo flutua, portanto, é menos denso que a água líquida, fato esse questionado na entrevista.

Professora: *Vamos falar sobre a densidade. Densidade é massa dividida pelo volume, então, massa 10 e volume pequeno 2, que dá 5 (indicando cálculo da densidade com números aleatórios). Vamos comparar outro volume maior, então 10 dividido por 5, vai dar 2. Então, quando você aumenta o volume, diminui a densidade.*

WL: *Volume seria o espaço*

NS: *Então, se você diminui o volume, aumenta a densidade. Então, o gelo é mais denso.*

Professora: *O gelo é mais denso?*

NS: *Se o gelo tem menor volume porque ele está mais junto, então, ele tem maior densidade.*

Professora: *O pensamento que você falou em relação ao volume versus densidade está certo, só que o gelo é menos denso que a água, por isso ele flutua.*

NS: *Ah, porque se ele fosse mais denso afundaria.*

WL: *Menor volume, mais denso!*

NS: *Mas no gelo é ao contrário.*

Nesse momento, NS ressaltou que o gelo tem menor volume, porém, é menos denso, para a estudante, não há a indicação de que seu modelo tenha algo de errado, mas que a teoria científica não apresenta conformidade com seu modelo.

Professora: *O gelo, seguindo o que vocês falaram, que as moléculas estão mais próximas, o volume seria menor, então, ele seria mais denso. Segundo o modelo de vocês.*

WL: *Por que então?*

Professora: *Ou esse modelo que vocês construíram tem alguma coisa que não está batendo, no caso da água que estamos falando.*

Depois, os integrantes utilizaram outras justificativas, mas nunca alterando seu modelo, fato que evidencia o quanto esse modelo é importante para eles e como é difícil a desconstrução, em alguns casos.

Os alunos, na maioria das vezes, conseguem entender o modelo aceito cientificamente, mas têm dificuldade em aceitá-lo, principalmente por considerar que ele contraria a ideia intuitiva de que a natureza abomina o vácuo, ou de que os átomos são na verdade pequenos grãos de matéria que, como esta, podem dilatar-se, contrair-se, mudar de estado etc. (MORTIMER, 1995, p. 25).

A dificuldade de entender os três estados físicos da água nos quais existe um comportamento anômalo em relação à densidade, ou seja, o sólido é menos denso que o líquido, fato apresentado neste trabalho, também surgiu nas pesquisas de Mortimer (2011). Para este autor, “o dado – densidade do sólido menor que a do líquido – é uma perturbação potencial” (MORTIMER, 2011, p. 185). Ele relata que, em uma prova de Química da segunda etapa do vestibular da UFMG, havia uma questão que solicitava o desenho de um modelo para a água no estado sólido e outra no estado líquido e, ainda, que fosse representada por círculos e informava que o gelo era menos denso que a água. Após um levantamento dos resultados para uma amostra aleatória de 20% (602 alunos) do total de 2.985, constatou-se que apenas 13% dos alunos levaram em conta a densidade e fizeram o modelo correto, portanto, colocando as moléculas de gelo mais separadas do que as de água. Segundo Fernandes e Marcondes (2006), grande parte das concepções dos estudantes com relação à geometria e à polaridade das moléculas resulta das dificuldades de visualização tridimensional e da falta de pré-requisitos para esse conhecimento.

Outro fato relevante apontado neste trabalho foi em relação a um grupo que também havia produzido imagens que levavam a diferentes análises, que, *a priori*, parecia uma representação substancialista, pois foram dadas as partículas características macroscópicas,

nesse caso fazendo moléculas de água no estado sólido menores em relação às no estado líquido, representação esta indicada na Figura 8.

Mortimer (2011) relatou o surgimento de ideias substancialistas, segundo as quais o comportamento de seres vivos e/ou as propriedades da substância são atribuídos a átomos e a 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).

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

Figura 8 - Representação macrosubmicroscópica de mudança de estado físico da água

Durante a entrevista, o discurso seguiu por outro raciocínio, onde foi indicado pelo grupo ser somente a imagem partindo 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_2O .

Professora: *Nessa imagem vocês colocam, no começo, três bolinhas e, depois, uma. Poderiam explicar melhor? Parece que mudou. Antes era a junção de três e, depois, não mais. É isso?*

GS: *Eu as coloquei como uma só no segundo pra compactar mais na imagem, pra dar a impressão de serem mais coladas umas nas outras.*

Professora: *Mas antes era H_2O e depois continuou assim, ou ficou tipo o H de um lado e o O de outro?*

GS: *Não, continua igual.*

Sobre a mudança de tamanho da representação das moléculas, justificou sendo algo mais estético.

Professora: *Você acha que, no estado sólido, as moléculas se encolhem, ficam mais juntas e encolhidinhas?*

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

Professora: *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.*

Professora: *Você acha que o tamanho da molécula fica igual tanto no estado líquido quanto no sólido?*

GS: *Acho que sim.*

Esse fato mostra como é importante a entrevista para a análise de uma representação, pois ela pode indicar diferentes conclusões. Apesar de, neste trabalho, não terem surgido ideias substancialistas, Mortimer (2011) indica que existe uma hierarquia de ideias no perfil conceitual, pois, em sua pesquisa, estudantes que apresentavam ideias substancialistas no início do processo de ensino construíram, posteriormente, ideias atomistas e outros que apresentavam ideias contínuas não tenham passado de um atomismo substancialista. “O substancialismo é uma zona do perfil hierarquicamente superior à visão contínua da matéria” (MORTIMER, 2011, p. 226).

Outros cinco grupos que representaram imagens com interpretações ambíguas descreveram ter indicado algo partindo do macro para o submicro, declarando estranheza em relação ao fato de que entre as moléculas poderia haver algo além das interações moleculares e espaços vazios.

Professora: *Por que desse fundo azul? O que significa ele?*

NT: *Porque era a água, não era?*

Professora: *Porque era a água, mas é como se entre essas moléculas tivesse água, ou...*

NT: /NY: *Não!*

NT: *As moléculas são de água só.*

Professora: *Entendi. É como se aqui, por exemplo, como se você pegasse uma jarra de água e olhasse o azul?*

NT: *É*

Professora: *Entendi. Outra coisa. O que vocês acham que tem entre as moléculas? Por exemplo, uma aqui e outra aqui. Entre elas o que vocês acham que tem?*

NY: *Como assim?*

Professora: *Tipo, você tem uma molécula aqui e outra aqui, o que você acha que tem entre elas? Se tiver alguma coisa, ou é um espaço vazio?*

NT: *Só, tipo, uma atração entre elas. Só a ligação mesmo.*

Professora: *Uma interação entre elas, mas nada físico?*

NT: *É*

NY: *Mas seria o hidrogênio de uma com o oxigênio da outra.*

NY: *É só a interação delas, nada grudadinho, assim.*

Professora: *Você também acha ou não? Como é que você acha?*

NY: *Eu acho que é, porque o hidrogênio tem interação com oxigênio da outra molécula.*

Nesse momento, a estudante retorna aos conceitos e informa que, na execução das imagens da cartolina, houve a representação errada das moléculas de água em relação ao seu posicionamento devido às interações de ponte de hidrogênio.

Professora: *Tá, só pra eu ter certeza que eu entendi. Tem a interação, que é como se fosse uma força de atração?*

NY/NT: *Isso, isso.*

NY: *É que aqui estaria errada, essa estaria certa, mas essa estaria errada* (indicando as posições das moléculas devido às interações intermoleculares)

Professora: *Você diz essa molécula com essa?*

NY: *Essa estaria certa com essa, mas essa estaria errada com essa.*

No discurso da estudante há a indicação de que ela recorre aos seus atuais conceitos e aponta suas falhas conceituais da época, demonstrando maior conhecimento no modelo científico, mesmo que já passado algum tempo da aplicação das atividades. Esse fato leva inferir sobre a importância da participação do estudante na construção do seu conhecimento, pois, segundo vários autores (POZO; CRESPO, 2009; FERREIRA; JUSTI, 2008; MORENO; MAYER, 2007; MORTIMER; SCOTT, 2002), o verdadeiro aprendizado não é esquecido facilmente, ou seja, ele permanece na memória de longo prazo para ser acionado assim que requerido, para assim interagir com novas informações. O contrário ocorre no método de aquisição de informações, no qual o estudante repete ou decora o conteúdo abordado, de forma que, com o passar do tempo, se essa informação não for utilizada, ela é, então, esquecida. “O que aprendemos como dado tende a ser esquecido facilmente assim que deixamos de revisar ou praticar” (POZO; CRESPO, 2009, p. 84).

Ainda, segundo Pozo e Crespo (2009), para aquilo que compreendemos de maneira bem diferente o esquecimento ocorre de forma gradual e com o passar do tempo, quer dizer, não é repentino, nem tão total quanto na aprendizagem de dados. Ressaltam também que, para que um aprendiz compreenda, convém que tenha uma atitude favorável à compreensão, isto é, será mais provável que ocorra o aprendizado se o estudante for impulsionado por uma motivação intrínseca, ou o desejo de aprender, do que uma motivação extrínseca, ou a busca por recompensas. “Compreender algo requer maior envolvimento pessoal, maior compromisso com o aprendizado, do que seguir cegamente alguns passos marcados obedecendo ao mandato de algumas instruções” (POZO; CRESPO, 2009, p. 86). Foi exatamente realizado nessa sequência didática, já que os estudantes tinham toda a liberdade

de produzir, tanto nas imagens estáticas da cartolina como nos recursos audiovisuais, as representações que mais descrevessem seus modelos.

Em seguida, o grupo desta entrevista retomou que o que há entre as partículas são espaços vazios.

Professora: *Tá. Mas, fora essa interação, seria um espaço vazio?*

NT: *É, pra mim sim.*

NY: *Pra mim sim.*

Professora: *Tudo bem. E daí? Aqui é a mesma coisa? Vocês fizeram o sal derretendo e aqui seria a mesma coisa que aqui?* (indicando o que existiria entre as partículas)

NT/NY: *É*

Professora: *E entre as partículas seria?*

NY: *Um espaço vazio.*

Entre os grupos que apresentaram imagens em suas cartolinas que consideramos com interpretações dúbias, ficou claro que a maioria, cinco entre os seis, quis demonstrar o macro com a inserção do submicro, fato esse que pode ter ocorrido devido ao macro e o sensorial fazerem mais sentido para eles, ou seja, é o mais comum e evidente aos seus conceitos. Ou, como dito em uma das entrevistas, eles utilizaram o macro fundamentado no início da sequência didática, que foi a execução do experimento de ponto de fusão e ebulição, como pode ser observado nas falas abaixo.

Professora: *Então, esse negócio da água que vocês fizeram azul, seria como se tivesse representando aquilo que você está vendo? Seria isso?*

NS: *É*

WL: *Tipo, igual o experimento do laboratório. E esse desenho seria o béquer com a água.*

NS: *Isso, e o verde as moléculas representando as moléculas de água.*

Outra categorização que surgiu nas análises das cartolinas foi em relação ao distanciamento, à interação entre as partículas e à 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 permite inferir que eles têm ciência da movimentação das partículas nos diferentes estados físicos, porém, em relação à interação intermolecular, ela aparece presente no discurso de dois grupos. Sobre a quantidade de energia vinculada às mudanças de estado físico, dois grupos ressaltam este fator. Não há possibilidade de 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 não significa que não pensem nesse aspecto, porém, é importante ressaltar que, durante as explicações de seus modelos, não houve o

surgimento de tais fatores. O que foi percebido durante essa fase é que, para os estudantes, o distanciamento entre as partículas é a justificativa pelos diferentes estados físicos da matéria, pois não levam em conta fatores intrínsecos para tal explicação. Ou seja, 69% dos alunos ressaltaram somente o distanciamento, não vinculando nenhum outro fator sobre o comportamento de seus modelos, porém, 15% indicaram, além do distanciamento, o fator energia participante no processo, outros 8% ressaltaram a interação entre as moléculas além do distanciamento e, por fim, 8% conseguiram interagir distanciamento, energia e interação em suas explicações, conforme indicado na Figura 9.

Figura 9 - Classificação das imagens produzidas nas cartolinas acerca do distanciamento, interação e energia

No trabalho de Ayres (2011) há a indicação dos movimentos das partículas por parte dos estudantes, porém, eles não explicaram o motivo ou afirmaram não saber explicar. Segundo a autora, isso pode ser interpretado como uma dificuldade de pensar sobre o dinamismo no modo particulado.

Diferentemente do trabalho de Ayres (2011), durante as entrevistas não houve o 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 aos seus modelos, solicitando 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 estar tão presente 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 a dilatação dos líquidos e gases. Ainda segundo autor, comumente se presume que os alunos já têm essa visão atomista científica, o que, na maioria das vezes, não é verdadeiro.

A consequência de não se discutirem os modelos alternativos dos alunos na sala de aula é que os alunos ‘aprendem’ modelos mais sofisticados para a matéria, mas não são capazes de estabelecer relações entre as propriedades de sólidos, líquidos e gases e a organização, distância, força de interação e movimento das partículas por meio de um modelo atomista elementar (MORTIMER, 1995, p. 24).

Um exemplo disso, nesta fase da sequência didática, foi o fato de os grupos que representaram as moléculas de água nos diferentes estados físicos não terem levado em consideração que, no estado sólido, suas partículas ficam mais distantes que no estado líquido, tornando o sólido, portanto, menos denso que o líquido. Eles demonstraram dificuldades em relacionar características de um modelo atomista com as propriedades dos materiais.

Outra hipótese para o não surgimento desses termos é a não familiarização com a linguagem científica, pois pode haver certa dificuldade para a interpretação das ideias e a utilização dos termos corretos num determinado contexto, pois, às vezes, o estudante até entende o processo, mas não consegue articular as palavras coerentes para tais explicações. Há de salientar que a linguagem científica, segundo alguns autores (OLIVEIRA et al., 2009; VILLANI; NASCIMENTO, 2003), o aprendizado está vinculado ao discurso científico, portanto, 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 tem suas particularidades. Ela desenvolve o pensamento científico e, quanto mais complexo se torna ou mais situações problematizadoras estão em torno do pensamento científico, maior será o domínio da linguagem, isto é, uma forma enriquecedora da construção do conhecimento. Ainda segundo os mesmos autores, muitas das dificuldades com a linguagem científica se devem, geralmente, ao fato de ser muito diferente da linguagem cotidiana, com o emprego de termos difíceis e não usuais, o que a torna complexa e incompreensível para os estudantes. Ainda, com o aumento do conhecimento científico houve o aumento na terminologia das Ciências e, conseqüentemente, o problema da aprendizagem da linguagem. “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 o conhecimento científico não fazem parte do cotidiano do estudante, portanto, sendo mais difícil sua apropriação, pois aquilo que é mais comum para ele mais facilmente é aceito.

5.2 ANÁLISES DOS RECURSOS AUDIOVISUAIS

Consideramos recurso audiovisual, neste trabalho, qualquer material no qual são utilizadas imagens estáticas ou dinâmicas com ou sem som. É outra forma de os estudantes exporem seus modelos, com possibilidade de utilização mais dinâmica e com maior gama de recursos, diferentemente das imagens produzidas em cartolina. “Os recursos audiovisuais permitem realizar estudos de universos intergalácticos e, da mesma forma, penetrar em realidades de dimensões microscópicas” (ARROIO; GIORDAN, 2006, p. 7).

Foram produzidos 11 recursos audiovisuais, pois dois grupos abandonaram o projeto nessa fase, com a justificativa de que precisavam estudar para as provas do 4º bimestre, já que necessitavam de nota para não ficarem em recuperação. Como nossos encontros ocorriam no período fora das aulas do colégio, eles queriam se dedicar aos estudos. Dentre as 11 produções, 10 representaram a água na mudança de estado físico, tendo alguns grupos indicado a fusão e a ebulição, outros somente a ebulição. A escolha da substância água se deu, segundo os grupos, pela maior facilidade de representação e explicação, porém, isso pode ter acontecido pelo fato de a água ser algo que faz parte da realidade dos estudantes. Também, muitas vezes, o próprio professor, tende a utilizar a substância água em suas explicações. Por exemplo, exatamente quando o tema é mudança de estado físico, a água é sempre relatada, tanto pelo professor como nos livros didáticos.

A análise utilizada nesta fase da sequência didática foi a mesma da análise anterior, pois achamos interessante manter o mesmo processo para observar se há mudança das ideias dos estudantes. A primeira categorização realizada foi embasada nos níveis representacionais em que o conhecimento químico pode ser expresso, sendo eles o macroscópico, o submicroscópico e o simbólico. Novamente, a partir das imagens produzidas, pelas entrevistas realizadas com os grupos e seguindo a coerência das categorizações das cartolinas, emergiram as seguintes classificações: macrossubmicroscópica, macrossubmicrosimbólica e submicroscópica. Houve uma diferença em relação às primeiras imagens, no caso as produzidas em cartolina, pois nessa fase do processo não surgiu a categoria macrossimbólica. No entanto, nesta análise apresentou uma que não havia sido mencionada nas categorizações anteriores, a submicroscópica isoladamente, ou seja, não ancorada em outro nível de representação. Na Tabela 3 estão indicadas as diferentes classificações que emergiram nas

produções audiovisuais e, para isso, foram selecionados alguns *frames* do produto audiovisual para ilustração.

Tabela 3 - Taxonomia para a categorização das imagens produzidas nos recursos audiovisuais

Categorias	Descrição	Exemplo
Macrossubmicroscópica 82%	<p>Representação que indica os aspectos macroscópico e submicroscópico.</p> <p>Na imagem há a presença do béquer com água no estado líquido (macro) e as representações submicroscópicas da molécula de água.</p>
Macrossubmicrossimbólica 9%	<p>Representação que indica os aspectos macroscópicos, submicroscópico e simbólico.</p> <p>Na imagem há um copo com água líquida (macro), a molécula de H₂O (submicro) e a fórmula molecular da mesma (simbólico).</p>
Submicroscópica 9%	<p>Especificamente este grupo produziu um vídeo que indicava somente os aspectos submicroscópicos nos diferentes estados físicos.</p>

A maior parte das imagens produzidas, 82%, se enquadra no macrossubmicroscópico; já no nível macrossubmicrosimbólico, 9%, assim como também no nível submicroscópico, conforme indicado na Figura 10. É evidente o crescimento nas representações macrossubmicroscópicas, pois, na fase anterior, na cartolina, elas representaram 46% e agora, 82%, observando a migração do macrossubmicrosimbólico que antes foi de 46%, agora indica 9%. Apesar de a literatura indicar que os estudantes devem transitar nas diferentes dimensões do conhecimento químico, observa-se, aqui, que grande parte se apoia nas dimensões macroscópica e submicroscópica, não evocando a simbólica. Porém, não vemos isso como algo ruim, neste caso, pois foi percebida maior segurança dos estudantes na representação submicroscópica, não precisando recorrer ao simbólico para se apropriarem de suas produções. Identificamos, neste trabalho, que a maior dificuldade ocorre na representação submicroscópica, sendo a macroscópica hierarquicamente a mais acessível, seguida da simbólica, para assim o entendimento das representações submicroscópicas. Isso remete ao triângulo de Johstone (2000), o qual indica que a base do triângulo é formada pelas representações submicroscópicas e simbólicas, enquanto outro vértice indica o macroscópico, sendo, portanto, neste vértice que ocorre o início do processo de integração dos níveis de conhecimento, deixando, então, a base do triângulo com as representações mais abstratas, portanto, as que requerem maior conhecimento científico.

Figura 10 - Classificação das imagens produzidas nos recursos audiovisuais acerca dos níveis de representação

Para Johnstone (2000), a maioria das coisas que encontramos no mundo e sobre a qual formamos muitos dos nossos conceitos é advinda do macro e, geralmente, procuramos padrões e regularidades para formar os conceitos, mas, na Química, tal método se torna complexo. Para o autor, a química, para ser compreendida, tem que se mover para o submicro, em que o comportamento da substância é interpretado por meio do invisível e registrado em alguma linguagem de representação. Ainda indica que esse fato é um forte exercício intelectual para o professor, porém, uma fraqueza quando tentamos passar esses conceitos e forma de raciocínio aos nossos estudantes.

Segundo Johnstone (1991), os mais envolvidos em Química, como os professores, até conseguem transitar nos diferentes níveis do conhecimento, porém, os estudantes, novatos em Química, tendem a utilizar, preferencialmente, o nível macro e relutam para trabalhar com os outros níveis. Infelizmente, a maioria do ensino de Química é focalizada no par submicro-simbólico e isso raramente ajuda os alunos a construir conexões entre os três níveis (TALANQUER, 2011). Este fato foi observado também no trabalho de Kiill (2009), em que, nas imagens dos livros didáticos analisados, a representação que prevaleceu foi a macroscópica, seguida da simbólica, ou seja, corroborando a observação de Talanquer (2011).

Fato relevante encontrado nesta fase foi o uso, exclusivamente por parte de um grupo, que utilizou um único tipo de representação na produção audiovisual, a submicroscópica, o que permite inferir que esse grupo sentiu-se à vontade para a produção da representação submicro sem o apoio da macroscópica, diferenciando-se de todos os outros grupos.

Em relação à descontinuidade da matéria, seguindo o mesmo critério de análise das imagens das cartolinas, dois grupos apresentaram indicações de descontinuidade, ou seja, representação particulada da matéria, porém, com um fundo azul. Esses grupos fizeram parte dos que foram submetidos a uma reentrevista pós-sequência didática, devido à interpretação ambígua da imagem produzida na cartolina, conforme já relatado anteriormente. Na entrevista ficou evidenciado que eles acreditam que a matéria é descontínua e que entre as partículas há espaço vazio. Mas, o único grupo que, na entrevista, indicou continuidade da matéria, curiosamente, nas imagens do recurso audiovisual não apontou tal indício. Porém, como, na entrevista, o grupo apontou a presença de algo entre as moléculas de água, portanto, ideia de continuidade, ele foi classificado como a aceitação da matéria contínua, indicando a existência de 8% na Figura 11, mantendo-se, assim, a mesma quantidade que a atividade anterior.

Figura 11 - Classificação das imagens produzidas nos recursos audiovisuais acerca da descontinuidade da matéria

Apontamos com esse fato a importância de diferentes modos de apresentação dos modelos, a multimodalidade, pois, se estivéssemos somente nos baseando no recurso audiovisual, não encontraríamos a falha conceitual desse grupo, já que somente nas imagens feitas na cartolina emergiram indícios da ideia de continuidade da matéria. Assim, como apontado por Moreno e Mayer (2007), observa-se a importância da utilização da multimodalidade no processo de aprendizagem, pois a união da comunicação verbal/não verbal, juntamente com os diferentes meios de apresentação contextual, faz com que haja melhor entendimento conceitual.

Beltran (2007) utilizou a produção de uma animação sobre o processo de fusão ou dissolução de uma substância em seu trabalho e indicou que, com essa atividade, foi possível perceber algumas concepções alternativas que nunca percebera antes. Ou seja, muitas vezes, utilizamos sempre o mesmo processo de avaliação, sem sequer perceber que existem no estudante concepções não tão coerentes quanto imaginamos e ‘enxergamos’. Logo, quanto mais meios de abordagens de expressão, melhores serão a interpretação e o entendimento.

Outra categoria abordada, seguindo o mesmo raciocínio das análises das imagens da cartolina, foi em relação ao distanciamento entre as partículas, a energia envolvida no processo de mudança de estado físico e a interação intermolecular da matéria. Uma observação relevante nessa categorização encontrada anteriormente, nas imagens da cartolina, foi a de que grande parte dos estudantes só relacionou o distanciamento das partículas nos

diferentes estados físicos. Esse fato foi alterado nessa fase da sequência didática, já que somente 18% dos grupos citaram somente o fator distanciamento, contra 69% da fase anterior. Isso indica maior engajamento e, conseqüentemente, maior entendimento do contexto abordado, independentemente de isso ter sido indicado nas imagens do recurso audiovisual ou no discurso dos estudantes durante as entrevistas.

Na produção do audiovisual os estudantes têm autonomia, o que, segundo Moreno e Mayer (2007), corresponde a um ambiente interativo de aprendizagem multimodal, pois as ações dos estudantes estão integradas no material utilizado nesse processo. Apesar de estes autores relatarem a autonomia na manipulação do uso de uma animação ou simulação, em que o estudante pode pausar, rever, controlar e até dialogar, recebendo algum *feedback* da respectiva mídia, observou-se, neste trabalho, um processo também de autonomia, tendo o audiovisual aqui sido criado pelo próprio estudante, que ainda pôde escolher o conteúdo abordado e a forma que este seria exposto. Ainda, segundo os mesmos autores, apesar de ambientes interativos promoverem a atividade comportamental, o verdadeiro aprendizado depende da atividade cognitiva, em que o estudante seleciona as informações relevantes a partir de uma lição, por exemplo, o organiza em uma estrutura coerente e o integra ao novo conhecimento com o conhecimento existente. Outro fato considerável, também apontado no trabalho de Moreno e Mayer (2007), é que, nesse processo, a motivação foi muito importante, pois a produção de um material audiovisual não faz parte dos métodos de aprendizagem geralmente utilizados nesse colégio. Portanto, trabalhar de forma diferente, com materiais que se aproximem da vida dos estudantes, provavelmente, gerou maior motivação e empenho, fatores essenciais no processo de ensino.

Houve uma melhora significativa no discurso dos estudantes durante as entrevistas, fato observado nos conceitos de distanciamento/interação/energia indicado na Figura 12, em que a maior parte dos grupos, 46%, indicou, em suas representações, o distanciamento entre as partículas, as forças intermoleculares envolvidas no processo, como também o aumento de energia envolvido na mudança de estado físico. Esses indícios permitem inferir que houve um melhor entendimento dos conceitos e fenômenos, possivelmente depois das discussões na exposição de algumas imagens produzidas nas cartolinas, instigando os grupos a buscarem melhores explicações e representações para seus modelos, já que seriam responsáveis pela produção de um novo material.

Imprescindível esclarecer que a professora não fez explicações diretas durante a discussão, mas buscou, por meio das falas dos estudantes e em suas explicações dos modelos,

polemizar alguns erros conceituais produzidos por eles e questioná-los sobre aspectos importantes da propriedade da matéria. Isso fez com que os estudantes fossem provocados e desafiados a propor novos modelos que se encaixassem nos parâmetros abordados na discussão. Para Francisco Junior, Ferreira e Hartwig (2008), a educação deve ser concebida por um processo incessante, inquieto e em uma permanente busca ao conhecimento, e isso pode ser realizado pela problematização, seja por meio de experimentos, investigação ou discussão. Segundo esses autores, na pedagogia problematizadora, o professor deve fomentar, nos estudantes, a criticidade, a curiosidade e a não aceitação do conhecimento simplesmente transferido.

O professor organiza a discussão não para fornecer explicações prontas, mas almejando o questionamento das posições assumidas pelos estudantes, fazendo-os refletir sobre explicações contraditórias e possíveis limitações do conhecimento por eles expressado, quando comparado ao conhecimento científico necessário à interpretação do fenômeno e do qual o professor deve ter o domínio. Nesse momento, o aluno deve ter o distanciamento crítico de suas interpretações da(s) situação(ões) proposta(s), reconhecendo a necessidade de novos conhecimentos com os quais possa interpretar a situação mais adequadamente (FRANCISCO JUNIOR; FERREIRA; HARTWIG, 2008, p. 35).

Referimo-nos a um melhor discurso ou indicação nas suas representações, quando o estudante recorre, em suas explanações sobre as mudanças de estado físico, as explicações segundo o modelo atomista, em que os materiais são compostos por partículas que têm movimento intrínseco associado à sua energia cinética e que se organizam de formas diferentes em cada estado físico. São elas:

- sólidos: estão arranjados de forma ordenada, devido à forte interação entre as partículas que permanecem fixas, apenas com o movimento de vibração;
- líquidos: as partículas estão aglomeradas, porém desorganizadas, devido a menor interação entre as partículas. No entanto, esses aglomerados apresentam, além da vibração, rotação e translação;
- gasoso: a interação entre as partículas é mínima, deixando-as desorganizadas e não formando aglomerado. Essas partículas individuais apresentam, além do movimento de vibração, rotação e translação.

Tendo como base essas informações, o estudante poderia discursar sobre suas representações fazendo a interação de todos esses dados e, conforme já indicado, 10 dos 11 grupos utilizaram a molécula de água em suas produções. Portanto, esperava-se que, além dos

fatores citados, os estudantes explanassem mais informações sobre a interação molecular nas diferentes formas físicas da água.

Figura 12 - Classificação das imagens produzidas nos recursos audiovisuais acerca do distanciamento, interação e energia

Apesar de outra grande parte, 27%, indicar, em suas representações/discurso, somente o distanciamento e a interação, percebe-se que os conceitos sobre forças intermoleculares foram muito presentes, isto é, se considerarmos somente as observações sobre interações, elas estiveram presentes em 82% das representações (27% distanciamento e interação mais 55% distanciamento, interação e energia), contra 16% da atividade anterior. Isso indica uma melhor apropriação do conteúdo, mesmo que em alguns casos, durante a entrevista, ficaram evidenciadas algumas dúvidas ou confusões em relação às propriedades e aos termos utilizados, mas é indiscutível a melhora na linguagem científica.

LS: Então, primeiramente, isso aqui é um béquer com água, essas são as moléculas e elas são posicionadas como se... No estado líquido, as bolinhas vermelhas estão voltadas para as amarelas, então, os hidrogênios voltados para os oxigênios. Começa o contato com o fogo e, a todo o momento, elas vão se movimentando e chega num determinado ponto que elas começam a entrar em ebulição, que é mais ou menos 97 °C. Quando essas moléculas começam a entrar em ebulição, elas saem do estado líquido e vão para o gasoso e a posição delas é totalmente variada, porque elas não têm ligação intermolecular. Por isso, no estado líquido elas estão voltadas as vermelhas para as amarelas, que são os hidrogênios voltados para o oxigênio e aqui, no gasoso, não tem uma ordem bem determinada.

Na explicação do audiovisual deste grupo, vê-se a indicação das posições das moléculas de água em relação à sua interação intermolecular, fato não realizado anteriormente por esses estudantes. Mesmo não utilizando termos mais específicos, como ligação de hidrogênio, para referenciar a interação, há um melhor entendimento em relação às posições das moléculas. Outro fato relevante é que, além de indicarem o distanciamento das partículas

nos diferentes estados físicos, como também a citação do seu movimento contínuo, há a evocação da energia no sistema, ou seja, um discurso simples, porém, mais elaborado e caminhando para uma melhor linguagem científica.

Em relação à utilização mais assídua da relação dos termos interação, energia e distanciamento, 55%, nesta fase da sequência didática, contra 8% da anterior, nos levou a inferir que os estudantes tenham se apropriado mais e melhor dos conceitos inerentes às mudanças de estados físicos da matéria.

Mortimer (2011) aponta que aspectos como movimento e interação entre partículas, geralmente, não são representados nos modelos ou citados nas explicações dos estudantes, fato este não evidenciado nessa fase da sequência didática. Como já indicado, o discurso sobre interação molecular é muito ressaltado nas explicações dos estudantes, porém, com a falta de termos mais científicos em seus discursos. Mortimer (2011, p. 94) ainda destaca que “quando os estudantes representam espaços intermoleculares, eles tendem superestimar a distância entre as partículas de um líquido em relação ao sólido e/ou a subestimar a distância entre as partículas do gás em relação ao líquido”. Os dados obtidos corroboram, em parte, o que foi constatado pelo autor, já que, encontramos, nos discursos e nas representações dos estudantes, a valorização dos distanciamentos das partículas nos diferentes estados físicos, tanto na fase de produção das imagens nas cartolinas como também nas representações do audiovisual. Porém, não houve a desconsideração da distância entre as partículas do gás em relação ao líquido, conforme indicado no trabalho de Mortimer (2011).

Um fato importante que deve ser acentuado na produção do audiovisual foi que alguns grupos gostariam de ir além do que produziram, porém, encontraram dificuldades na manipulação do programa escolhido pelo grupo.

Professora: *A posição das moléculas foi aleatória?*

LZ: *Aleatório, porque era muito pequeno, daí não dava para fazer elas organizadas, certinhas, do jeito que a gente queria.*

Professora: *Mas que coisa que você falou que não dava para fazer?*

LZ: *Porque aqui, se diminuísse, a gente não conseguia movimentar ela direito.*

Professora: *Mas o que você queria fazer que não deu?*

LZ: *Colocar mais moléculas e deixar um pouco mais organizadas.*

Professora: *E organizadas seria como?*

LZ: *Por exemplo, no estado sólido, esse hidrogênio, ele vai ficar meio junto com esse oxigênio e assim formando o gelo.*

Professora: *E no estado líquido teria essa...*

LZ: *Tem essa força, só que ela é bem menor, aí ela fica meio espalhada. Daí, a temperatura ambiente, a gente aquece e, quando você aquecer, essa força vai diminuir mais ainda, a água vai se tornando vapor e as moléculas vão subindo. A gente queria fazer o sólido passando para o líquido, mas a gente não conseguiu montar, porque a gente queria fazer as moléculas organizadas e a gente não conseguiu por causa do programa.*

Este grupo indica que as forças intermoleculares são muito fracas no estado gasoso, devido ao aumento da energia fornecida ao sistema, deixando suas partículas distantes, porém, importante salientar que no ensino médio há discussões de se aceitar que para esse nível de ensino os alunos mencionem a não existência dessas forças, portanto, neste trabalho, contemplamos os dois apontamentos como corretos.

Novamente ressalta-se a importância das diferentes formas de apresentação das ideias, a multimodalidade, pois sem o discurso do grupo não saberíamos todos os conceitos apresentados por eles, principalmente que em suas representações no audiovisual não havia a evocação das interações moleculares nos diferentes estados físicos. Outro fato importante apontado, não só por esse grupo, foi a dificuldade no manuseio do programa para a produção do audiovisual. Poderíamos, então, indicar que fosse viável que o professor apresentasse aos estudantes algumas opções de programas, para que eles pudessem escolher e, assim, produzirem suas representações. Porém, o objetivo era que eles tivessem o livre arbítrio e autonomia em seus trabalhos, como destacam Moreno e Mayer (2007) citando que um ambiente interativo multimodal é aquele em que o que acontece depende das ações dos alunos e, ainda, que, para que se suceda uma aprendizagem significativa, deve-se, além da autonomia dos estudantes, acontecer o que os autores chamam de comunicação multirecional, ou seja, a comunicação não ocorre em uma única direção, como da forma tradicional do professor para com os alunos, o que requer que o educador modifique seu papel de mero narrador e privilegie o diálogo como método. Entendemos a comunicação multidirecional como comunicações integradas, seja do aluno com o professor, de alunos com alunos (grupos) ou do professor com o aluno.

Outro fator importante indicado pelos autores é a motivação, e deixar o aluno livre para as suas escolhas motivaria e daria mais autonomia que algo imposto pelo professor. Nesse contexto, Moreno e Mayer (2007) indicam que a teoria cognitivo-afetiva de aprender com a mídia (*the cognitive-affective theory of learning with media* – CATLM) favorece uma aprendizagem significativa, pois, além de os alunos participarem do processo da construção do conhecimento, esse ambiente interativo multimodal pode fomentar maior motivação entre os estudantes.

Um fato digno de nota foi que, durante algumas entrevistas pós-produção dos recursos audiovisuais, foi possível perceber o quanto o método de perturbação, em que, a partir das falhas dos modelos expressos dos estudantes, houve questionamento em relação ao comportamento do material representado percebeu-se a construção do conhecimento por parte do estudante, já que em nenhum momento houve a inserção de respostas prontas e dadas pelo professor.

AM: *Nos nossos desenhos, a gente fez no sólido, elas estão bem grudadinhas, então, o espaço é menor. No líquido elas vão estar meio... soltinhas e no gasoso elas vão estar uma aqui e outra ali.*

LS: *É, dispersa bastante.*

Professora: *Tá. Então eu posso falar, em relação ao pensamento de vocês, que aqui no sólido é menor o volume?*

AM: *Isso*

LS: *Sim*

Professora: *Então, com o volume e a massa a gente acha a densidade, massa sobre volume, certo? (indicando a fórmula da densidade) A gente está considerando que a massa é a mesma, tá? Então, eu vou falar do sólido e do líquido, por exemplo. Vamos falar uma massa tipo 10 g e o volume do sólido é menor, não é?*

AM: *Hum, hum*

Professora: *Então vamos pegar um volume tipo 2, daí a densidade deu 5. Agora vamos falar do líquido. A massa é a mesma e o volume vai ser...*

AM: *3*

Professora: *Isso, maior. Mas vamos colocar 5 só pra dar um número “redondo”, tá? Deu 2. Então, o gelo é mais denso. Se a gente jogar o gelo na água e ele sendo mais denso, o que tinha que acontecer visualmente?*

LS: *Se ele é mais denso, acho que afundaria.*

Professora: *Isso, mais denso afundaria, só que?*

AM: *Acontece que ele flutua!*

LS: *Sim, nossa!*

AM: *Que louco!*

Professora: *Então, o modelo de vocês...*

AM: *Tá meio incorreto, né?*

O fato de o estudante perceber a falha em seu modelo, após a perturbação do gelo flutuar, isto é, ser menos denso que a água líquida, levou-o à reformulação do modelo, fazendo-o repensar sobre os dados empíricos e encontrar uma nova explicação para tal fato, sendo questionado pela professora por meio do próprio discurso.

Professora: *Mas você estava falando que tem a ver com a posição. O que você acha que acontece com essa posição no sólido para ela ocupar maior volume?*

LS: *Acho que quando ela fica mais junta, ela precisa de mais espaço, porque, por exemplo, no gasoso, está espalhada, no líquido, mais ou menos e no sólido ela precisa estar mais junta. Então, isso ocupa mais espaço.*

AM: *Porque assim também, no sólido... O oxigênio vai ter que estar ligado com o hidrogênio, não vai poder estar ligado com outro oxigênio (indicando a ponte de hidrogênio entre as moléculas). Logo, ele, aqui, vai ter que se ligar aqui (indicando a interação intermolecular do oxigênio de uma molécula com o hidrogênio de outra). Logo, não caberia outra molécula aqui (indicando o espaço vazio entre uma molécula e outra), ocupando mais espaço. Acho que seja isso.*

Pode-se observar que, a partir dos apontamentos dos próprios estudantes, com o questionamento do professor, houve a reformulação do modelo, sanando a dúvida e chegando mais próximo ao modelo científico. Nessa perspectiva, Mortimer (2011) identifica dois aspectos distintos no processo de ensino e aprendizagem. O primeiro é a aquisição dos conceitos, em que o papel do professor é fundamental, pois ele deve identificar os obstáculos conceituais dos estudantes e, conseqüentemente, transpô-los, discutindo as dificuldades de superação. O segundo aspecto importante no processo é o que o autor denomina de tomada de consciência do aluno e, nesse momento, deve-se levar o estudante a reconhecer o domínio e o contexto em que seus conceitos prévios são aplicáveis, o que não indica que ele deve abandoná-los e, sim, interagi-los com os conceitos apontados e utilizar critérios como coerência, congruência lógica e concordância com dados experimentais para avaliar suas ideias e compará-las com outras, reformulando ou não seu modelo. Mortimer (2011) aponta a importância da aplicação desse novo conceito em diferentes contextos, de preferência frente às diferentes perturbações ou situações problematizadoras, para, assim, adquirir estabilidade conceitual.

Dentre os grupos questionados em relação ao fato de o gelo flutuar, 20% concluíram que isso se deve ao posicionamento das moléculas devido à ponte de hidrogênio, pois ocorre formação de um retículo cristalino com espaços vazios. Esses espaços fazem com que no estado sólido ele tenha maior volume, deixando-o, assim, menos denso que no estado líquido. Outros grupos perceberam algo incorreto em seus modelos, porém, não conseguiram explicar o motivo corretamente. Um dos grupos, por exemplo, percebeu que a flutuação do gelo está diretamente ligada ao volume maior que o estado sólido ocupa, mas não conseguiu associar que isso se deve ao maior distanciamento das partículas, mesmo com as colocações e o direcionamento da professora.

Professora: *Então, qual proposta vocês podem fazer, para o volume do sólido ser maior que a do líquido?*

NT: *O volume do sólido ser maior que do líquido..*

Professora: *O que vocês acham? Tem a ver com a posição das moléculas, como elas estão.*

NT: *Elas teriam que ficar mais longe... Não sei.* (indicando as moléculas)

Professora: *Então, por exemplo, aqui no estado sólido, elas ficam mais juntas, mas, segundo a regra, como uma liga a outra?*

NY: *Esse hidrogênio com esse aqui* (indicando o hidrogênio de uma molécula se ligando ao oxigênio da outra)

Professora: *E depois?*

NY: *Aí vem uma molécula aqui no oxigênio* (indicando ponte de hidrogênio).

Professora: *No oxigênio, né? E mais dois pra cá. E aí, o que vocês acham? Porque aqui estamos fazendo no estado sólido, né?*

NY: *É, então...*

Professora: *E a água líquida ficaria mais ou menos assim. O que vocês acham que pode acontecer?*

NT: *Porque... não sei*

NY: *Também não sei.*

NT: *Eu estou tentando raciocinar, mas não vai.*

Mesmo que as estudantes indiquem que as moléculas teriam que ficar mais distantes no estado sólido e ainda informar as interações intermoleculares corretamente nos diferentes estados físicos, não há o entendimento do maior volume no estado sólido. No trabalho de Mortimer (2011), mesmo os estudantes que atingiram o que o autor define como compensação total mencionaram alguma mudança no modelo, porém, não chegam a traduzir isso em suas imagens. “Car e Den, por exemplo, falam em partículas mais distantes no gelo, mas contraditoriamente não indicam isso no desenho” (MORTIMER, 2011, p. 240). Pode-se inferir, com base nesses dados, como é difícil para os estudantes utilizarem modelos particulados para a explicação de fenômenos. Mortimer (2011) indica que a iniciativa de compensar a perturbação não indica, necessariamente, que o aluno utilizará o modelo atomista para tal fato.

Mortimer (2011) aponta, em seu trabalho, uma síntese das concepções atomistas relacionadas a diversas transformações físicas e químicas, identificando cinco características principais que são:

- I- nem todos utilizam modelos descontínuos para representar as diferentes transformações da matéria;
- II- aqueles que utilizam modelos descontínuos tendem a fazer de maneira muito pessoal, por exemplo, com o uso de ideias animistas e/ou substancialistas;

- III- os alunos dificilmente utilizam outros aspectos do modelo atomista em suas explicações, por exemplo, o movimento intrínseco das partículas ou suas interações;
- IV- os estudantes mostram dificuldades em raciocínios que incluem a conservação da massa;
- V- eles têm dificuldades em transitar entre as observações macroscópicas e as explicações submicroscópicas, ou seja, em fazer relações entre os modelos atomistas e o comportamento da matéria nos diferentes fenômenos.

No entanto, o autor ressalta que pesquisas revelam que as características do pensamento dos estudantes evoluem com a idade e com a instrução, porém, tais falhas conceituais são frequentes mesmo entre os que já estudaram o assunto no ensino regular.

Mesmo com algumas dificuldades apresentadas, no geral, como já informadas, os estudantes obtiveram uma melhora, tanto no modelo submicroscópico como também em seus discursos explicativos.

5.3 ANÁLISE DAS QUESTÕES DO TEXTO INICIAL

A primeira parte da sequência didática foi a leitura de um texto (ANEXO A) sobre como sentimos cheiro, trazendo alguns aspectos científicos, como as forças atrativas entre as partículas estão relacionadas aos diferentes estados físicos, mas também informações mais supérfluas, como a comparação entre a capacidade do ser humano e de um cão de poder sentir cheiros distintos e o quanto o cheiro está também relacionado à memória. Propositamente, o texto fornecia várias informações, porém, nada muito direcionado, para que o estudante pudesse responder a seis perguntas de forma mais subjetiva. Porém, no geral, as respostas foram elaboradas apoiadas nas frases discursivas do texto, o que leva a algumas hipóteses. Uma que nos pareceu mais evidente é que eles não estavam tão familiarizados com os conceitos abordados e um pouco perdidos com as informações inseridas no texto. Outra seria a falta de confiança em impor suas ideias ou pela própria insegurança com a dinâmica da sequência didática, já que foi a primeira atividade realizada.

A única informação passada para os estudantes na aplicação desta fase da sequência didática foi que a de que deveriam responder às questões da forma que quisessem, sem a preocupação de estarem certos ou errados, utilizando a escrita e, se possível, imagens

pictóricas para suas explicações e ideias. Dentre as questões apresentadas, a seguinte foi analisada mais minuciosamente:

Explique por que, à temperatura ambiente, os materiais podem estar em diferentes estados físicos.

A escolha por esta questão em específico se deu por abranger uma grande possibilidade de exploração de linguagem científica em caminhos distintos. Esses contextos também foram abordados nas imagens produzidas anteriormente, seja termodinamicamente, cineticamente ou indicando a influência das interações intermoleculares. Outro fator que nos fez explorar este questionamento é o de que suas respostas levaram para as análises realizadas nas imagens produzidas tanto em cartolinas quanto nos recursos audiovisuais, permitindo ter uma noção de como alguns conceitos e contextos foram, ou não, modificados. Não que as respostas tenham sido guiadas para seguirem o mesmo propósito, mas que, na leitura destas, as palavras indicadas remetiam, muitas vezes, a mesma forma de análise das imagens produzidas.

Mesmo com a análise de uma das questões, foi feito um apanhado geral dos discursos escritos e/ou imagéticos produzidos nos questionários dos estudantes para uma melhor exploração das ideias informadas com o uso de diferentes formas de expressão utilizadas por eles.

A princípio, analisou-se, na questão, o modo como o estudante expôs suas ideias, seja pela escrita, pela imagem ou por ambas, com o objetivo de explorar qual o método mais utilizado nas respostas, já que, posteriormente, eles iriam produzir imagens de substâncias/mistura nos diferentes estados físicos. Para um melhor entendimento, foram inseridos, na Tabela 4, exemplos do que foi indicado como o uso da linguagem escrita e o da linguagem pictórica.

Tabela 4 - Taxonomia acerca da linguagem utilizada nos questionários

Categorias	Exemplo
Linguagem escrita	
Linguagem escrita + pictórica	

Foi classificada resposta, com o uso da imagem + escrita, independente se tivesse sido feita nas dimensões macroscópicas ou submicroscópicas. Nenhum dos 32 alunos respondeu à questão abordada somente com imagens e, conforme indicado na Figura 13, 53% utilizaram somente a escrita, 41% a linguagem escrita/pictórica e 6% não responderam. Importante indicar que em todas as questões sempre houve falta de resposta de alguns estudantes e não somente na analisada.

Figura 13 - Classificação das respostas acerca da linguagem utilizada

Com base nesses dados pode-se inferir que os estudantes não se sentiram à vontade para utilizar somente imagens em suas explicações e, mesmo que tenha sido solicitado que, sempre que possível, utilizassem as imagens, a maior parte utilizou somente a escrita. Percebe-se que a escrita ainda é a forma mais recorrente utilizada por esse grupo de estudantes, já que, para eles, é a linguagem mais familiar e a forma mais fácil de expressão. De acordo com Souza e Arroio (2012), na prática da multimodalidade, *a priori*, os estudantes irão utilizar a aprendizagem oferecida pela escola ao longo de seu processo de escolarização, o que naturalmente fará com que eles informem suas ideias com significados que lhes parecem mais familiares no momento da produção.

Um aspecto fundamental da multimodalidade é que recebe influência da cultura escolar é a expressão explícita da coerência textual e imagética em seus produtos, pois esta coerência é considerada indício fundamental da compreensão multimodal e, como consequência, da aprendizagem sistêmica (SOUZA; ARROIO, 2012, p. 2).

Nessa perspectiva, ressalta-se a agregação da multimodalidade no ensino de Química, pois a apresentação de diferentes formas de expressão do mesmo conteúdo faz com que os estudantes entendam melhor e saibam se explicar de formas diferentes.

Waldrip, Prain e Carolan (2006) ressaltam a importância de os estudantes entenderem a diversidade modal em representações de conceitos e que sejam capazes de traduzir os modos diferentes em outros, como também compreender a utilização coordenada na representação do conhecimento científico, portanto, saber utilizar e compreender as representações múltiplas e multimodais do contexto. Para os autores, múltiplo refere-se à prática de re-representar o mesmo conceito de diferentes formas, incluindo os modos verbais, gráficos e numéricos, e multimodal refere-se ao uso vinculado de diferentes formas para representar o raciocínio científico e descobertas. A lógica que rege esse método de abordagem é que as múltiplas representações podem otimizar as capacidades de aprendizagem dos alunos, porém, a natureza complexa de vários ambientes de representação coloca alguns questionamentos para que processo seja eficaz. Entendemos que o método pode se tornar ineficaz se as formas representativas forem além do entendimento dos estudantes, como também inadequadas para determinado conteúdo, ou seja, a vinculação de diferentes formas de expressão é benéfica e pode potencializar o ensino de Ciências, porém, tem que ser utilizada com coerência e planejamento, para assim atingir maior número de audiência possível.

Souza e Arroio (2012) apontam que, nas aulas de Ciências, a apresentação do conteúdo é inútil se o estudante não consegue decodificar a linguagem que o professor utiliza, portanto, os alunos precisam compreender e empregar a linguagem científica ao relacionar e integrar determinado conceito a outros e uma linguagem a outras. Não se pode ignorar que, mesmo trabalhando de forma coerente a multimodalidade, há de existir alunos que se identifiquem melhor com uma forma de linguagem do que em outras. Não se pode desconsiderar a subjetividade do indivíduo, porém, é de suma importância que ele saiba desenvolver essas diferentes linguagens no ensino de Ciências. Geralmente, o ensino tradicional valoriza mais a escrita e exige que o estudante tenha um raciocínio lógico e conteudista, ignorando a forma como o professor expõe e trabalha os conceitos. Para Moran (2007), a forma como o conteúdo é fornecido em sala de aula é totalmente contraditório ao que vivemos na sociedade, pois, com o avanço tecnológico, as mídias estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano, utilizando linguagens sedutoras e impactantes, enquanto a escola, no geral, trabalha de forma monótona e sem alguma atração pessoal para o estudante.

“Nós mesmos, como educadores e telespectadores, sentimos na pele a esquizofrenia das visões contraditórias do mundo e das narrativas (formas de contar) tão diferentes dos meios de comunicação e da escola” (MORAN, 2007, p. 162). Evidentemente, os meios de comunicação desenvolvem estratégias de sedução e, para um professor competir com todo esse material, utilizando poucas linguagens/métodos de explorar o conteúdo em suas aulas fica contraditório e injusto. Para Moran (2007), a escola necessita observar o que acontece nos meios de comunicação e integrá-los na sala de aula, para discutir com os estudantes os aspectos positivos e negativos das abordagens sobre cada conceito.

É fundamental que a criança aprenda a equilibrar o concreto e o abstrato, a passar da espacialidade e da contiguidade visual para o raciocínio sequencial da lógica falada e escrita. Não se trata de opor os meios de comunicação às técnicas convencionais de educação, mas de integrá-los, de aproximá-los para que a educação seja um processo completo, rico, estimulante (MORAN, 2007, p. 163).

Segundo Souza e Arroio (2012), a linguagem natural da Ciência é uma junção de palavras, figuras, gráficos, equações, unidades de medida, tabelas e outras formas de expressão visual e matemática, que necessitam se integrar a outros conhecimentos dos alunos e caso não haja, isso deve ser construído. “Desta forma, o aprendizado em ciências pode ser entendido como aquisição de práticas e ferramentas culturais que possibilitam a participação

em formas de atividades humanas específicas e especializadas” (SOUZA; ARROIO, 2012, p. 4).

Moran (2007) aponta que a relação dos meios de comunicação com a escola pode ser pensada em três níveis que são:

- nível organizacional: uma escola mais participativa, menos centralizadora e autoritária, e cada indivíduo deve ser participativo e colaborador no processo de ensino e aprendizagem;
- nível de conteúdo: uma escola que aborde mais a vida, as dificuldades encontradas pelos adolescentes e sua preparação para o futuro. É significativo buscar nos meios de comunicação abordagens do cotidiano e integrá-las com critério na sala de aula;
- nível comunicacional: compreender e incorporar todas as linguagens e técnicas utilizadas pelo homem contemporâneo, valorizando as linguagens audiovisuais com as convencionais, porém, de forma cautelosa para que todas as ferramentas façam sentido de ser utilizadas.

Outra análise que foi feita na pergunta escolhida foi em relação ao nível de representação, portanto, macroscópico, submicroscópico e simbólico. Levou-se em consideração a resposta dada independente do tipo linguagem utilizada, escrita ou pictórica, pois a forma de expressar indica o pensamento e as ideias dos estudantes, sem depender de qual é utilizada. Por exemplo, quando o aluno responde que a forma física de uma substância depende da força de atração entre as partículas, ele está abordando a questão com pensamento submicroscópico, pois insere informações do nível submicro, citando a força das interações intermoleculares. Nessa mesma perspectiva, pode ser traduzido por meio das imagens produzidas, por exemplo, se ele esquematizar os diferentes estados físicos com “bolinhas” e com espaçamentos distintos, simbolizando o sólido, o líquido e o gasoso, assim, suas ideias e concepções abordam de forma submicroscópica a questão. Há possibilidade do uso de mais de um nível de representação, por exemplo, com explicações macroscópicas e submicroscópicas, o que se caracteriza como macrossubmicroscópica. Na Tabela 5 pode-se observar o surgimento das dimensões representacionais produzidas na questão.

Tabela 5 - Taxonomia para a categorização das respostas da questão

Categorias	Descrição	Exemplo
Macroscópica	Representação que indica os aspectos macroscópicos	<p>Os materiais podem estar no estado sólido, líquido ou gasoso, e dependendo do estado o comportamento pode ser alterado, por exemplo: O cheiro de um brigadeiro é um e de um brigadeiro queimado é outro.</p>
Submicroscópica	Representação que indica o aspecto submicroscópico	<p>1- As moléculas de determinadas substâncias formadas por um conjunto de átomos, pois cada substância tem um ponto de solidificação e vaporização diferente causado pela distância entre as moléculas.</p> <p>Líquido → Gás → Sólido</p>
Macrossubmicroscópica	Representação que indica os aspectos macroscópicos e submicroscópicos	<p>Cada material tem seu diferente ponto de ebulição e fusão, ou seja a água por exemplo 100° e 0°.</p> <p>Sólido: partículas juntas, menor movimento.</p> <p>Líquido: partículas mais separadas, maior movimento.</p> <p>Gás: partículas muito separadas e com muito movimento.</p>
Macrossimbólica	Representação que indica os aspectos macroscópicos e simbólicos.	<p>1) Por exemplo H_2O quando a T° é menor que zero a forma da água muda de T° para T°.</p> <p>Água → Gelo</p>

Importante destacar que essas respostas e classificações foram feitas com base em uma das perguntas, podendo, em outra questão, emergir diferentes representações. Porém, para se ter ideia, nos baseamos na questão que mais explorava respostas com diferentes perspectivas.

Nessa categorização, não se diferenciou a explicação que utilizou a linguagem escrita da que usou imagens porque são formas diferentes de expressar as ideias, ou seja, cada estudante indica suas respostas da forma que lhe convier e fizer sentido, porém, o que quer ser dito pode ser interpretado e entendido independente da forma utilizada. Para Waldrup, Prain e Carolan (2006), na construção de uma representação nas Ciências, os estudantes também

estão envolvidos na interpretação de sua própria construção, na sua coerência e adequação em representar as suas intenções e ideias, de forma que faça sentido para os outros, como também o seu ajuste, se necessário, com as convenções apropriadas para este tipo de representação na Ciência.

A representação mais utilizada nas explicações dos estudantes na questão analisada foi o nível macroscópico, com 38%, seguido de explanações macrossubmicroscópicas, com 31%, conforme indicado na Figura 14.

Figura 14 - Classificação das respostas acerca dos níveis de representação

Nas questões respondidas com ideias macroscópicas não houve, em nenhum texto, inserção de imagens, portanto, só houve a utilização da linguagem escrita, diferentemente das explanações com ideias macrossubmicroscópicas e submicroscópicas, que mais da metade inseriu imagens. Dessa forma, aqueles que vincularam, de alguma forma, em suas explicações as representações submicroscópicas preocuparam-se em inserir alguma linguagem pictórica, utilizando, assim, diferentes formas de expressão (escrita/imagem) no mesmo contexto. Também se percebeu que, no geral, estes abordavam mais informações em suas explanações.

Como a questão analisada falava sobre os diferentes estados físicos à temperatura ambiente, nada mais adequado que fosse analisada também a abordagem sobre o distanciamento entre as partículas, a interação e a energia envolvida no processo de mudança de estado físico, seja no discurso escrito ou nas imagens pictóricas produzidas que poderiam denotar tais informações. As respostas que emergiram da questão produziram uma categorização um pouco diferente das imagens produzidas na cartolina e nos recursos audiovisuais, conforme se observa na Tabela 6.

Tabela 6 - Taxonomia acerca dos termos utilizados para explicar os diferentes estados físicos da matéria

Distanciamento

Força de atração

Energia

Energia + distância

Energia + força de atração

Temperatura

Nenhum dos termos

O que foi muito notado é que, na maioria das respostas, houve o uso de termos exatamente iguais aos que estavam no texto, como forças atrativas (força de atração), energia cinética e magnitude das forças atrativas, o que sinaliza que esses estudantes, em específico, possam ter copiados termos por não saberem nem ao certo seu significado. Por exemplo, na resposta inserida na Tabela 6 na categoria energia + força de atração, percebe-se que o estudante repete justificativas quando escreve *magnitude das forças, cinética e atração molecular*, ou seja, ele não percebe que a magnitude das forças indica a mesma teoria de atração das moléculas. Portanto, com base nessas características, conclui-se que não houve entendimento coerente dos estudantes em relação ao tema abordado no texto, ou, pelo menos, houve falta de domínio no contexto geral. Porém, em algumas respostas percebeu-se a subjetividade dos estudantes, como, por exemplo, na escrita/imagem da categoria energia + distância, em que é indicado que *a diferença da temperatura interfere no estado físico, pois isso mexe com a agitação e o espaçamento das moléculas*. Portanto, percebe-se que foram citados termos não necessariamente utilizados no texto e demonstra o entendimento que o aumento da energia térmica aumenta a energia cinética (movimento) das moléculas, distanciando-as.

Além dos termos “copiados” do texto, a grande parte dos estudantes, 47%, conforme indicado na Figura 15, nessa fase da sequência didática, utilizou explicações que remetem somente a termos sobre temperatura. Por exemplo, “*os materiais mudam de estado físico em diferentes temperaturas*” ou “*cada um tem seu próprio estado físico à temperatura ambiente*”, ou ainda, “*em cada temperatura se forma um estado, a água fervendo começa a sofrer ebulição, por exemplo, depende do grau de cada material*”. Entende-se que, com essas respostas, não houve a explicação da questão em si, mas, sim, o entendimento deles em relação ao processo e no qual a variação da temperatura está relacionada, não acessando nenhum outro fator que justifique que na temperatura ambiente existem diferentes formas físicas dos materiais.

Figura 15 - Classificação das respostas acerca de distanciamento, temperatura, força de atração e energia

Com base nas respostas produzidas, com as devidas explicações e as análises destas, percebe-se que as categorias: temperatura, força de atração, energia + força de atração, não responderam e nenhum dos termos utilizados, ao todo é somado 81%. Com a análise dessas respostas, constata-se a falta de entendimento dos estudantes em relação ao conteúdo apresentado ou a inabilidade com os termos explorados nos textos, pois, no contexto geral da pergunta não é identificada a verdadeira apropriação dos termos pelos estudantes e nem explicações coerentes com as terminologias utilizadas.

Importante ressaltar que os outros 19%, que estão inseridos nas categorias distanciamento, energia e distanciamento + energia, apresentaram em suas respostas uma subjetividade coerente com os termos, como também acrescentaram informações não contidas no texto, como *a diferença de temperatura interfere no estado físico, pois isso mexe com a agitação e o espaçamento das moléculas ou quanto mais disperso a partícula estiver, mais fácil irá se desprender e chegar ao nosso nariz* ou, ainda, *a temperatura interfere no estado físico do material, que dependendo de qual for, torna-se gasoso mais rapidamente, por fornecer calor (energia) às moléculas*. Mesmo não utilizando termos corretos cientificamente ou, até mesmo com alguma ideia científica divergente, esses estudantes responderam suas questões com suas próprias palavras e inserindo seus conceitos sobre o assunto.

Mortimer (1995) indica um paralelismo com a produção imagética de seus alunos, com o atomismo de Descartes (1596-1650), por exemplo, pois o filósofo admitia que entre as partículas existissem outras partículas cada vez menores, portanto, não existindo o vazio entre

elas, pensamento que também foi apresentado por seus alunos, ou seja, a ideia da matéria contínua, que foi outro fator analisado nas imagens dos questionários deste trabalho. Porém, essa classificação não foi só explorada em uma única questão, como as outras, pois, como se objetiva conhecer a ideia de continuidade/descontinuidade dos alunos, todas as imagens pictóricas produzidas com representações submicroscópicas foram observadas, o que permitiu inferir sobre o pensamento do estudante em relação à matéria particulada, como também a linguagem escrita que demonstrasse tais conceitos.

Necessário destacar que foram analisadas as formas imagéticas e escritas, porém, se nas respostas dos estudantes só aparecessem termos como partículas e forças atrativas entre as moléculas/partículas, não foi considerada como uma ideia de descontinuidade, pois esses termos estavam presentes no texto, isto é, deveria haver algo a mais que indicasse uma compreensão mais explícita de descontinuidade. Portanto, não nos baseamos apenas em algumas palavras, mas no contexto geral, por isso a necessidade de a análise ser feita em todas as questões do texto. No entanto, se nas explicações dos estudantes não surgiram características suficientes para inferirmos sobre o pensamento deles, achamos importante e ético a indicação de falta de dados, pois, deveria estar nas explicações dos alunos algo subjetivo que evocassem ideias descontínuas e não simplesmente palavras copiadas do texto e desconexas, como *quando pequenas partículas se propagam pelo ar e alcançam o nariz, se consegue sentir o cheiro de qualquer um dos materiais* ou *eu entendo que por causa da magnitude das forças e pelo fato de as moléculas interagirem entre si, o material pode apresentar vários estados físicos*.

Após analisar minuciosamente todas as questões do texto, emergiram as categorias descontinuidade, substancialista e dados insuficientes, conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Taxonomia para a categorização das respostas do questionário acerca da descontinuidade da matéria.

Categorias	Exemplo
Descontinuidade
Substancialista
Dados insuficientes

As respostas que mais surgiram e que remeteram às ideias de descontinuidade foram pela indicação do distanciamento das partículas nos diferentes estados físicos, relatadas por imagens com representações submicroscópicas, que foram utilizados bolinhas ou pontos, indicando proximidades quando no estado sólido, ou que a força entre elas é maior no estado sólido e mais fraca no estado líquido ou gasoso, mas também alguns utilizaram somente a escrita, como a seguinte:

A água, por exemplo, quando está em seu estado gasoso, suas moléculas ficam mais dispersas no ar, no caso, separadas, já no caso do gelo, que é um sólido, as moléculas são obrigadas a se manterem o mais próximo possível.

Pode-se observar que a estudante utilizou termos não inseridos no texto de apoio, como também faz menção ao distanciamento aos diferentes estados físicos, indicando a matéria particulada. Um fato que chamou a atenção foi quando ela informou que as moléculas no estado sólido são obrigadas a se manter o mais próximo possível. A princípio, por ser molécula de água, pensou-se que ela estaria sugerindo o fato atípico de que, no estado sólido, as moléculas da água não estão mais próximas que no estado líquido. Por isso ela teria informado o termo *mais próximo possível*, porém, apesar de essa fase da sequência didática ter sido entregue anonimamente, para que os estudantes se sentissem mais livres em expor suas ideias, alguns textos foram nomeados ou reconhecidos pela letra. Esta estudante, quando entrevistada para as explicações das imagens produzidas na cartolina e no recurso audiovisual, processos posteriores ao texto, não houve a indicação da existência de ligação de hidrogênio ou das forças intermoleculares. Portanto, com base na sua resposta à questão do texto, conclui-se que não há posicionamento quanto a isso, ou seja, foram termos coincidentes.

Escolheu-se inserir a categoria dados insuficientes, pois entendemos ser mais conveniente e ético não inferir algo que não nos realmente indicasse uma conclusão. Como não poderíamos entrar em contato com esses alunos, pois atualmente, não estudam mais no colégio e também por entendermos alguns fatores importantes no processo, como por exemplo, já fazer muito tempo que esse texto foi aplicado e não fazer sentido uma entrevista no momento dessas análises e, além disso, a não identificação de muitos estudantes no texto dificultaria tal método. Também acreditamos mais coerente a divulgação dos dados insuficientes, porque é importante indicar que os estudantes não se apropriaram do contexto e nem conseguiram ser subjetivos em suas explicações e exposição de ideias.

Abaixo indicamos alguns outros exemplos de respostas sem indicações efetivas de continuidade ou descontinuidade e conforme já dito anteriormente, por só existir termos copiados do texto auxiliar (ANEXO A), portanto não apresentando explicações coerentes e subjetivas.

E33: *Partículas são substâncias aromáticas que vêm até a nossa cavidade nasal para nós sentirmos cheiros.*

E25: *As partículas estão fortemente ligadas, por isso o material é inodoro.*

E32: *Algumas moléculas conseguem romper por terem forças suficientes e passam para o estado gasoso, dependendo das forças atrativas das moléculas.*

E19: *Se refere a partículas do cheiro, cada partícula apresenta um respectivo cheiro, diferenciando-a. A temperatura ambiente influencia nos estados físicos de cada substância, não só isso, mas também sua T.E.*

Nesses trechos, como no resto do texto de cada estudante, não houve informações suficientes que pudessemos concluir suas ideias em relação à descontinuidade da matéria, formando, assim, a categoria dados insuficientes.

O substancialismo, também abordado, a princípio, nas imagens produzidas na cartolina, também emergiu nas explicações das questões do texto. Porém, ao contrário do que ocorreu com a cartolina, que tinha uma representação submicroscópica que nos levou a pensar na hipótese do aluno ter ideia substancialista, foi possível notar, na entrevista, que havia sido apenas uma forma de se expressar, mas que, para ele, as moléculas de água não diminuía de tamanho, como havíamos suposto no pensamento do aluno. Já no caso das questões do texto, não foi feita uma entrevista, mas, além da imagem submicroscópica, foi possível confrontar com as ideias na escrita do estudante, em que ele confirma o pensamento substancialista, conforme se observa na Figura 16.

Imagem – representação	Comentário
<p>Na imagem com representação submicroscópica, as “bolinhas” expressam tamanhos diferentes, o que poderia ser, a princípio, falta de atenção do estudante. Porém, na escrita, ele corrobora essa ideia, quando indica que os estados físicos são diferentes “<i>por mudar seu tipo/sua quantidade/seu tamanho</i>”.</p>

Figura 16 - Classificação de representações com ideias substancialistas

Há que se ressaltar a importância do trabalho multimodal, pois, novamente, percebeu-se o quão importante é, para o professor e para o estudante, a possibilidade de ter diferentes formas de expressar suas ideias.

Para Waldrup, Prain e Carolan (2006), uma abordagem multimodal em sala de aula sugere novas mensagens para a prática de ensino de Ciências, pois ela destaca a necessidade de utilizar conscientemente os modos de comunicação, tanto em termos de recursos para professores como também os que os estudantes têm acesso, por exemplo, na execução das tarefas. Não se trata de um recurso ser mais importante que outro, mas que a junção de recursos enriqueça o conteúdo, pois o estudante irá realmente ter uma aprendizagem quando conseguir transitar nos diferentes modos de representação do conteúdo, seja na escrita, na fala ou na produção de imagens. Segundo Laburú, Zompero e Barros (2013), quando se diz que

um aprendiz compreendeu um conteúdo científico, significa que, além de ser capaz de mobilizar dentro e fora do contexto de cada representação ensinada, ele deve ser capaz de promover mudança entre quaisquer representações.

Mortimer (1995) aponta, em um dos seus trabalhos, o quanto o modelo científico é diferente para estudantes da oitava série do ensino fundamental, pois, enquanto o aumento de volume de um determinado gás, quando aquecido, é consequência do aumento da energia cinética das partículas do gás, o que faz aumentar a distância média entre elas. No modelo dos alunos, o aumento do volume se deve à dilatação das próprias partículas. Segundo o autor, esse conceito é muito comum nos modelos atomistas produzidos pelos estudantes, que os elaboram a partir de intuições sensoriais, por exemplo, da percepção dos cristais de açúcar, visíveis, mas cada vez menores, no momento da dissolução. “Faz parte de uma concepção que chamamos atomismo substancialista, uma vez que propriedades macroscópicas das substâncias como dilatar e mudar de estado, são atribuídas aos átomos e moléculas” (MORTIMER, 1995, p. 24).

Mortimer (1995) aponta o paralelismo dos modelos dos estudantes com os modelos de filósofos que desenvolveram a ideia de Aristóteles (384-322 a.C.), em que existe uma intuição atomista baseada numa ‘metafísica da poeira’, pois os pós finos sugerem que o menor grão de uma substância, mesmo que muito pequeno, conserva suas propriedades. Portanto, esses grãos de matéria teriam as propriedades da substância. O autor sugere que o professor recorra a esses exemplos, da própria história da Ciência, com o objetivo de superar esses problemas, como também discutir os modelos alternativos que os alunos utilizam para explicar fenômenos simples, como a compressão do ar em uma seringa tampada, a dilatação do ar quando aquecido em um tubo de ensaio com um balão na boca, a dissolução de açúcar na água e mudanças de estado das substâncias.

O paralelismo entre as ideias de grandes filósofos com as dos estudantes não quer dizer que os primeiros tinham ideias tão ingênuas e nem que os alunos apresentam modelos da matéria tão articulados como os dos filósofos. Mas, segundo Mortimer (1995), deve-se explorar a importância, por meio da história da Ciência, que os modelos que eles propuseram eram semelhantes aos modelos históricos que foram superados por outro. Portanto, mais importante que o atomismo elementar é a construção da própria ideia de modelo, pois será muito útil para os estudantes no estudo de modelos mais avançados e complexos.

Mais que ensinar um conteúdo químico, a abordagem do modelo de partículas a partir dos modelos intuitivos apresentados pelos alunos permite exemplificar o desenvolvimento de ideias científicas e desmitificar visões simplistas de que a ciência se desenvolve linearmente e de que as teorias científicas se originam unicamente como consequência do acúmulo de fatos empíricos (MORTIMER, 1995, p. 26).

Um fato interessante que surgiu nas análises foi a inexistência de pensamentos de continuidade da matéria, pelo menos por meio dos dados inseridos nas respostas dos textos que pudéssemos de fato inferir tal conceito. A maior parte, 69%, apresentou indícios de ideias descontínuas, conforme Figura 17, seguidos de 31% com dados insuficientes para uma conclusão efetiva. Um aluno indicou, mesmo na matéria descontínua, ideias substancialistas, o que a princípio foi visto na imagem com representações submicroscópicas e corroborado pela linguagem escrita.

Figura 17 - Classificação das respostas do texto acerca da descontinuidade da matéria

O fato de a maior parte apresentar ideias descontínuas, segundo Mortimer (2011), não necessariamente remete ao fato de que esses estudantes pensem sempre assim, pois, em um de seus trabalhos, o mesmo estudante que apresentou em determinado momento da sequência didática ideias descontínuas, em momento subsequente, no posicionamento de outro experimento, indicou ideias contínuas da matéria. Isto nos faz pensar que, em determinadas condições, seus pensamentos são alterados. Portanto, seu entendimento comportamental da matéria não está alicerçado cientificamente como esperado. “Caso a aquisição de conhecimentos fique circunstanciada somente a uma representação, isso costuma tornar a

aprendizagem frágil, posto que o pensar permanece encapsulado” (LABURÚ; ZOMPERO; BARROS, 2013, p. 14).

Silva Júnior e Wartha (2011) constataram, em uma de suas pesquisas, que 65% dos estudantes apresentaram ideias particuladas e espaços vazios. No entanto, 35% continuaram apresentando uma visão contínua da matéria, evidenciando resistência ao abandonar seu modelo. A amostra utilizada pelos autores foi constituída de alunos do 3º ano do Ensino Médio e de outros que já haviam concluído o Ensino Médio, isto é, praticamente já deveriam ter um bom entendimento de matéria corpuscular, pois, em uma das atividades, eles trabalharam a dilatação do ar ao aquecer um tubo de ensaio cheio de ar com um balão amarrado na extremidade, experimento também já realizado por Mortimer (1995) em suas pesquisas. Para Silva Júnior e Wartha (2011), a dificuldade da interpretação dos fenômenos químicos aos níveis submicroscópicos, tanto para alunos de Ensino Médio como para alunos do Ensino Superior, se deve ao fato de os estudantes atribuírem propriedades macroscópicas, como ponto de ebulição, tensão superficial no nível submicroscópico, porque atribuem o aumento de volume do balão a um aumento de volume das partículas e não do espaço entre elas, o que Mortimer (1995) denomina de substancialista, pois são atribuídas propriedades da substância a uma única partícula individual.

Ainda que, segundo Mortimer (1995), indicar que o substancialismo não é a única característica em que o modelo alternativo elaborado pelos alunos difere do modelo científico e que, mesmo que a grande maioria dos estudantes de 14 a 15 anos utilize partículas em suas representações dos materiais, eles têm dificuldades em aceitar que entre essas partículas existem espaços vazios. Em nosso trabalho, nesta fase da sequência didática, ou seja, da aplicação do texto, não houve entrevista, mas, como já comentado anteriormente, nas análises das imagens produzidas nas cartolinas e nos recursos audiovisuais foram feitas entrevistas e, quando indagados sobre o que havia entre as partículas, a grande parte assumiu o vazio.

Algo que achamos relevante, nas análises das questões do texto, foi a possibilidade de os estudantes utilizarem mais de um modo para representar seus conceitos, como a escrita e a imagem, o que ajudou na interpretação das ideias dos estudantes. Laburú, Zompero e Barros (2013) apontam que a troca de representações faz com que certos tratamentos sejam feitos de forma muito mais forte e simples do que outros e, por exemplo, cálculos numéricos ou algébricos são mais econômicos do que quando feitos com a linguagem natural.

A compreensão de um mesmo conceito fundado em distintas linguagens por coordenação de suas múltiplas representações e integração multimodal faz com que o pensamento e os achados científicos abram possibilidades de nova significação conceitual. Em qualquer representação, uma instrução, direcionada para novos domínios, instiga uma aprendizagem sob inovada e ampliada rede de conceitos e, conseqüentemente, em direção à aprendizagem com significado. Pouco se duvida, atualmente, do valor pedagógico de engajar os estudantes na construção de representações diversificadas, de forma a ajudá-los a notar padrões e realizar cálculos e pensamentos (LABURÚ; ZOMPERO; BARROS, 2013, p. 15).

Para que se tenha uma aprendizagem efetiva é necessário que se utilizem as diferentes formas de representação e que os estudantes sejam instigados e desafiados a desenvolver um entendimento mais profundo dessas diversas representações. Para Laburú, Zompero e Barros (2013), os diferentes modos e formas de representação obviamente apresentam diferentes efeitos em relação à precisão e à capacidade de dar significado, porém, os estudantes precisam entender que cada representação tem seu propósito. Por exemplo, é o caso das representações gráfica, tabular ou algébrica, utilizadas para indicar medidas retiradas em um experimento com a finalidade de determinar a relação entre variáveis.

Waldrip, Prain e Carolan (2006) apontam algumas observações com o uso da abordagem multimodal no ensino de Ciências. Primeiro, que todos tenham consciência do uso dos modos de comunicação; segundo, a necessidade de desenvolver uma consciência de como esses modos são utilizados nas aulas de Ciências; terceiro, uma perspectiva multimodal implica na imprescindibilidade de pensar sobre o modo “mais adequado” para abordar determinado contexto e as diferentes demandas cognitivas exigidas dos alunos, pois o uso de múltiplos modos de representação deve ser um facilitador no processo de ensino e aprendizagem, o que nos leva à quarta observação, pois esse processo requer pensar sobre as relações entre os modos na construção da explicação contextual, por exemplo, o uso conjunto de uma determinada imagem, texto e discurso em uma lição deve reforçar o conteúdo mutuamente e não produzir mensagens conflitantes para o estudante. Moreno e Mayer (2007) aponta ser importante analisar o ambiente interativo multimodal para que as demandas de processamento não excedam a capacidade do sistema cognitivo do aluno, para que não ocorra sobrecarga cognitiva. Os autores ainda indicam a relevância da análise relacional entre as exigências cognitivas impostas pelo ambiente de aprendizagem e os resultados da aprendizagem desejada.

5.4 ANÁLISE DAS REPRESENTAÇÕES E TRAJETÓRIA DE QUATRO GRUPOS

5.4.1 Grupo 11

Foram selecionados quatro grupos para analisar a trajetória de suas produções e discutir suas ideias e contextualizações durante o processo em relação ao modelo produzido pelos estudantes. A escolha por esses grupos se deu pelo fato de termos as informações de todos os integrantes desde o início do projeto, pois, na primeira fase, nas questões do texto, não era obrigado a nomear.

A sequência teve início com um texto no qual os estudantes responderam a algumas questões individualmente, a princípio sem a formação de grupos, porém, na fase subsequente, que foi o experimento de ponto de fusão e ebulição, houve a formação dos grupos pelos próprios estudantes.

O grupo 11, formado por PR e ER, elaborou suas respostas centradas nas ideias e nas palavras utilizadas no texto, portanto, não expondo muita subjetividade em suas explanações. Porém, ER apontou, em uma de suas respostas, um termo não citado especificamente no texto.

ER: Os diferentes estados físicos dos elementos da Terra se deve diretamente a força intermolecular da substância.

Apesar de o texto indicar as forças atrativas entre as moléculas, não é citado o termo forças intermoleculares. Portanto, o estudante remete as informações do texto a algo já visto e utiliza termos científicos já conhecidos, porém, não evoca maiores explicações sobre o assunto. Outro fato digno de nota é o termo “elementos”, utilizado pelo estudante, percebendo-se uma confusão conceitual, pois, quando se indaga sobre os diferentes estados físicos, a expressão coerente utilizada seria da matéria e não elemento. É muito comum que os estudantes de Ensino Médio confundam alguns termos científicos em suas argumentações e explanações. Para Villani e Nascimento (2003), o professor tem que estar familiarizado com o conhecimento que deve ser ensinado e, principalmente, professor e aluno devem estar sintonizados em um mesmo canal de comunicação, para o pleno entendimento dos diferentes conceitos, leis e teorias que formam o conhecimento científico. “O domínio da linguagem científica é uma competência essencial tanto para a prática da Ciência quanto para o aprendizado” (VILLANI; NASCIMENTO, 2003, p. 188).

Ainda com base na análise das questões do texto, uma imagem produzida por um dos integrantes em suas repostas remeteu a uma conclusão ambígua, conforme indicado na Figura 18.

Imagem – grupo 11	Comentário
	<p>Ele indica as partículas nos diferentes estados físicos, porém, não ressaltando em relação ao distanciamento, mas sim a possibilidade de elas estarem “soltas”, ou seja, devido a maior energia cinética das partículas a tendência é que, no estado gasoso, tal fato seja recorrente.</p>

Figura 18 - Imagem de um dos integrantes do grupo 11 nos questionários

Enquanto a maioria abordava, por meio da imagem submicroscópica, os diferentes estados físicos indicando o distanciamento das partículas, o estudante ER informou a possibilidade de as partículas estarem mais soltas no estado gasoso, portanto, teriam maior quantidade. A princípio, pensamos haver uma pequena confusão em relação ao distanciamento, mas, analisando a parte escrita, percebe-se o que de fato o estudante queria indicar. O motivo de escolher essa interpretação, inferimos que seja pelo fato de o estudante estar muito atrelado às indicações e informações do texto, não buscando explicar fora do que havia lido, talvez por insegurança ou por não estar mesmo convicto de suas ideias e conceitos.

Depois do texto, foi feito um experimento sobre ponto de ebulição e fusão, no qual o grupo observou o comportamento distinto de substância pura/mistura. Consequentemente, foi realizada uma discussão geral, com todos os integrantes participantes, sobre os dados coletados na aula experimental e pediu-se que, nos mesmos grupos, produzissem imagens submicroscópicas sobre mudança de estado físico, seja de substância pura ou de mistura, porém, em cartolina.

O grupo 11 indicou tanto o macro como o submicro em sua produção, conforme mostrado na Figura 19.

Imagem – grupo 11	Comentário
<p>No ponto de ebulição, utilizou a água, representando-a por bolinhas; na fusão, representou manteiga derretendo, sendo que, no submicro, esta mistura foi representada também com bolinhas, não havendo distinção entre substância pura e mistura. Os alunos desse grupo procuraram indicar a distância entre as partículas nos diferentes estados físicos, como também que as partículas estão em movimento, porém, na imagem, somente no estado gasoso.</p>

Figura 19 - Representação do grupo 11 produzida na cartolina

Este grupo, durante a entrevista para a explicação das imagens, citou as forças intermoleculares, o que não ocorreu com qualquer dos outros grupos, nessa etapa da sequência didática.

Aluno ER: *No estado líquido, as moléculas ficam mais soltas, assim... As forças intermoleculares são mais fracas e, quando você passa para o vapor, as forças intermoleculares já não existem mais, as moléculas são mais dispersas, elas começam ficar mais agitadas.*

Na explicação acerca do ponto de fusão, o aluno cita, novamente, as forças intermoleculares e indica o fim dessas forças quando há a passagem para o estado gasoso, fato apresentado também por outros grupos, porém não apresenta informações quanto a, naquele momento, estar representando uma mistura.

Aluno ER: *Quando a gente pega no estado sólido, as forças intermoleculares são mais apropriadas, ajeitadas, organizadas, como você 'tá vendo aqui (mostra a imagem).*

Percebe-se que ele sabe das forças intermoleculares, mas utiliza, de forma confusa, termos que, provavelmente, deve ter ouvido em suas aulas em relação à forma organizacional das moléculas nos diferentes estados físicos.

A linguagem científica é uma preocupação no ensino de Ciências, já que os termos até existem na linguagem dos estudantes, porém, eles não necessariamente sabem o significado da palavra no contexto da Química.

Entretanto, este aspecto não é de menos importância. O conhecimento científico está relacionado à linguagem científica e, sendo assim, dominá-la, tanto na forma oral quanto na

forma escrita, é uma competência essencial para a prática científica e o seu aprendizado (VILLANI; NASCIMENTO, 2003). Para Lemke (1997), aprender Ciência significa se apropriar de seu discurso, ou seja, compreender a linguagem empregada pela comunidade científica, ainda que transformada em conhecimento escolar.

Outro fato importante citado pelos integrantes, tanto na imagem como no discurso, foi o movimento das partículas nos diferentes estados físicos, porém, não houve denotação de que exista movimento no estado sólido. Mas não podemos afirmar que os estudantes sejam contrários a essa afirmação, só achamos relevante informar que não foi citado o movimento nesse aspecto.

Mesmo com algumas confusões, o grupo indicou várias informações subjetivas, como o distanciamento das partículas nos diferentes estados físicos, a energia cinética relacionada à energia térmica e a variação das forças intermoleculares no processo.

No recurso audiovisual produzido pelo grupo 11, a imagem submicroscópica não apresenta conceitos detalhados, conforme mostrado na Figura 20.

Figura 20 - *Frames* das representações da produção audiovisual do grupo 11

O grupo evidenciou os espaços nos diferentes estados físicos, mas não indicou, no audiovisual, do que se trata o material em questão, deixando vaga a representação feita.

Importante evidenciar que o grupo indicou movimento das partículas somente a partir do estado líquido e, como é visto na animação, isso só ocorre depois de o material já estar quase passando para o estado gasoso. Portanto, para esse grupo, nos parece, que as partículas só se movimentam a partir do estado líquido.

Apesar de o modelo expresso pelo grupo não ter evidenciado uma mudança em relação à cartolina no que diz respeito a divergir substância de mistura, a partir dos argumentos expostos na entrevista, percebe-se uma evolução conceitual do grupo em outros aspectos.

Aluno PR: Nós escolhemos demonstrar algo geral, porque normalmente falamos da água, mas toda substância tem, no estado sólido, líquido e gasoso, mas normalmente a gente as encontra no estado sólido.

A princípio, o grupo disse que demonstrou a mudança de estado de “algo geral”, porém, em seguida, especifica que é sobre substância. Então, aqui se percebe que, para eles, ainda continua a ideia de que substância e misturas apresentam o mesmo comportamento durante a mudança de estado físico, portanto, também não fizeram diferença na perspectiva do domínio submicro.

Aluno PR: Se começar a colocar temperatura... esquentando, a força intermolecular dela vai diminuindo, isso vai fazendo com que ela mude de estado físico. Se você perceber, elas vão se espalhando e, quando chega no líquido, elas ficam menos organizadas.

Nesse discurso, já não ocorrem confusões em relação às forças intermoleculares e à organização molecular, como na primeira entrevista. Também houve alguma referência à quantidade de energia envolvida no processo, relacionando-a à força intermolecular (embora com alguma incorreção conceitual: as forças não diminuem, sua efetividade sim). Então, pode-se depreender que este discurso apresenta uma linguagem mais robusta e coesa, expondo melhor a forma de pensar do estudante, mostrando que a linguagem científica tem uma estrutura particular e características específicas, indissociáveis do próprio conhecimento científico, estruturando e dando mobilidade ao próprio pensamento científico (VILLANI; NASCIMENTO, 2003). Ressalta-se a importância das discussões entre os pares, pois a troca de informações e de diferentes pensamentos traz a reelaboração dos modelos e, consequentemente, a construção do conhecimento. Oliveira e Silva (2015) indicam que essa técnica propicia maior domínio, compreensão e favorecimento da reflexão acerca dos conteúdos abordados. Quando há a possibilidade de o estudante expor suas ideias, ele, provavelmente terá mais autonomia no processo de ensino e aprendizagem. “Os discentes têm

a oportunidade de melhorar a sua exposição oral, bem como de formular princípios com suas próprias palavras reconstruindo as ideias ensinadas, decompondo-as, levando em conta os conhecimentos acumulados” (OLIVEIRA; SILVA, 2015, p. 2190).

Além dos momentos de discussão entre os estudantes, é importante integrar a importância da visualização e da manipulação das imagens no computador e que, segundo Giordan (2006), é uma forma de contrapor ao realismo da visualização molecular e possibilitar a discussão entre os pares, para, assim, chegarem a um modelo consensual. “Este diálogo pode ocorrer em interações na presença do computador, sobre o que discorreremos adiante, e também por meio do computador” (GIORDAN, 2006, p. 129). Ainda segundo o mesmo autor, no contexto escolar, a comunicação mediada por computador tem sido uma das formas mais investigadas ultimamente, especialmente depois da propagação da internet.

Apesar de Moreno e Mayer (2007) propor, no seu modelo de aprendizagem com um ambiente interativo, que a aquisição de conhecimento envolve a construção de uma representação mental no qual o aluno seleciona, organiza e integra novas informações ao já conhecido, nesse grupo isso não é evidenciado. Isso porque o modelo consensual na animação não sofreu alteração, se comparado com a atividade anterior, porém, o mesmo autor ressalta que é desafiador aprender a partir de ambientes multimodais interativos, pois muitas informações podem prejudicar o processo de aprendizagem. Fazendo um paralelo às ideias do autor, percebe-se que a dificuldade encontrada para o manuseio dos artefatos para a produção dos recursos audiovisuais tenha desanimado esse grupo em específico, pois, como nas imagens submicroscópicas não houve maiores alterações, o grupo foi questionado quanto ao uso tecnológico.

Professora: *Você achou melhor fazer a mudança de estado físico no papel ou na animação? Você gostou mais do papel ou da animação?*

Aluno PR: *Do papel... Do papel é mais fácil, porque animação precisa manjar muito desses negócios assim e eu não manjo.*

É preciso utilizar diferentes formas de linguagens no processo de ensino e aprendizagem e, com o avanço tecnológico, nada mais justo do que o uso de computadores, programas e softwares para expor suas ideias e conceitos científicos. Mas, é necessário atentar para o fato de que nem todos os estudantes têm facilidade de manipular as mídias.

A educação escolar precisa compreender e incorporar mais as novas linguagens, desvendar os seus códigos, dominar as possibilidades de expressão e as possíveis manipulações. É importante educar para usos democráticos, mais progressistas e participativos das tecnologias, que facilitem a evolução dos indivíduos (MORAN, 2007, p. 165).

Portanto, é preciso atentar para o tipo de ferramenta utilizada, para que não seja algo que dificulte o trabalho do aluno, o que pode, às vezes, deixá-lo desmotivado. Nos outros grupos não houve maiores dificuldades. Alguns relataram que gostariam de ter feito algo ainda melhor, o que pareceu desafiador, pois foi a primeira vez que esses alunos produziram um recurso audiovisual no colégio.

5.4.2 Grupo 5

O grupo 5, formado por dois estudantes, JR e ML, apresentou, já na primeira parte da sequência, nas questões do texto, certo entendimento dos conceitos, subjetividade em suas respostas, portanto expondo suas ideias sem copiar termos do texto, mas um pouco de dificuldade na produção de imagens submicroscópicas, já que houve pouca interação dessa modalidade em suas explanações. ML utilizou termos corretos para a identificação de partículas e moléculas, mas não conseguiu explicar especificamente, por exemplo, que na temperatura ambiente os materiais podem estar em diferentes estados físicos, porém, indicou o distanciamento no estado físico sólido integrando com sua força atrativa e ainda utilizou uma imagem submicroscópica para melhor explicação. Ou seja, utilizou dois modos de representação (escrita e imagética), como também a representação submicroscópica, por meio da imagem e a macroscópica na escrita, quando cita o gelo como exemplo, conforme indicado na Figura 21.

Imagem – grupo 5	Comentário
<p>Na imagem submicroscópica indica com “bolinhas” as moléculas de água e, como estão no estado sólido, ele indica que as forças intermoleculares são fortes, conforme ele indica na escrita.</p>

Figura 21 - Imagem de um dos integrantes no questionário do grupo 5

O outro integrante do grupo, JR, focou suas explicações mais nas forças entre as partículas para os diferentes estados físicos. Porém, ele se perdeu nessas explicações, quando confundiu as forças entre as moléculas com a força de ligação entre os átomos, fato muito comum no Ensino Médio, quando são abordadas as forças intermoleculares. Reis (2008, p. 8) aponta, em seu trabalho, que há uma dificuldade interpretativa. “A diferença entre ambas não é tão simples de se imaginar, por isso o critério para decidir quando temos forças intermoleculares e quando temos ligações químicas precisa ser bem discutido e compreendido”.

Para Reis (2008), existem alguns fatores que podem estar relacionados às dificuldades de estudantes do Ensino Médio com o conteúdo de forças intermoleculares. Primeiro, o conteúdo é restrito e, muitas vezes, desvinculado de contextos que nos levem a pensar e a estabelecer conexões com o cotidiano. Outro fator seriam os termos utilizados e confusos, o que dificulta a compreensão do estudante. Porém, o fator mais relevante, segundo Reis (2008), é que o estudante não consegue realmente entender a natureza dessas interações e como elas atuam em um determinado sistema e, geralmente, os docentes não conseguem associar o conteúdo com fatores mais familiares da vida do estudante, não ocorrendo assim aprendizagem significativa. “Os livros usados no Ensino Médio tratam desse tema superficialmente, e ainda, muitas vezes, não estabelecem uma sequência coerente com o modelo escolhido e também não há uma contextualização deste conteúdo” (REIS, 2008, p. 8).

Apesar do uso dos termos força de atração e distanciamento entre as moléculas, não houve maiores menções, subjetivas, nesta fase do processo, à importância das forças intermoleculares e da energia, por exemplo.

Analisando as imagens produzidas pela dupla, observou-se a inserção de imagens macroscópicas e submicroscópicas. Tanto no ponto de fusão como no de ebulição, utilizou-se a representação da água, porém, na ebulição, tratava-se de uma mistura, pois, segundo o grupo, indicaram a água do mar, conforme a Figura 22.

Imagem – grupo 5	Comentário
<p>Foi utilizada a representação de bolas, sendo que no estado sólido/líquido indica o distanciamento das moléculas. Porém, não elucida que as moléculas de água no estado sólido encontram-se dispostas simetricamente numa estrutura em que as pontes de hidrogênio formam um retículo cristalino. O átomo de oxigênio de cada molécula de água está rodeado de átomos de hidrogênio de outras moléculas numa disposição tetraédrica.</p>

Figura 22 - Representação produzida na cartolina pelo grupo 5

Nenhum grupo dessa pesquisa, em suas representações na cartolina, considerou a formação do retículo cristalino entre as moléculas de água no estado sólido, o que é até esperado, já que, na própria apostila utilizada no colégio, existem muitas imagens que somente ressaltam o distanciamento das partículas nos diferentes estados físicos da matéria, não esclarecendo o comportamento distinto da água, por exemplo, cuja densidade no estado sólido é menor do que no estado líquido (o gelo flutua na água líquida). Aqui é importante destacar a importância do material didático no ensino, pois, por mais outros recursos didáticos que o professor possa utilizar em suas aulas, o livro/apostila é importante para os estudantes, que se baseiam nele para a sua formação. Santomé (1998) afirma que os conteúdos na sala de aula, fundamentalmente, são realizados mediante livros e que esses conteúdos são enunciados mais ou menos abstratos, que devem ser memorizados, sem muita possibilidade de reflexão. Para Marasini (2010), a supervalorização do livro didático não contribui para um bom processo de ensino aprendizagem, pois permite que um único instrumento condicione as atividades realizadas em sala de aula e determina os temas a ser trabalhados. Ou seja, mais uma vez, vê-se a necessidade de diferentes formas de linguagem no processo de ensino e aprendizagem, para que o estudante entenda mais precisamente o conteúdo, não ocorrendo interpretações errôneas.

Por meio dos erros conceituais apresentados na produção desse grupo, entendemos que muito se deve a não exploração de imagens submicroscópicas no ensino de Ciências, pois, como também ressaltado no estudo de Gibin e Ferreira (2013), 70% dos alunos não conseguem associar teoria e prática. Segundo os mesmos autores, isso se deve a não vinculação do macroscópico com o submicroscópico e a interação dessas diferentes formas de representação facilita o processo de aprendizagem.

Na entrevista, o aluno informou que há um desprendimento das moléculas no processo de fusão, o que nos leva a crer que ele entende que há interações moleculares fortes, mas, em seu discurso, não cita quaisquer dos aspectos relativos às forças intermoleculares ou à formação de um retículo, embora utilize o termo correto em relação à substância representada, no caso, a molécula. Como também o estudante já integra a quantidade de energia envolvida no processo, se atenta a indicar que o aumento da energia térmica ocasiona o aumento da energia cinética das moléculas, fazendo com que elas consigam se desprender. Portanto, mesmo não utilizando ainda os termos científicos, o estudante indica com coerência mais informações em suas explicações.

Aluno JR: *Aqui está no estado sólido. Eu me baseei neste pedaço (indica a parte onde o gelo está derretendo), porque tá meio derretendo já. Esta parte ainda estaria no estado sólido, gelo; já esta parte aqui estaria no estado líquido onde as moléculas começam a se soltar um pouco, não completamente, porque através da temperatura elas se agitam um pouquinho mais.*

Fato interessante encontrado nessa entrevista é que, quando indagados para explicar o processo de ebulição, eles dizem que se basearam no ciclo da água, conteúdo muito abordado no Ensino Fundamental. Isso mostra que, para eles, a imagem do ciclo da água faz todo sentido no que diz respeito à mudança de estado físico da água. Isso reforça a ideia de que modelos são formulados a partir da vivência de cada um, isto é, são formados a partir das ideias construídas ao longo da vida social das pessoas (BORGES, 1997).

Aluno JR: *Aqui a gente se baseou no desenho do ciclo da chuva, que tem a evaporação dos rios. Aqui é a água do mar (mostra na imagem), que é uma mistura, contendo várias substâncias e que tem as moléculas um pouco mais separadas.*

É importante destacar que, no discurso, percebe-se o uso correto em relação aos termos mistura e substância, e que, quando informam a mistura, no domínio submicro, indicam as diversas substâncias presentes no mar, também com modelos de bolas, porém, com cores distintas em relação à água, assim diferenciando-as.

Professora: *E o que seriam essas bolas de cores diferentes?*

Aluno JR: *São os átomos... como posso falar... as substâncias, porque, como é uma mistura, existem vários tipos de substâncias.*

Aqui, novamente, o aluno utilizou os termos científicos corretos, inclusive ele se autocorrigiu em seu discurso, quando citou átomos e, em seguida, disse substâncias, adequadamente. No entanto, fica a dúvida em entender se ele realmente sabe a diferença dos termos, pois isso só foi percebido nas transcrições das entrevistas.

No recurso audiovisual podemos obter mais informações, já que temos as imagens na representação submicroscópica em movimento. No caso deste grupo, de imediato, já vimos que os estudantes inseriram informações de movimentos cinéticos das moléculas, inclusive o movimento intrínseco, o que não ocorreu em nenhum outro grupo nessa pesquisa.

Professora: *Elas (moléculas) dão umas “tremidinhas” antes de... vocês acham que tem essa vibração?*

JR: *Isso. Tem uma vibração.*

ML: *Elas se movimentam, mas não se desgrudam.*

Beltran (1997) aponta a importância da produção de animação no processo de ensino e aprendizagem, pois essa atividade lhe proporcionou algo que nunca havia percebido antes com seus alunos. Uma das concepções observadas foi um processo de simultaneidade das partículas no processo de fusão de um determinado grupo de estudantes, ou seja, todas as moléculas da água se separavam simultaneamente.

Até esse trabalho de animação e a constatação na conversa que tive com essas meninas, nunca havia percebido essa ideia de simultaneidade que muitas vezes aparece nas concepções de nossos alunos, e acredito que sem esse tipo de atividade eu dificilmente a teria notado. A possibilidade de ‘enxergar’ as ideias dentro da cabeça de nossos alunos — e poder interagir com elas — é, a meu ver, a grande virtude desse tipo de atividade (BELTRAN, 1997, p. 15).

Fato interessante apontado, pois no grupo desta pesquisa foi indicado tanto no discurso quanto na produção do audiovisual, foi a não simultaneidade. Porém, esse fato já havia sido evidenciado na entrevista das imagens produzidas nas cartolinas, por exemplo quando o estudante informou que *as moléculas começam a se soltar um pouco, não completamente, porque através da temperatura elas se agitam um pouquinho mais.*

Percebeu-se uma evolução nas representações submicroscópicas, conforme Figura 23, pois agora, o grupo informou a formação do retículo cristalino da água no estado sólido, referindo-se à formação da ligação de hidrogênio, já que, na imagem, há a ligação entre o hidrogênio de uma molécula (polo positivo) com o oxigênio de outra (polo negativo) formando uma estrutura rígida de forma hexagonal, fato que não ocorreu nas imagens da cartolina.

Figura 23 - *Frames* das representações do recurso audiovisual do grupo 5

Durante a entrevista, foi confirmado esse entendimento, porém, o aluno indicou que a carga do oxigênio é negativa, sendo um ânion e o hidrogênio com carga positiva, sendo um cátion, embora se saiba que essas cargas parciais são provenientes da diferença de eletronegatividade entre os átomos envolvidos na ligação, formando-se moléculas dipolares, não envolvendo formação de íons.

Professora: *A posição dessas moléculas tem algum motivo? Ou é aleatória?*

Aluno ML: *Sim, como a carga do oxigênio é negativa, o ânion, o hidrogênio tem uma carga positiva que é o cátion. O cátion e o ânion vão estar se atraindo e, logo, o hidrogênio vai estar do lado do oxigênio, que é carga negativa. Isso ocorre numa ligação de ponte de hidrogênio.*

Gentner e Stevens (1983) destacam que os modelos mentais, geralmente, não são precisos, mas o objetivo do uso da modelagem é capturar o conhecimento do estudante, incluindo, principalmente, as crenças incorretas para, a partir dessas informações sobre o modelo expresso, revelarem erros nos processos de aprendizagem, além de criarem formas ou materiais que minimizem esses erros.

É importante ressaltar que o grupo agora, diferentemente da entrevista sobre o desenho em cartolina, cita, além da quantidade de energia envolvida no processo, indica também que esta, por sua vez, está relacionada às forças intermoleculares e à mudança de estado. Ou seja, mudando-se o modo de representação, possibilitou que o grupo agregasse novas informações, assim como dito por Moreno e Mayer (2007), já que neste recurso há possibilidade de integrar, por exemplo, o movimento das partículas. Porém, deve-se ressaltar que a discussão entre os pares é de suma importância, pois, como informa Rocha (2005), é na discussão entre os estudantes que o desenvolvimento lógico e a necessidade de se expressar coerentemente se fazem presentes e, ainda, o encontro das adversidades de ideias leva à necessidade de coordená-las entre os estudantes e essa coordenação produz a construção de relações, o que contribui para o desenvolvimento de um raciocínio coerente.

JR: *As moléculas se movimentam (falando no estado sólido), mas elas não se “desgrudam”, porque há uma força intermolecular forte.*

JR: *Elas recebem uma energia, tornando a força intermolecular mais fraca, se desestruturando e mudando de estado físico do sólido para o líquido.*

Percebe-se que, não só esse grupo, mas quase todos os estudantes falaram sobre forças intermoleculares nos diferentes estados físicos nessa fase da sequência didática e alguns grupos, como este, indicaram que elas são mais fortes no estado sólido e mais fracas no estado líquido. Embora a força seja a mesma, havendo diferença apenas no aumento da energia cinética das moléculas, que se sobrepõe às forças intermoleculares permitindo maior liberdade de movimento às partículas, essa concepção alternativa dos estudantes é muito comum, pois, frequentemente, quando esse conteúdo é abordado, muitas vezes o professor o expõe dessa mesma forma.

5.4.3 Grupo 2

No grupo 2, composto pelas integrantes NY e NT, na primeira parte da sequência didática, suas respostas às questões foram apoiadas nos termos encontrados no próprio texto, não ocorrendo indício de uma apropriação dos termos científicos. Por exemplo, *o texto se refere às partículas de cheiro, aquelas que podemos sentir no ar, as que podemos distinguir e conseguir descrevê-las.*

A estudante NT adicionou algumas informações subjetivas, porém, com confusões conceituais, como relacionar a força de atração intermolecular com a possibilidade de as partículas chegarem ao nosso nariz.

NT: *Que quanto mais força atrativa uma partícula tiver, mais ela vai se atrair pelo nosso nariz, chegando até as cavidades nasais, criando a possibilidade de senti-las.*

Percebe-se que a estudante informa que quanto maior a força de atração entre as partículas, maior a possibilidade das partículas passarem para o estado gasoso, chegando, assim, ao nosso nariz. Na verdade, o que ocorre é o inverso, pois, quanto maior a força de atração intermolecular, mais difícil será a passagem para o estado gasoso, dificultando sentirmos o cheiro. Portanto, possibilita inferir que, nesse momento, a aluna estava confusa com as informações, por isso respondeu às questões com termos ancorados no texto.

Em outra questão percebeu-se certa ideia substancialista, pois a estudante indicou características macroscópicas para as partículas, conforme a Figura 24.

Imagem – grupo 2	Comentário
<p>Há a indicação de características macroscópicas, no caso quando indica que a “molécula” do ferro é <i>bastante resistente</i>, a estudante se refere ao metal ferro.</p>

Figura 24 - Indícios de características substancialistas na resposta do questionário de um dos integrantes do grupo 2

Apesar de a estudante indicar, nessa questão em específico, características fenomenológicas, no restante de suas respostas não há outra indicação que desconsidere tal ideia, portanto, deixamos a confirmação de ideias substancialista, pois, como já indicado, não houve entrevista nessa fase do processo. De qualquer forma, percebe-se que não está claro, para essa estudante, o comportamento da matéria e, segundo Martorano e Carmo (2013), a Química tem o objetivo de estudar materiais naturais ou sintéticos e as transformações químicas que eles possam sofrer. Segundo as autoras, o entendimento da matéria é fundamental para que os estudantes possam entender todos os conceitos que vêm adiante no processo de transformação química. Os estudantes têm que ter claro de que a matéria tem formação de natureza descontínua, portanto, por pequenas partículas que se encontram em contínuo movimento e interação.

No ensino de química, a concepção de continuidade da matéria constitui para os alunos, do ensino médio, um obstáculo para a elaboração de outros conceitos pertinentes à química, tais como: compreensão da estrutura da matéria nos seus diversos estados físicos, bem como propriedades como a dissolução, e a interpretação das transformações que ocorrem com a matéria do ponto de vista químico (reações químicas) (MARTORANO; CARMO, 2013, p. 239).

Para Mortimer (2011), existe certa hierarquia de ideias no perfil conceitual, pois estudantes que apresentavam ideias substancialistas no início do processo em seu trabalho construíram uma ideia atomista e alguns alunos que apresentavam ideias contínuas não passaram de um atomismo substancialista. Portanto, revela que “o substancialismo é uma zona de perfil hierarquicamente superior à visão contínua da matéria” (MORTIMER, 2011, p. 226).

Na fase da produção das imagens da cartolina, como também no discurso da entrevista, não houve mais a indicação da ideia substancialista, porém, é importante ressaltar que, nessa etapa do processo, as atividades passaram a ser realizadas em grupos de duas ou três pessoas, no caso deste grupo, duas pessoas. Portanto, na agregação das ideias das integrantes houve uma reconstrução do modelo de uma das estudantes. O trabalho em grupo se mostra significativo, pois a discussão com seus pares faz com que o estudante exponha suas ideias sem o receio de estar errado, podendo, assim, elucidar dúvidas que, talvez, durante uma aula expositiva, não fosse exposto e nem esclarecido. Destaca-se também que acreditamos que, por meio da discussão em grupo, o conceito não foi substituído, mas, sim, reconstruído com novas informações e interações. Segundo Mortimer e Scott (2002), o processo de ensino e aprendizagem não é visto como substituição de concepções antigas que o estudante já tem por novos conceitos científicos e, sim, uma consonância de novas ideias com seus pares com diferentes perspectivas culturais com o objetivo de promover o crescimento mútuo. “As interações discursivas são consideradas como constituintes do processo de construção de significados” (MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 284).

O grupo utilizou em sua representação, conforme Figura 25, o modelo de estrutura de bolas e os estudantes consideraram a distância entre as partículas nos diferentes estados físicos, porém, apresentaram erros conceituais na representação do NaCl, pois, no estado sólido, não representaram o retículo cristalino, como também no estado líquido não houve a representação da dissociação do retículo, permitindo a movimentação livremente dos íons.

Imagem - grupo 2	Comentário
<p>Esse grupo utilizou em sua representação o modelo de estrutura de bolas, tanto no ponto de ebulição como no ponto de fusão. Percebe-se que os estudantes consideraram a distância entre as partículas nos diferentes estados físicos, porém, não se preocuparam com sua posição espacial.</p>

Figura 25 - Representação produzida na cartolina do grupo 2

O grupo apresentou, por meio das imagens, que existem algumas falhas conceituais em relação à forma de apresentação submicro do cloreto de sódio, tanto no estado sólido como na fusão do mesmo, pois é indicado o distanciamento das partículas e não é mencionada a formação do retículo cristalino e nem a dissociação deste.

Aluna AR: *Nós fizemos o sal derretendo no fogo e, quando ele está no sólido, as partículas estão mais juntas e, quando ele está no líquido, as partículas estão mais separadas.*

Professora: *Então vocês acham que quando está no estado sólido estaria nesse “esqueminha”?*

Aluna NY: *Sim, porque elas ficam mais juntas que no estado líquido.*

Novamente, é informado o distanciamento das partículas e ignorada a formação do retículo. Outro fato que chama a atenção é o termo correto que é utilizado pelas estudantes, indicando partícula e não molécula. No entanto, fica ainda a dúvida sobre se realmente elas sabem a distinção dos termos, se efetivamente se apropriam desses termos científicos ou repassam um discurso já ouvido.

Mesmo com diferentes formas de representação e a atenção ao distanciamento das partículas/moléculas, nenhum grupo atentou para o papel estruturador exercido da ação pelas ligações intramoleculares, como da água, por exemplo, que resulta em um meio

razoavelmente organizado, já que cada uma das partículas é um dipolo a interagir com outros dipolos a seu redor e assim sucessivamente. Em algumas imagens houve, aparentemente, essa preocupação, porém, na entrevista, quando perguntado ao grupo, as integrantes disseram que a escolha da posição havia sido aleatória e que não existiam explicações, como é o caso da imagem submicroscópica da água apresentada na Figura 25.

Professora: *E tem algum motivo de vocês colocarem o azul pra cá, virado para o vermelho (mostra a imagem) ou o contrário?*

AR: *Ah... Porque a gente achou bonitinho e daí a gente fez assim.*

Vemos que, apesar de, muitas vezes, os discursos fazerem sentido em relação ao comportamento de mudança de estado físico do material relatado, percebe-se que este não se encaixa com a representação submicroscópica. Novamente ressalta-se o uso multimodal no processo de ensino e aprendizagem, pois podemos, muitas vezes, concluir ideias que não são exatamente o que está indicado pelo estudante, ou seja, utilizar diferentes formas de representar as ideias facilita e conduz ao melhor entendimento do contexto.

Destaca-se também a dificuldade apresentada no que diz respeito ao submicro, como também mostrado na pesquisa de Gibin e Ferreira (2013), que a maior parte dos alunos, cerca de 62%, apresenta dificuldade de imaginar fenômenos químicos e, segundo os autores, isso se deve à falta de uso de representações do conhecimento químico na sala de aula. A problemática no uso das imagens submicroscópicas no ensino de Química vai além do Ensino Médio. Segundo Gibin e Ferreira (2010), alunos graduandos do curso de Química, tanto de licenciatura quanto de bacharelado, apresentaram grandes dificuldades nas representações submicroscópicas dos conceitos químicos. Porém, autores apontam que estudantes do curso de bacharelado, em muitos conceitos, tenderam a ter desempenho inferior ao dos estudantes de licenciatura e apontam que isso se deve à alta carga horária de disciplinas de Química no curso de Bacharelado, assim sendo, não adianta aumentar a quantidade de conceitos químicos, pois as dúvidas simples continuam a existir e devem ser sanadas. Portanto, é preferível menor quantidade de conteúdo, porém bem explicitado e expresso de diferentes formas, para assim atingir maior audiência.

Na animação do grupo 2 foi percebida uma evolução no modelo, pois, diferentemente das imagens da cartolina, as moléculas de água estão posicionadas de forma coerente (Figura 26). A escolha pela substância água, segundo o grupo, se deu por achar mais fácil a representação.

Figura 26 - *Frames* das representações do recurso audiovisual do grupo 2

Foi feita representação no domínio macro e submicro e, novamente, percebeu-se a valorização que é dada ao macro pelos estudantes, fato visto em outros grupos também. Esse apego ao macro se deve, segundo Gibin e Ferreira (2010), à supervalorização que é dada às aulas experimentais no curso de Química.

Outro fato interessante visto no recurso audiovisual desse grupo, foi que houve inserção de uma imagem indicando, simultaneamente, o macro e submicro na temperatura de ebulição com a formação de uma “fumacinha” (gasoso). Isso comprova, conforme sustentado

por Gillespie⁶ (1997 apud GIBIN; FERREIRA, 2010, p. 1811), que os alunos não conseguem estabelecer relações adequadas entre o nível macroscópico e o submicroscópico.

Nessa fase da sequência, a aluna indicou que há uma interação, mas que não sabia explicar bem.

Professora: *O que você quis dizer nessa imagem (mostrando o estado sólido)?*

NY: *Então, aqui no caso, são dois hidrogênios e um oxigênio, o H_2O . Daí eu liguei o hidrogênio ao oxigênio e, como está no estado sólido, eles ficam mais juntinhos.*

Professora: *E por que o hidrogênio fica perto do oxigênio?*

NY: *Porque é ligado a FON, né? A ponte de hidrogênio.*

Apesar da resposta não ser completa, há indicação, mesmo que subentendida, das forças intermoleculares, até especificando qual. Porém, os integrantes não pareceram realmente ter certeza do que falavam.

Professora: *E também tem algo a ver com cargas?*

AR: *Não pensamos nisso (risos).*

Aqui, como já relatado em outras ocasiões, percebeu-se que eles sabem que existe a interação molecular, porém, não realmente entendida e, novamente, talvez estivessem repetindo um discurso ouvido, pois as informações não vêm fundamentadas. Porém, mesmo assim, houve uma melhora conceitual em relação ao discurso da cartolina, como também, e principalmente, nas representações no domínio submicro. Entendemos que isso se deve, por exemplo, ao envolvimento do estudante no processo de ensino e aprendizagem, pois, “quando os estudantes estão envolvidos na situação de ensino – têm os sentidos empregados na atividade e são sujeitos ativos na construção de seus conhecimentos – ocorre uma tendência de a aprendizagem vir a ser significativa” (GIBIN; FERREIRA, 2010, p. 1811).

A interação do estudante na construção do conhecimento por meio da produção audiovisual o torna ativo e emocionalmente envolvido, o que é fundamental no processo. O uso de recurso audiovisual desenvolve formas sofisticadas e multidimensionais de comunicação sensorial, emocional e racional, superpondo linguagens e mensagens que facilitam a interação com o público (ARROIO; GIORDAN, 2006). Essa ferramenta possibilita que o estudante, além de interagir diretamente com o material, pense na forma como vai expor suas ideias, utilizando uma diversidade de linguagens e podendo optar por aquela ou aquelas que mais lhe forem pertinentes e familiares.

⁶ GILLESPIE, R. G. Commentary: reforming the general chemistry textbook. **Journal of Chemical Education**, Washington, v. 74, n. 5, p. 484-485, 1997.

5.4.4 Grupo 9

Percebeu-se, nas respostas dos textos do grupo 9, formado por MR e RB, uma dissonância nas respostas das integrantes, pois RB ficou atrelada aos termos utilizados no próprio texto. Portanto, em suas respostas apresentou ideias já citadas, sem inferir subjetividade. Em uma das questões revelou ideia substancialista, pois apresentou características da substância para a partícula.

RB: *O texto se refere às partículas de cheiro. Cada partícula apresenta um respectivo cheiro, diferenciando-as.*

Percebe-se que a estudante indicou características fenomenológicas às partículas, ou seja, ao submicroscópico, fato esse visto em outros grupos, como já mencionado, porém, ao final da sequência didática, a ideia não permaneceu. Mortimer (2011) constatou, em sua pesquisa, um caminho comum entre os estudantes na construção do atomismo que, segundo autor, se inicia pela visão contínua da matéria, seguida por uma visão substancialista, sendo, portanto, a ideia intermediária na construção de um atomismo científico, para findar, então, com a visão descontínua da matéria.

“Essa rota genérica é reforçada pelo exame da história, onde os modelos para a matéria, baseados nas “menores partículas”, também apresentaram essas características substancialistas” (MORTIMER, 2011, p. 336). A confusão pode advir das indicações de que a partícula é a menor parte da substância, portanto, conserva suas características físicas e composição química, como indicado por Mortimer (2011) que o substancialismo é fortemente baseado em uma intuição metafísica da poeira, por exemplo, os pós finos, mesmo que muito pequenos, ainda conservam suas propriedades. “Assim, por analogia, a divisão da matéria teria como limite esses grãos de matéria com propriedades da substância” (MORTIMER, 2011, p. 338).

A outra integrante do grupo, MR, indicou, em suas respostas às questões em relação ao texto, explicitações mais subjetivas, mesmo que não se apropriando de termos científicos mais elaborados para a explicação. Contudo, agrega informações em relação ao distanciamento das partículas e as forças de interação nos diferentes estados físicos, conforme indicado na Figura 27.

Imagem – grupo 9	Comentário
<p>Há indicação da matéria particulada e os diferentes distanciamentos nos distintos estados físicos, como a citação da quantidade de interação, porém, não são utilizados termos mais científicos, como as forças intermoleculares, mas é percebida a distinção nos diferentes estados físicos.</p>

Figura 27 - Representação nos diferentes estados físicos da matéria de uma das integrantes do grupo 9 ao questionário

Em outra questão na mesma fase do processo, a estudante integrou, ainda, a relação das partículas separadas com a agitação e o aumento da temperatura nos diferentes estados físicos. Portanto, a estudante MR teve um melhor entendimento conceitual, em relação a RB, porém, vemos tal fato como importante para a construção do conhecimento do grupo, pois não só MR fornecerá informações a RB, como também os questionamentos que surgiram na discussão da dupla podem ter provocado perturbação conceitual nos modelos de MR, fazendo-a refazer/reconstruir seu modelo, se aproximando ainda mais do modelo científico. Mortimer (2011) indicou a fundamental importância da socialização dos modelos para superar o obstáculo ontológico na construção do modelo, o que ele denominou de “horror ao vácuo”, pois o uso de sistema de mediadores, que inclui linguagens, a sequência do material didático, as experiências e as pressões sociais de colegas, foi crucial para entender a assimilação cultural de uma nova realidade.

É inerente a este conceito haver uma diferença entre o desenvolvimento atual de uma pessoa, que se traduz no seu desempenho individual, e o desenvolvimento proximal, que é o seu desempenho nas mesmas tarefas, mas com suporte de um *expert* ou de um colega mais avançado. Tivemos oportunidade de verificar como as discussões em grupo tendem para uma determinada direção, que pode ser progressiva, ou não, dependendo de quais membros do grupo consigam dar a tônica da discussão (MORTIMER, 2011, p. 350).

Na produção das imagens da cartolina as estudantes indicaram, no ponto de fusão, a naftalina e, no ponto de ebulição, a mistura água + glicerina, conforme realizado no laboratório. A naftalina foi indicada por meio da fórmula estrutural, apontando o distanciamento das partículas no estado sólido e, devido ao aquecimento, passando para o estado gasoso, ficando mais distantes (Figura 28).

Imagem – grupo 9	Comentário
	<p>Há indicação da matéria particulada e os diferentes distanciamentos nos distintos estados físicos, como a citação da quantidade de interação, porém, não foram utilizados termos mais científicos, como as forças intermoleculares e a orientação na formação das ligações de hidrogênio na mistura (água + glicerina).</p>

Figura 28 - Representação produzida na cartolina do grupo 9

Na representação submicroscópica da mistura (água + glicerina) não houve a indicação da formação da ligação de hidrogênio. A glicerina é uma molécula polar e tem, em sua estrutura, grupo hidroxila (-OH), assim como a água, formando interações do tipo ligações de hidrogênio entre as moléculas. Porém, essas informações não foram indicadas nas imagens e nem durante a entrevista para a explicação dos modelos, embora estivessem abertos a falarem tudo sobre as representações produzidas.

Professora: *O que é no ponto de ebulição de vocês? É glicerina com água, é isso?*

RB: *É isso*

Professora: *Então vamos lá, me explica.*

MR: *Aqui é a fórmula da glicerina e a fórmula da água (indicando a fórmula com o modelo bola/vareta)*

Professora: *E daí era pra mostrar, no caso, o ponto de ebulição, certo? E aqui está no estado líquido, gasoso? Qual seria?*

RB: *No líquido, porque a gente mostrou... a mistura entre a glicerina e a água.*

Professora: *E se fosse para mostrar no estado gasoso, o que mudaria desse modelo que vocês fizeram?*

RB: *As moléculas estariam mais dispersas?*

Professora: *Então seria como? Me fala como seria se vocês fizessem aqui (indicando um espaço vazio na cartolina).*

MR: *Teria glicerina e a água bem separadas.*

RB: *Tipo em um ambiente maior assim, iria fazer mais separadas.*

Importante ressaltar que não houve, em nenhum momento, até então, alguma explicação, por parte do professor na pesquisa, sobre as interações intermoleculares, polaridade ou algo mais científico, mas os estudantes já tiveram tais conceitos durante as

aulas normais do período da manhã, não exatamente nessa mesma época, mas já haviam tido a aplicação desses conceitos anteriormente. É necessário que se pense mais na forma como os conceitos estão sendo passados, pois, tendo em vista as respostas desse grupo, constata-se que o método utilizado, apostilado, com muitas matérias e conteúdos dados de forma sistemática e com tempo limitado, não está funcionando muito bem, pois os estudantes ainda não se apropriaram do conteúdo de forma que faça sentido para eles.

No processo de fusão foi indicada a naftalina e, conforme o experimento feito pelo grupo, foi observado que ela passa do estado sólido para o gasoso, sendo, portanto, um processo de sublimação, mas, como na parte experimental indicada na folha (ANEXO D), foi dito um experimento de ponto de fusão, não houve menção, por parte dos estudantes, de se tratar de uma sublimação. Houve a preocupação do grupo em mencionar a distância nos diferentes estados físicos, como também que a representação fosse compreensível para as pessoas.

MR: *Aqui seria a naftalina. Daí a gente colocou para ver em uma imagem maior e aqui seriam as... moléculas mais juntas, que seria no estado sólido e aqui mais separadas, que seria no estado gasoso.*

Professora: *O que levou vocês a escolherem esse modelo, essa estrutura?*

MR: *Por causa da fórmula da naftalina.*

RB: *A gente achou mais fácil de... as pessoas visualizarem como é o processo.*

Gibin (2009), analisando textos individuais sobre modelos mentais dos alunos da primeira série do Ensino Médio, referentes à dissolução do cloreto de sódio, relatou que 35% expressaram que a dissolução do cloreto de sódio com a água é uma união entre o sal e a água, não descrevendo mais nenhuma informação. Uma quantidade grande, cerca de 20%, indicou ser uma separação de íons e uma etapa posterior de união da água com o sal, novamente não indicando nenhuma preocupação com a orientação espacial das moléculas e dos íons. Outros 10% só consideraram que a dissolução foi simplesmente a separação dos íons envolvidos. Portanto, percebe-se que não é fácil para o estudante se ater a alguns conceitos químicos, mesmo quando eles são esclarecidos na própria sequência didática.

Fernandes e Marcondes (2006) apontaram as principais concepções dos estudantes sobre ligações químicas. Citam-se aqui algumas que achamos relevantes para esta pesquisa, que são:

- confusão entre ligação iônica e covalente;
- compostos iônicos vistos como entidades discretas, sem retículo cristalino;

- confusão entre ligação covalente e forças inter e intramoleculares;
- as ligações covalentes são rompidas durante o processo de mudança de estado físico;
- as moléculas se expandem com o calor;
- a matéria é contínua;
- propriedades macroscópicas atribuídas ao mundo submicroscópico.

Mesmo que em momentos distintos um ou outro grupo apresentasse alguma indicação dessas concepções, foi interessante o fato de nenhum grupo ter indicado o rompimento das ligações covalentes durante o processo de mudança de estado físico. Portanto, não ocorreu nenhuma confusão de uma transformação física com química.

Na produção do recurso audiovisual, o grupo 4 indicou o processo de fusão e ebulição da água e apresentou uma montagem de sequência de imagens estáticas, feitas com representações macroscópicas e submicroscópicas com massinha de modelar, a partir do macro com uma aproximação para remeter ao submicro (Figura 29).

Figura 29 - *Frames* das representações produzidas no recurso audiovisual do grupo 9

Esse grupo foi o primeiro a entregar o recurso audiovisual e percebeu-se forte interação do grupo, como também uma maior motivação na produção do material. Nessa fase da sequência didática não há menção de visão substancialista, como informado por uma das integrantes no início do processo e, diferentemente das imagens submicroscópicas da cartolina, há menção da ligação de hidrogênio como também o posicionamento correto e coerente ao modelo científico.

MR: *O azul claro é o oxigênio e o amarelo, hidrogênio. A gente tentou fazer o hidrogênio ligado ao oxigênio e assim por diante, formando a ponte de hidrogênio. Aí tem a água, que o gelo derreteu, né? Daí vai aproximando, aproximando... E a gente mostrou as moléculas mais separadas, mas ainda tem o hidrogênio mais perto do oxigênio. E o vapor, que daí a gente fez as moléculas bem mais separadas, que não tem mais a ligação de uma molécula com a outra.*

Professora: *Que não tem?*

MR: *Não tem mais aquela interação das moléculas.*

O grupo aumentou suas informações científicas quanto à mudança de estado físico no nível submicroscópico, como também em seu discurso aumentou os argumentos científicos.

A produção de um recurso audiovisual fez com que esse grupo interagisse de forma a buscar maiores informações, concebendo, assim, conceitos que fizeram sentido para os integrantes, porém, que não divergissem do modelo aceito pela comunidade científica. Ressalta-se que somente o uso das mídias de comunicação, como uma produção audiovisual, não irá atrair e beneficiar os estudantes no processo de ensino e aprendizagem, pois a forma como o recurso é aplicado é importante, isto é, deve ser realizado um planejamento com antecedência e com um objetivo a ser alcançado, mas não se pode ignorar que as mídias fazem parte da vida dos estudantes e que esses materiais, quando utilizados corretamente, devem fazer parte do cotidiano escolar. Para Moran (2007), a escola não valoriza a imagem e essas linguagens, ignora a televisão e o vídeo, exigindo somente o desenvolvimento da escrita e do raciocínio lógico, porém, para o uso efetivo desses materiais os educadores têm que estar cientes da forma e como serão aplicados.

Educar os educadores para que, junto com os seus alunos, compreendam melhor o fascinante processo de troca, de informação-ocultamento-sedução, os códigos polivalentes e suas mensagens. Educar para compreender melhor seu significado dentro da nossa sociedade, para ajudar na sua democratização, onde cada pessoa possa exercer integralmente a sua cidadania (MORAN, 2007, p. 163).

6 CONCLUSÕES

No desenvolvimento desta pesquisa, percebeu-se a importância de transitar entre os diferentes níveis de representação, macroscópico, simbólico e submicroscópico, porém, constatou-se como é difícil para os estudantes expressarem (representações externas; modelos expressos) seus modelos (representações internas; modelos mentais). Concluímos que isso se deve a pouca utilização e valorização do uso de modelos submicroscópicos no ensino e por essas representações não serem espontâneas, já que não se trata de algo real e observável, não fazendo parte do contexto social dos estudantes, portanto algo diferente trabalhado com esses participantes da pesquisa. Mas, mesmo com essa dificuldade inicial, eles apresentaram modelos coerentes, porém, com algumas falhas conceituais, como, por exemplo, a posição espacial das partículas ou a indistinção entre substância e mistura, na representação.

As representações consensuais no domínio submicro, a princípio, eram mais simples e apresentavam alguns erros conceituais e, após discussões para a socialização dos modelos por meio das imagens produzidas na cartolina, houve uma melhora significativa nas representações submicroscópicas pela construção dos recursos audiovisuais, porém convém ressaltar que, a mediação da professora e a troca de ideias e conceitos entre os estudantes foram de suma importância para o aperfeiçoamento dos modelos. Dessa forma, os momentos de discussão foram essenciais para essa reelaboração, pois a troca de informações faz com que os estudantes exponham suas ideias e argumentem suas concepções, portanto quando explicam e justificam seus pontos de vista, estimulam a aprendizagem. A habilidade de argumentação é uma das realizações mais importantes na educação científica. Muitas vezes, durante as aulas, não é possível que o estudante exponha suas ideias e só pelo fato de poder contar aos colegas, ele pode elaborar e aprofundar sua compreensão sobre um determinado conteúdo. Uma das formas de abordar o conceito é por meio da fala. Neste trabalho percebeu-se como é importante esse modo de linguagem entre os pares, como a discussão em grupo para designar o modelo consensual, pois, mesmo o estudante que teoricamente tem maiores informações conceituais, dividindo sua ideia, poderá ser questionado e, assim reconstruir seu modelo mais próximo ao modelo científico.

Além da melhora nas representações submicroscópicas cientificamente, como a forma estrutural das interações moleculares, houve maior argumento no discurso, porém, a linguagem científica existe, mas, em alguns momentos, é utilizada de forma desconexa. Há

necessidade de refletir sobre a apropriação da linguagem científica pelos alunos, desenvolvendo práticas que mostrem sua importância no ensino de Ciências, já que, para muitos pesquisadores, a aprendizagem está relacionada à apropriação desse discurso. É primordial que os docentes enfatizem o uso dessa linguagem, pois, em vários momentos, foi observado o entendimento contextual, mas a inadequação nas explicações em relação aos termos científicos.

A aprendizagem que resulta da pluralidade de linguagens, nas diferentes formas representacionais, em combinação com um discurso integrador, constrói um mecanismo pedagógico essencial. A diversidade de linguagens se faz necessária no ensino de Química, pois se percebeu que, para se atingir maior audiência, há a obrigatoriedade de diferentes formas de expressão do mesmo contexto, o que chamamos de multimodalidade. Foi evidenciada a grande dificuldade que os estudantes têm de expor suas ideias por meio das imagens, o que nos faz pensar que, no processo de ensino e aprendizagem, talvez tenha sido destacado maior uso das linguagens escrita e oral, ou seja, as imagens devem ser inseridas com maior assiduidade no ensino de Ciências, como também outras formas de abordagem teórica, como as mídias, porém, com rigor e critério, para que os objetivos sejam alcançados. Assim, a maior parte dos estudantes, onde houve a agregação de mais informações devido, além das discussões em grupo, momento importante e imprescindível no processo, utilizou outro modo de representação, no caso, a produção de um recurso audiovisual, o que motivou a interação dos integrantes dos grupos, tornando-os parte do processo na construção do conhecimento. Com a produção do recurso audiovisual houve a possibilidade de os estudantes pensarem nas partículas com movimento, o que não haviam pensado antes. Portanto, quanto maior a quantidade de formas de expressar seus conceitos, maior a possibilidade de explorar seus argumentos.

Além de a maior parte dos modelos consensuais apresentarem características mais consistentes cientificamente na fase final da sequência didática, o discurso dos estudantes tornou-se mais coerente e seguro, o que mostra a viabilidade dessa estratégia de ensino.

Concluimos que esse sistema de aprendizagem multimodal é importante, pois, com o uso de diversas formas de abordagem, por meio de diferentes ferramentas (textos, experimento, imagens, discussão), conseguimos alcançar maior interesse de grande parte dos estudantes, manifesto por sua participação e, conforme proposto por Moreno e Mayer (2007), participantes ativos e críticos, fazendo parte da construção do seu conhecimento, ao invés de serem simples ouvintes que absorvem informações. Com isso, o estudante tem a possibilidade

de retomar seus conceitos agregando novas informações e reformulando, assim, seus modelos. Nessa perspectiva, vemos a relevância no uso da modelagem, pois o ensino e a aprendizagem de Química requerem processos de reflexão, construção e reconstrução de modelos que possibilitem a interpretação e a elaboração de explicações por parte do estudante acerca dos aspectos fenomenológicos.

Um ponto digno de nota é que, neste estudo, verificou-se a maior necessidade de gravar toda a sequência didática, pois achamos importante, durante as análises, se tivéssemos também as gravações, pelo menos do áudio das discussões, pois, como já dito, foi importante essa fase da pesquisa. Outro fato é que a entrevista deveria ser feita em todas as atividades (questões do texto, imagens da cartolina e produção do recurso audiovisual), para uma melhor interpretação dos dados. Também achamos relevante, que as atividades deveriam vir com nomes em todos os momentos da sequência, ou seja, independentemente do uso ou não das atividades nas análises, achamos relevante que sempre venham nomeadas, para quaisquer novos rumos que a pesquisa se encaminhe.

Por fim, recomendamos o uso mais assíduo da construção de modelos e discussão para a elaboração e a apropriação da linguagem científica pelos estudantes, pois isso faz com que eles selecionem e organizem suas informações, desenvolvendo melhor suas concepções científicas acerca do assunto estudado. Vemos, também, a importância de pesquisas sobre a dificuldade de estudantes do Ensino Médio quanto à exposição das representações submicroscópicas dos fenômenos, pois há um bloqueio nesse processo, isto é, por que é tão difícil para alguns alunos construir uma imagem no domínio submicro? É um problema subjetivo ou está afeto ao próprio contexto social? Portanto, ressalta-se, aqui, que ainda existe muito campo a ser pesquisado com relação à construção de modelos e, principalmente, sobre o que dificulta que os estudantes os exponham no ensino de Ciências, em particular no ensino de Química. Esses questionamentos apontam para a grande viabilidade e necessidade de pesquisas futuras para maiores esclarecimentos sobre esse assunto.

7 AGRADECIMENTOS

Aos alunos e alunas participantes desta pesquisa; à escola, que autorizou o desenvolvimento da pesquisa e à CAPES, pela bolsa de mestrado concedida.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. N. **O ensino globalizante em dinâmica de grupo**. São Paulo: Saraiva, 1973. 136 p.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira Thonson Learning, 2002. 203 p.

ARROIO, A.; GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 24, p. 7-10, 2006.

AYRES, C. **O uso do recurso multimídia no ensino de química para alunos do ensino médio sobre forças intermoleculares**. 2011. 319 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química)-Curso de Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977. 229 p.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2003. 512 p.

BELTRAN, N. O. Ideias em movimento. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 5, p. 14-17, 1997.

BEN-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. Student's visualization of a chemical reaction. **Education in Chemistry**, Washington, v. 17, p. 117-120, 1987.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Ed. Porto, 1994. 335 p.

BORGES, A. T. **Um estudo de modelos mentais**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol2/n3/borges.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

_____. Modelos mentais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 12., 1997, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Física, 1997. 1 CD-ROM.

BORUCHOVITCH, E. Estratégias de aprendizagem e desempenho escolar: considerações para a prática educacional. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 361-376, 1999.

BZUNECK, J. A. A motivação do aluno: aspectos introdutórios. In: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A. (Org.). **A motivação do aluno**: contribuições da psicologia contemporânea. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2009. p. 9-36.

COSTA, C. **Educação, imagem e mídias**. São Paulo: Cortez, 2005. 198 p.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **O planejamento da pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Penso, 2006. 432 p.

DIAS, D. D.; WEBER, K. C.; ARROIO, A. Construction of graphics in chemistry: an essential competence in investigative activities. **Natural Science Education**, Madison, v. 38, n. 3, p. 7-20, 2013.

FERNANDES, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligação química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 24, p. 20-24, 2006.

FERREIRA, A. B. de H. **Dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 5. ed. São Paulo: Positivo, 2010. 2272 p.

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

FERREIRA, C. R. **O uso de visualizações no ensino de química**: a formação inicial do professor de química. 2010. 727 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

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

FRANCISCO JUNIOR, W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 30, p. 34-41, nov. 2008.

GARCÍA, J. J. G. **La compresión de las representaciones gráficas cartesianas presentes en los libros de texto de ciencias experimentales, sus características y el uso que se hace de ellas en el aula**. 2005. 358 f. Tese (Doutorado em Didática de Ciências Experimentais)-Departamento de Ciências Experimentais da Faculdade de Ciências da Educação, Universidade de Granada, Granada, 2005.

GENTNER, D.; STEVENS, A. L. **Mental models**. Hillsdale: L. Erlbaum, 1983.

GIBIN, G. B. **Investigação sobre a construção de modelos mentais para o conceito de soluções por meio de animações**. 2009. 277 f. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

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

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

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p.

_____. **Didática do ensino superior**. São Paulo: Atlas, 2006. 286 p.

GILBERT, J. K. Models and modelling: routes to more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, Cham, v. 2, p. 115-130, 2004.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Stretching models too far. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN EDUCATIONAL RESEARCH ASSOCIATION, 1995, San Francisco. **Proceedings...** San Francisco, 1995. 1 CD-ROM.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 10, p. 43-49, 1999.

_____. **Uma perspectiva sociocultural para os estudos sobre elaboração de significados em situações de uso do computador na educação em ciências**. 2006. 315 p. Tese (Doutorado em Educação)-Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

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**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 95-108, 1996.

GUIMARÃES, S. É. R.; BORUCHOVITCH, E. O estilo motivacional do professor e a motivação intrínseca dos estudantes: uma perspectiva da Teoria da Autodeterminação. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 143-150, 2004.

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

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

_____. Why is science difficult to learn?: things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, New York, v. 7, n. 2, p. 75-83, 1991.

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 em Química)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

KLEIN, T. A. S.; LABURÚ, C. E. **Imagem e ensino de ciências**: análise de representações visuais sobre DNA e biotecnologia segundo a retórica da conotação. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienepec/pdfs/1639.pdf>>. Acesso em: 6 jan. 2014.

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

KRAPAS, S. et al. **Modelos**: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. Porto Alegre: UFRGS, 1997. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol2/n3/krapas.htm>>. Acesso em: 2 jun. 2015.

LABURÚ, C. E.; ZOMPERO, A. F.; BARROS, M. A. Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 1, p.7-24, 2013.

LEMKE, J. L. **Aprender a hablar ciencia**. Buenos Aires: Paidós, 1997. 273 p.

MARASINI, A. B. **A utilização de recursos didáticos-pedagógicos no ensino de biologia**. 2010. 28 p. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MARTORANO, S. A. A.; CARMO, M. P. Investigando as ideias dos alunos do ensino médio sobre a matéria. **Semina: Tech. Ex**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 237-244, 2013.

MAYER, R. **Multimedia learning**. New York: Cambridge University Press, 2001. 320 p.
_____. The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. **Learning and Instruction, Pergamon**, Amsterdam, v. 13, p. 125-139, 2003.

MENDES, M. A. A. **Produção e utilização de animações e vídeos no ensino de biologia celular para a 1ª série do ensino médio**. 2010. 103 p. Dissertação (Mestrado em Biologia)-Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.

MINAYO, M. C. de S. (Org.). **Pesquisa social: teoria método e criatividade**. 17. ed. Petrópolis: Vozes, 1994. 80 p.

MORAN, J. **Desafios na comunicação pessoal: as mídias na educação**. 3. ed. São Paulo: Paulinas, 2007. 192 p.

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

MORENO, R.; MAYER, R. Interactive multimodal learning environments. **Educational Psychology Review**, New York, v. 19, n. 3, p. 309-326, 2007.

MORTIMER, E. F. Concepções atomistas dos estudantes. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 23-26, 1995.

_____. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2011. 373 p.

MORTIMER, E. F.; CHAGAS, A. N.; ALVARENGA, V. T. Linguagem científica versus linguagem comum nas respostas escritas dos vestibulandos. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 7-19, 1998.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva na sala de aula de ciências; uma ferramenta para sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, São Paulo, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MUCCHIELLI, R. **Les méthodes qualitatives**. Paris: Presses Universitaires de France, 1991.

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

OLIVEIRA, C. L.; SILVA, L. T. Discussão e técnicas de ensino em grupo: ferramentas de aprendizagem no ensino do direito. **Revista Eletrônica Direito e Política**, Itajaí, v. 10, n. 4, p. 2187-2208, 2015.

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.

PAIVIO, A. **Imagery and verbal processes**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1971.

_____. **Mental representations: a dual-coding approach**. New York: Oxford University Press, 1986. 322 p.

PERALES, F. J. La imagen en la enseñanza de las ciencias: algunos resultados de investigación en la Universidad de Granada, España. **Formación Universitaria**, Santiago, v. 1, n. 4, p. 13-22, 2008.

PERALES, F. J.; JIMÉNEZ, J. Las ilustraciones en la enseñanza aprendizaje de las ciencias: análisis de los libros de texto. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 20, n. 3, p. 369-386, 2002.

PINK, S. **Doing visual ethnography**. 3. ed. Melbourne: Sage, 2013. 248 p.

POZO, J. L.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 296 p.

REIS, A. de S. **Ligações hidrogênio no cotidiano: uma contribuição para o ensino de química**. 2008. 189 f. Dissertação (Mestrado em Química Inorgânica)-Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

RODRIGUES, R. C. Análise e tematização da imagem fotográfica. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 3, n. 36, p. 67-76, 2007.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. 278 p.

SANTOS, V. C.; ARROIO, A. **A química nos modos macroscópico, microscópico e simbólico: uma revisão sobre as contribuições para pesquisas em ensino de química**. Santo André: UFABC, 2013. Disponível em: <http://eventos.ufabc.edu.br/eppeq2013/anais/resumos/95a.pdf>. Acesso em: 28 maio 2016.

SARDELICH, M. E. Leitura de imagens e cultura visual: desenredando conceitos para a prática educativa. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 27, p. 203-219, 2006.

SCARDUA, A. C. Olfato. In: _____. **Os sentidos da felicidade**. Disponível em: <https://angelitascardua.wordpress.com/os-sentidos/olfato/>. Acesso em: 8 jul. 2015.

SILVA JÚNIOR, A. J.; WARTHA, E. J. A Experimentação e a superação dos obstáculos epistemológicos no processo de compreensão da estrutura da matéria. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 144-154, 2011.

SOUZA, D. D. D.; ARROIO, A. Explorando a aprendizagem multimodal em aulas de química: o caso do equilíbrio químico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 16.; ENCONTRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA DA BAHIA, 10., 2012, Salvador. **Anais...** Salvador: Ed. UFBA, 2012. Disponível em: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/8075>. Acesso em: 10 jul. 2015.

SOUZA, V. L. C. A.; OLÁRIA, V. Outros olhares sobre o uso da imagem em pesquisa qualitativa: o exercício com a interpretação de Didi Huberman. **Revista de Comunicação e Informação**, Goiânia, v. 17, n. 2, p. 6-22, 2014.

TAN, K. C. D.; TREAGUST, D. F. Evaluating students understanding of chemical bonding. **School Science Review**, Hatfield, v. 81, n. 294, p. 75-83, 1999.

TAUCEDA, K. C.; PINO, J. C. Modelos e outras representações mentais no estudo do DNA em alunos do ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, São Paulo, v. 2, n. 15, p. 337-354, mar. 2010.

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

_____. On cognitive constraints and learning progressions: the case of “structure of matter”. **International Journal of Science Education**, London, v. 4, n. 15, p. 2123-2136, 2009.

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**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 187-209, 2003.

WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J. Learning junior secondary science through multi-modal representations. **Electronic Journal of Science Education**, Georgetown, v. 11, n. 1, p. 87-107, 2006.

WARTHA, E. J.; GUZZI FILHO, N. J.; JESUS, R. M. O experimento da gota salina e os níveis de representação em Química. **Educación Química: Didáctica de la Química**, México, v. 1, n. 23, p. 55-61, 2011.

WELLER, W.; BASSALO, L. M. B. Imagens: documentos de visões de mundo. **Sociologias**, Porto Alegre, n. 28, p. 284-314, 2011.

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**, New York, v. 38, n. 7, p. 821-840, 2001.

ANEXOS

ANEXO A – TEXTO

Por que sentimos cheiros?

Para que se sintam odores, é preciso que algum material chegue ao nariz. Os materiais, de uma forma geral, podem se encontrar no estado sólido, líquido ou gasoso. Quando pequenas partículas se propagam pelo ar e alcançam o nariz, se consegue sentir o cheiro de qualquer um desses materiais. Por exemplo, sente-se facilmente o cheiro da naftalina e de vários perfumes, enquanto o cheiro do sal ou do açúcar, na prática, não é notado.

Hoje, sabe-se que os diferentes estados físicos das substâncias devem-se à magnitude das forças atrativas com que suas moléculas interagem umas com as outras. Quando algumas moléculas conseguem romper estas forças atrativas, por terem energia cinética suficiente, e passam para o estado gasoso, movem-se mais livremente no ambiente e chegam ao nariz. Quando as partículas estão fortemente ligadas e não se transformam em gás ou vapor facilmente, como é o caso de substâncias que tenham metais em sua composição, o material é inodoro.

Se o número de moléculas for suficiente é possível sentir o cheiro. Esse número, entre os seres animais, varia de espécie para espécie e de indivíduo para indivíduo, na mesma espécie. Considerando a capacidade dos seres humanos de detecção (percepção) dos cheiros, o número de moléculas deve ser bastante elevado, enquanto os cachorros, por exemplo, necessitam de um número menor de moléculas, já que possuem maior número de células olfativas.

Quando respiramos, as partículas chegam ao nariz até os pelos na cavidade nasal, onde ficam retidas. Ela está localizada em um espaço atrás do nariz onde há pequenos ossos que direcionam o ar para a boca e para a garganta. O órgão olfativo envia sinais ao cérebro, que os interpreta e informa se o cheiro é bom ou ruim, forte ou fraco. Por exemplo, quando sentimos o cheiro de algum alimento de que gostamos, ficamos com água na boca porque, ao decifrar o cheiro, o cérebro estimula as glândulas salivares e prepara o organismo para receber esse alimento.

Figura 1: O mecanismo da percepção do odor.

Tanto o olfato quanto o paladar se desenvolvem com o treino. Quanto mais diferenciadas forem as experiências olfativas de uma pessoa, maior será sua capacidade de distinguir cheiros. Por isso, nossa memória olfativa será tão extensa quanto a diversidade de cheiros que sentirmos ao longo da vida. Porém bem menor que a de Jean-Baptiste Grenouille, personagem principal do Livro/Filme “*Perfume, a História de um*

Assassino”, que conseguia identificar tudo a seu redor apenas através do aroma.

A relação entre cheiro e emoção pode ser entendida a partir da investigação do processamento das informações olfativas pelo sistema sensorial. Quando sentimos um aroma, de imediato as amígdalas cerebelosas trabalham e relacionam aquele odor à ação que está ocorrendo ou a como nos sentimos naquele momento. O cheiro é, então, guardado na memória, acompanhado da emoção/sentimento que estamos vivenciando naquele momento. Quando voltamos a sentir o mesmo cheiro, a memória afetiva é ativada e a conexão entre o aroma e a emoção correspondente torna-se perceptível. É por isso que, às vezes, somos acometidos pela lembrança de uma situação passada na presença de determinados odores.

O interessante dessa relação entre cheiro, emoção e memória é que: como cada um de nós tem um cheiro próprio, e como cada interação com outra pessoa nos provoca emoções, tendemos a associar um odor

específico à lembrança que temos de alguém. Assim, quando sentimos o cheiro que remete à emoção provocada por aquela pessoa, sentimos as mesmas emoções que tínhamos, ou temos, quando estamos com ela. Ou seja, é quase impossível dissociar cheiro de afeto!

O cheiro natural é, por si só, “o grande atrativo” e desempenha um papel decisivo na atração sexual humana; é o odor natural da pele que desperta o desejo e faz com que a atração se estabeleça fazendo existir a chamada “química”.

Figura 2: A química da emoção

Agora responda:

Em suas respostas a todas as perguntas, sempre que possível, além de escrever, faça também desenhos que representem sua explicação para o fenômeno utilizando representações para os modelos atômico-moleculares. Procure fazer com que suas imagens pictóricas sejam claras.

- 1) A que partículas o texto se refere? Explique porque, à temperatura ambiente, os materiais podem estar em diferentes estados físicos.
- 2) No contexto do artigo, o que seriam materiais? O que é uma substância?
- 3) “Hoje, sabe-se que os diferentes estados físicos das substâncias devem-se à magnitude das forças atrativas com que suas moléculas interagem umas com as outras.” O que você entende com essa afirmação?
- 4) O que você poderia comentar sobre o exemplo apresentado no trecho a seguir? A frase está correta ou parece haver alguma inconsistência?
Quando as partículas estão fortemente ligadas e não se transformam em gás ou vapor facilmente, como é o caso de substâncias que tenham metais em sua composição, o material é inodoro.
- 5) Explique, em suas palavras, como o cheiro de um determinado perfume chega a nossas células olfativas. Diga, primeiro, o que vem a ser um perfume.
- 6) Conforme o texto, por que não podemos sentir o cheiro do sal? Explique.

Referências:

BIOLOGIEENFLASH. Disponível em: <<http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0078-3>>. Acesso em: 8 jul. 2015.

GIANIZZELLA, C. **Por que sentimos cheiro?** Disponível em: <<http://fisicacampusararangua.blogspot.com.br/2010/12/por-que-sentimos-cheiro.html>>. Acesso em: 8 jul. 2015.

SCARDUA, A. C. Olfato. In: _____. **Os sentidos da felicidade.** Disponível em: <<https://angelitascardua.wordpress.com/os-sentidos/olfato/>>. Acesso em: 8 jul. 2015.

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: Produção de animação para investigação de representações de estudantes do Ensino Médio sobre o modelo descontínuo da matéria na Química.

Nome da Pesquisadora: Tânia Cristina Vargas Sana

Nome do Orientador: Profº Doutor Agnaldo Arroio

Instituição: Universidade de São Paulo

Prezados Pais ou responsáveis:

Os alunos do 2º e 3º ano do Ensino médio do Colégio_____, com a autorização do Diretor, _____, estão sendo convidados a participarem de uma pesquisa que tem como finalidade o estudo de modelos/ representações no ensino de Química. Esta pesquisa é de cunho acadêmico, fazendo parte de uma dissertação de mestrado na área de Ensino de Ciências.

A participação do aluno nesta pesquisa é voluntária e garantida a liberdade da retirada do consentimento a qualquer momento, como também deixar de participar do estudo. Todas as informações coletadas neste estudo são confidenciais e de uso exclusivamente acadêmico, com possibilidade de exposição em artigos científicos, conferências e congressos e, ainda assim, a identidade do pesquisado será preservada pelo anonimato. Não existirão despesas ou compensações pessoais para o participante em qualquer fase do estudo. Esperamos que esta pesquisa possa gerar informações importantes sobre representações sub-microscópicas dos estudantes para diferentes fenômenos químicos.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participação do aluno nesta pesquisa acadêmica.

Consentimento Livre e Esclarecido

Tendo em vista os itens acima expostos, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa.

Participante da Pesquisa: _____

Ass. Responsável: _____

São Paulo, ____/____/____

ANEXO C – EXPERIMENTO PONTO DE EBULIÇÃO

Nome: _____ Série ____ nº _____

Disciplina: **Química**Prof **Tânia**

Data: ____ / ____ / ____

Material didático extraído de:

Capítulo 2. COMO SE RECONHECE UMA REAÇÃO QUÍMICA? in **PROQUIM**: Projeto de Ensino de Química para o 2º Grau. Vol. I e II. Campinas: UNICAMP, 1986. 52p.

MASON, Antonieta B.; REZENDE, Daisy de B.; ROMANELI, Lilavate I.; MARCONDES, Maria E. R.; BELTRAN, Maria H. R.; BELTRAN, N. O.; SCHNETZLER, Roseli P.

PONTO DE EBULIÇÃO**I – INTRODUÇÃO**

É muito fácil distinguir uma porção de água de uma porção de vinho tinto. Através de um simples olhar tem-se, imediatamente, a resposta: a água é incolor e o vinho é avermelhado. Entretanto, como se poderia diferenciar uma porção de água do mar filtrada de uma porção de água pura, sem experimentar o gosto? Ou, como se poderia distinguir uma porção de água de uma de álcool, sem sentir o odor?

As respostas a estas questões podem ser dadas através do estudo das propriedades desses materiais. O ponto de ebulição é uma das propriedades mais indicadas seja para distinguir, seja para identificar, líquidos. Quando se aquece um líquido até uma determinada temperatura ele começa a ferver, ou seja, entra em ebulição. A temperatura em que ocorre a ebulição de um material é chamada de ponto de ebulição.

Mas, como se poderia utilizar esta propriedade – o *ponto de ebulição* – para caracterizar uma substância e diferenciá-la de uma mistura? Você pode responder a esta pergunta realizando o experimento a seguir. Neste experimento, você vai analisar a variação da temperatura com o tempo durante o aquecimento e ebulição de um líquido puro e de uma mistura. Ao final do experimento, você será capaz de:

- ✓ definir o que é substância;
- ✓ julgar se o ponto de ebulição de uma substância pode ser considerado uma constante física;
- ✓ verificar se o ponto de ebulição pode ser utilizado para caracterizar uma substância e distingui-la de uma mistura.

II - Material Necessário

glicerina	2 béqueres de 100 mL	1 tripé e 1 tela de amianto	1 cronômetro
água	1 bagueta	1 bico de Bunsen (ou lamparina)	1 termômetro de 10 a 110° C

III - Procedimento

1. **Trabalhe com segurança:** evite queimaduras, não pegando os materiais quentes com as mãos.

2. Monte a aparelhagem necessária para aquecer a água no béquer conforme indicado na Figura II-1.
3. Coloque a quantidade de água no béquer indicada pelo seu professor.
4. Coloque o termômetro na água e inicie o aquecimento. Durante o aquecimento agite a água com o próprio termômetro, **CUIDADOSAMENTE**.
5. A cada 30 segundos, leia a temperatura da água e anote-a na tabela de dados, que você construiu em seu caderno de anotações de laboratório. **Assinale a temperatura em que se inicia a ebulição.**
6. Após o início da ebulição, continue marcando a temperatura da água, a cada 30 segundos, durante 3 minutos.

Feita a coleta de dados com a água, o mesmo processo será feito com uma solução de glicerina.

Para isso:

1. Coloque, no outro béquer, a quantidade de glicerina indicada por professor. Adicione água até no máximo a metade do volume do béquer e agite com a bagueta para que a glicerina se misture completamente.
2. Repita o procedimento de tomada de dados com esta mistura de água e glicerina.

IV - Tabela de Dados

Reproduza as tabelas abaixo em seu diário de bordo, deixando espaço suficiente para o registro de dados.

Tabela 1: Aquecimento da Água

Tempo/s	Temperatura/°C	Observações

Tabela 2: Aquecimento da Glicerina + Água

Tempo/s	Temperatura/°C	Observações

V- Análise de Dados

1. Para analisar e comparar melhor os dados obtidos no experimento construa o gráfico em uma cartolina que representa o comportamento da temperatura durante o aquecimento da água (temperatura em ordenadas x tempo em abscissas). Na mesma escala, **construa também o gráfico que representa o aquecimento da mistura de água e glicerina.**
2. Indique, em cada gráfico, os pontos que, com certeza, correspondem à ebulição dos materiais.
3. Quais são as temperaturas em que ocorre a ebulição da água e da mistura de água e glicerina?
4. A temperatura em que ocorre a ebulição da água é constante? E da mistura, também? Explique sua resposta.

Compare seus dados com os valores obtidos por outras equipes que usaram outra quantidade de água e uma mistura de água com glicerina de outra proporção; responda às questões seguintes explicando suas respostas.

5. A temperatura em que ocorre a ebulição da água depende, ou não, da quantidade usada?
6. A temperatura em que se inicia a ebulição da mistura de água e glicerina depende da quantidade usada? Depende da proporção da mistura?
7. A água apresenta um único valor para o ponto de ebulição? E a mistura da água e glicerina?

ANEXO D – EXPERIMENTO PONTO DE FUSÃO

Nome: _____ Série _____ nº _____

Disciplina: **Química**Prof **Tânia**

Data: ____/____/____

PONTO DE FUSÃO

Material didático extraído de:

Capítulo 2. COMO SE RECONHECE UMA REAÇÃO QUÍMICA? in **PROQUIM**: Projeto de Ensino de Química para o 2º Grau. Vol. I e II. Campinas: UNICAMP, 1986. 52p.

MASON, Antonieta B.; REZENDE, Daisy de B.; ROMANELI, Lilavate I.; MARCONDES, Maria E. R.; BELTRAN, Maria H. R.; BELTRAN, N. O.; SCHNETZLER, Roseli P

I- Introdução

Como você viu no experimento anterior, o ponto de ebulição de uma substância é uma constante física, pois apresenta um único valor que depende apenas da substância e não da quantidade da mesma. Assim, o ponto de ebulição pode ser utilizado para identificação de uma substância.

No entanto, existem substâncias que possuem pontos de ebulição muito próximos. Por exemplo, o ponto de ebulição do álcool isopropílico é 82,4º C e do álcool tercisobutílico é 82,2ºC e ambas as substâncias são líquidos incolores à temperatura ambiente. Neste caso, seria extremamente difícil a distinção destas duas substâncias apenas pelos seus pontos de ebulição. É necessário, portanto conhecer outras propriedades características destas substâncias para que se possa identificá-las com maior confiabilidade.

E no caso de ser necessário identificar uma substância sólida? Seria prático determinar seu ponto de ebulição?

Para responder a esta questão também é necessário conhecer outras propriedades físicas das substâncias. Uma das maneiras seria observar o comportamento destas substâncias sólidas quando submetidas ao aquecimento.

Geralmente, um sólido, quando aquecido, começa a se transformar em líquido ao alcançar uma determinada temperatura, isto é, começa a fundir: a temperatura na qual ocorre a fusão de um sólido é denominada ponto de fusão. Por outro lado, um líquido ao ser resfriado, transforma-se em sólido, ou seja, solidifica. A temperatura em que ocorre a solidificação de um líquido é denominada ponto de solidificação.

Como estas propriedades físicas podem ser utilizadas para caracterizar uma substância sólida e diferenciá-la de uma mistura?

Para responder a esta questão você deverá realizar o experimento a seguir, onde analisará a variação da temperatura em função do tempo durante o aquecimento e a fusão ou resfriamento e a solidificação, de dois materiais diferentes.

II - Material Necessário

2 tubos de ensaio	1 béquer de 250 mL
1 termômetro de -10 a 110°C	1 suporte universal
1 tripé	1 garra
1 mufa	1 cronômetro ou relógio com marcador de segundos
1 bico de Bunsen	1 tela de amianto
	1 almofariz e pistilo
naftalina	parafina
água	

III - Procedimento

1. Coloque água até aproximadamente $\frac{3}{4}$ do volume do béquer.
2. Triture algumas bolinhas de naftalina no almofariz ou faça pedaços pequenos de parafina conforme o experimento solicitado pelo professor e, a seguir, coloque a quantidade indicada num dos tubos de ensaio.
3. Monte a aparelhagem conforme mostra a figura II.2.
4. Após mergulhar na água do béquer o tubo de ensaio contendo o sólido e o termômetro, ligue o bico de Bunsen e inicie o aquecimento. Se a água começar a ferver, desligue o bico de Bunsen.
5. Durante o aquecimento, agite o sólido com o termômetro, **CUIDADOSAMENTE**.

Figura II.2

6. Anote a temperatura do sólido na tabela de dados a cada 15 segundos. Assinale, na tabela, a temperatura na qual se inicia e a temperatura na qual **se completa** a fusão do sólido.
7. Continue a anotar os dados até que a temperatura do material atinja cerca de 90°C.

IV- Tabela de Dados

Reproduza em seu caderno, as tabelas a seguir com espaço suficiente para a anotação dos dados.

Aquecimento (parafina/naftalina)

Tempo	Temperatura	Observações

V- Análise dos Dados

Observando seus dados de temperatura, responda:

1. A naftalina apresenta um único valor para o ponto de fusão? E a parafina? Explique.
2. Considerando que a quantidade de naftalina variou a cada grupo, você pode dizer que o ponto de fusão depende da quantidade de material?
3. Do que é constituída a naftalina? E a parafina?
4. Como se pode distinguir uma substância sólida de uma mistura?
5. Considerando suas conclusões neste experimento e no experimento anterior defina substância.
6. Considerando suas conclusões neste experimento e no experimento anterior defina mistura.

ANEXO E – IMAGENS PRODUZIDAS NAS CARTOLINAS

Grupo 1 – AL, JW e AR

Grupo 2 – NT e NY

Grupo 3 – BT, RE e AL **Grupo 4 – GS e LS**

Grupo 5 – JR e ML

Grupo 6 – LS e MT

Grupo 7 – LZ, RF e ES **Grupo 8 – MR, GB e MA**

Grupo 9 – MR e RB

Grupo 10 – NS, WL e CD

Grupo 11 – PR e ER **Grupo 12 – RN, TL e AL**

Grupo 13 – TH e AM

ANEXO F – FRAMES DOS RECURSOS AUDIOVISUAIS

Grupo 2 – NT e NY
<p>Fase 1</p>	<p>Fase 2</p>
<p>Fase 3</p>	<p>Fase 4</p>

Grupo 3 – BT, RE e AL

Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Grupo 4 – GS e LS

Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Grupo 5 – JR e ML

Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Grupo 6 – LS e MT

Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Grupo 7 – LZ, RF e ES

Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Grupo 8 – MR. GB e MA

Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Grupo 9 – MR e RB

Fase 1

Fase

2

Fase 3

Fase 4

Grupo 10 – NS, WL e CD

Grupo 11 – PR e ER

Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Grupo 12 – RN , TL e AL

Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

ANEXO G – TRANSCRIÇÕES DAS ENTREVISTAS

Entrevista das imagens produzidas na cartolina

Grupo 1 (AL , JW e AR)

Profª: No ponto de fusão, desenharam o quê?

AL: A gente desenhou uma barra de chocolate, uma panela sendo aquecida. E aqui é a barra de chocolate no estado sólido e aqui no estado líquido.

Profª: E o que seria essa parte de baixo aqui?

AL: Aqui é quando a barra de chocolate sólida, que as moléculas estão juntas.

Profª: E aqui?

Al: Aqui é ela líquida, porque estão um pouco mais separadas.

Profª: E esses quadradinhos seriam o quê?

JW: Cada molécula de chocolate.

Profª: Cada molécula de chocolate, está bem. Então vamos lá do outro lado. Do outro lado você tem o ponto de ebulição . No caso você fez só a água ?

AL: Isso.

Profª: Então explica o que seria cada coisa.

JW: Aqui é a água no estado líquido, porque é aqui né? E aqui é o macroscópico né?

Profª: Submicroscópico

JW: Submicroscópico. E elas estão mais separadas. E no estado gasoso elas estão mais dispersas.

Profª: E cada bolinha dessa seria...?

JW: H₂O

Grupo 2 (NT e NY)

Profª: Vamos aqui primeiro, que é o ponto de ebulição.

NT: Aqui é o ponto de ebulição, que é o líquido que vai para o gasoso e a gente representou com água e um bule, porque quando a água é esquentada no bule, ela vai do líquido para o gasoso. No gasoso, as partículas de água estão mais dispersas e no líquido as partículas estão mais juntas.

Profª: Por que você as representou assim viradinhas , uma ao lado da outra, tem alguma explicação? Como é?

NT: Ah... é um desenho, a gente achou bonitinho, daí a gente fez assim.

Profª: Ok. Agora vamos p'ro lado de cá. Explique aqui.

NT: Aqui é o ponto de fusão, que vai do sólido pro líquido, aí a gente representou com o sal no fogo. O sal quando está no estado sólido ele fica mais juntinho e quando ele está no estado líquido, as partículas estão mais separadas.

Profª: Entendi.

NT: Aqui é o Na e aqui o Cl.

Profª: O Na é o roxinho ?

NY: Isso, anh anh.

Profª: Então aqui ele está no estado líquido. É isso?

NY: É. E aqui no estado sólido.

Profª: Então vocês acham que no estado sólido as partículas estariam mais ou menos nesse esqueminha?

NY: É, elas ficam mais juntas do que no estado líquido.

Grupo 3 (RE , BT e AL)

Profª: Aqui ... fusão. Então vamos, expliquem.

RE: Bom, aqui a gente usou a parafina e o processo dela... passa de sólido pra líquido, então as moléculas não ficam mais juntas.

Profª: Então aqui você pôs a parafina. E aqui?

BT: É a parafina do sólido para o líquido e aqui é totalmente líquido. É quando as bolinhas estão mais... *(faz gestos com as mãos indicando distantes)*

Profª: Afastadas?

BT: Isso.

Profª: Bom, então vamos à ebulição. Expliquem.

BT: Ebulição da água, do líquido pro gasoso. Quando elas estão mais juntas, mas não tanto, estão meio dispersas e no gasoso elas estão totalmente... dispersas.

Profª: E essa posição, por exemplo, de estar aqui e esse estar assim, *(indicando a posição das moléculas)* tem algum significado ou não? vocês fizeram o desenho normal e foi saindo dessa forma?

BT: Como assim?

Profª: A posição em que as moléculas estão, por exemplo, esta do lado desta e esta assim ... *(posição das moléculas)*

BT: Não, foi normal... elas não são exatamente assim

RE: Normal, sem explicação.

Profª: Ok, obrigada.

Grupo 4 (LS e GS)

Profª: Aqui é a ebulição, certo? Então expliquem.

LS: Foi igual ao experimento que a gente fez em uma de nossas reuniões e eu coloquei só água, água pura. Nas moléculas de água, eu coloquei várias e elas meio organizadas, porém com um espaço entre elas. Na fumacinha que é quando já entrou em ebulição, no vapor, eu coloquei menores, separadas, pra diferenciar, porque no estado gasoso, são todas bagunçadas e bem espaçadas umas das outras.

Profª: Estas 3 bolinhas o que seriam?

LS: H₂O

Profª: Bem, agora aqui... é ponto de fusão? E, GS, o que vocês fizeram?

GS: Eu fiz aqui a geladeira e a transformação do estado líquido para o sólido. Aí, no estado líquido, as moléculas estão mais distantes e no estado sólido elas ficam mais juntas.

Profª: Tem motivo desta molécula, por exemplo, estar nesta posição ou fizeram aleatoriamente?

GS: Então: o O é ligado aos 2H para completar as ligações dele.

Profª: Sim, sim, ficando H₂O ?

GS: Sim.

Profª:Então pergunto: tem algum motivo? Se não tiver ,você fala que não tem. Tem algum motivo dela estar assim desse jeitinho, assim pra cima, todas elas assim? *(Indicando a posição das moléculas)*.

GS: Não, depende de baixo pra cima, de cima pra baixo?

Profª: É

GS: Não, não tem.

Profª: Está bom. Aqui você tinha feito H_2O . E aqui você fez uma bolinha só. É isso?

GS: É, eu pus, mas não é, mas pra ser mais pequeno, mais juntinho.

Profª: Mas cada bolinha dessa significa...?

GS: Uma molécula de água.

Profª: Só que difere do que o que você tinha feito...

GS: É que eu fiz maior e depois aqui para parecer que é menorzinha.

Profª: Entendi.

Grupo 5 (JR e MT)

Profª: Quero que vocês expliquem a imagem que vocês colocaram e o que significa cada coisa.

JR: Então, aqui a gente desenhou um cubo de gelo, que através da temperatura do sol, provoca um aumento da temperatura interna do gelo, que está no estado físico sólido, que através, com o aumento da temperatura, as moléculas se soltam um pouco uma das outras, assim, transformando no estado líquido.

Profª: E por que você esquematizou assim juntinhas? Explique um pouquinho sobre isso.

JR: Aqui tá no estado sólido, eu me baseei nesse pedaço aqui, porque tá meio derretendo já, ou seja, essa parte aqui ainda estaria no estado sólido, ou seja, no gelo, já essa parte aqui, estaria transformando no estado líquido, onde as moléculas começam a se soltar um pouco, não completamente, porque através da temperatura elas se agitam um pouquinho mais.

Profª: Entendi. Então vamos agora para o outro, que é ebulição. Expliquem o que vocês fizeram.

ML: Aqui a gente se baseou no ciclo da chuva, onde tem a evaporação dos rios. Aqui é a água do mar, que é uma mistura, contendo várias substâncias e tem moléculas um pouco mais separadas, porém com a temperatura do sol, elas se evaporam, ou seja, elas se agitam mais, saindo do estado líquido e indo para o estado gasoso. E as moléculas se afastando uma das outras, o distanciamento.

Profª: OK. Agora eu não entendi e queria que vocês explicassem melhor, o que seria esse verde, esse azul, esse preto... *(indicando as bolinhas pintadas)* O que é?

JR: Esses aqui são os átomos de... como posso falar? As substâncias, porque como é uma mistura, existem várias substâncias, não é só composta por um tipo de substância.

Grupo 6 (LS e MT)

Profª: Primeiro vamos começar a explicar o ponto de ebulição. Então eu quero que vocês expliquem o que quiseram dizer com essas informações e essas imagens que colocaram, mostrando com a mão o que é cada coisa.

LS: Aqui eu fiz líquido e as moléculas elas estão mais juntinhas, porque... elas se atraem, então elas estão juntas, aí no estado gasoso elas estão bem separadas, porque não vai ter tanta atração como no líquido, por estar no gasoso que a atração vai ser menor.

Profª: Entendi. E essas moléculas seriam...?

MT: Seriam as moléculas de água, de H_2O .

Profª: Entendi. Então vamos pro outro lado agora. Aqui você faz a mesma coisa. Vamos lá.

LS: Aqui coloquei a parafina no estado sólido, que a atração é bem maior, e aqui eu coloquei no estado líquido, que a atração já vai ser menor, elas são mais separadas.

Profª: Ahn ahn. E aqui você as colocou bem juntinhas?

LS: É no estado sólido, porque tem bastante pressão.

Profª: Entendi.

Grupo 7 (LZ, RF e ES)

Profª: Então, vocês vão me explicar. Quem começa?

LZ: A água passando do estado sólido pro líquido, aí no sólido as moléculas estão mais unidas, bem juntas e organizadas e daí passando pro líquido elas ficam mais separadas e desorganizadas.

Profª: E no caso as bolinhas seriam... ?

RF: H_2O , ué.

Profª: H_2O . Passemos para a ebulição, do outro lado.

RF: Na ebulição ela vai passar do estado líquido pro gasoso.

LZ: E no estado líquido elas estão... estão com um espaço entre elas, médio e desorganizadas. E aí passando pro gasoso, elas ficam bem afastadas e desorganizadas.

Profª: Isso. Aqui também é H_2O ?

LZ: É H_2O .

Grupo 8 (MR, GB, MA)

Prof: Vamos falar primeiro do ponto de fusão. Vocês explicam o que significa a imagem. Podem falar.

MR: Aqui seria um cubo de gelo, no caso seria a água no estado sólido, que é abaixo de zero grau, aí aqui apontando pro gelo mostra como as moléculas estão mais aproximadas que aqui no estado líquido, porque as moléculas tem que ficar mais próximas pra ocorrer o ponto de fusão do determinado elemento ou substância.

Profª: Isso. Agora me fale, aqui por exemplo, quem é quem nesta molécula?

MR: Como é H_2O , são duas moléculas de hidrogênio e essa molécula aqui, é a de oxigênio.

Profª: Então o azulzinho seria o hidrogênio e o vermelhinho o oxigênio, é isso?

GB: Sim.

Profª: Me falem uma coisa: quando vocês foram desenhar essas moléculas aqui, foi aleatório ou tem algo pensado pra essas duas azuis estarem aqui, que são as de hidrogênio, e depois, aqui do lado, essa de oxigênio. Pensaram alguma coisa ou foi aleatório?

MR: Eu tentei lembrar do esquema que estava na minha apostila, das primeiras vezes que eu tinha aprendido como ficava as posições das moléculas e tal. Qual que tinha que conectar com qual.

Profª: E o que seria essa posição?

MR: Que a de hidrogênio tinha que ficar mais perto da de hidrogênio, que a de hidrogênio faz uma ligação, mas eu não tenho certeza se consegui lembrar direito da representação da apostila, ficou um pouco bagunçado.

Profª: E aqui, pensaram alguma coisa ou não? (*indicando no estado líquido*)

MR: Aqui foi mais aleatório, porque tinha que parecer que as moléculas estavam mais espaçadas do que no estado sólido.

Profª: Entendi. Agora vamos para cá, na ebulição.

MR: Aqui tá a água, que é uma substância pura e aqui demonstra que a água que está no estado líquido indo para o gasoso e aqui em cima as moléculas de água. Aqui seria a representação de como as moléculas de água ficam

espaçadas no estado gasoso, fica uma afastada da outra. E aqui seria pra mostrar o quanto elas ficam mais aproximadas da outra, mas não tão aproximada quanto no estado sólido e não tão menos aproximada que no gasoso.

Profª: E em relação à posição, foi aleatório ou tem algum significado?

MR: Aqui eu tive que fazer mais aleatório, pra mostrar mais o espaçamento de cada molécula.

Grupo 9 (MR, RB)

Profª: Vamos primeiro ao ponto de fusão. Meninas, eu queria que vocês explicassem o que é essa imagem e o que ela está mostrando. Podem falar.

MR: Aqui a gente usou a naftalina e tipo pra ver o ponto de fusão, que vai do sólido pro líquido. Aí aqui, essa seria a naftalina, daí a gente colocou pra ver em uma imagem maior e aqui seriam as... moléculas mais juntas, que seria no estado sólido e aqui mais separadas, que seria no estado gasoso.

Profª: OK.

RB: E cada uma significa uma naftalina, tipo das moléculas.

Profª: Sim, e o que levou vocês a escolherem esse modelo, essa estrutura?

RB: A gente achou mais fácil de... as pessoas visualizarem como que é o processo.

Profª: Anh, então vamos lá, do lado do ponto de ebulição, o que vocês fizeram? Glicerina com água, é isso?

Todas: É, isso.

Profª: Então vamos lá, me expliquem.

MR: Então a gente colocou aqui...

RB: A gente misturou a glicerina com a água, aí a gente viu até quando ela entrava no ponto de ebulição. Aí a gente foi marcando de 30 em 30 segundos pra ver até onde ela chegava.

Profª: E aqui... o que é simbolizado?

RB: A glicerina e a água.

MR: Porque aqui é a fórmula da glicerina e a fórmula da água.

Profª: E era pra mostrar, no caso, o ponto de ebulição, certo? E aqui estão o estado líquido, gasoso...? Qual seria?

RB: No líquido, porque a gente mostrou... a mistura entre a glicerina e a água.

Profª: E se fosse para mostrar no estado gasoso, o que mudaria desse modelo que vocês fizeram?

RB: As moléculas estariam mais dispersas?

Profª: Mais dispersas? Estou só perguntando, vocês respondem o que acharem melhor. Então como seria? Me falem como seria, se vocês fizessem aqui.

MR: Teria a glicerina e a água bem separadas.

RB: Tipo em um ambiente maior, assim iria fazer mais separadas.

Grupo 10 (NS, CD e WL)

Profª: Vamos começar pelo ponto de fusão. Podem mostrar aqui e explicar.

NS: A gente usou a naftalina, que são umas bolinhas mais escuras aqui, que estão aqui embaixo, elas estão sólidas e a naftalina aqui, já líquida, porque na fusão vai do sólido para o líquido e a gente quis mostrar ela... ocorrendo o ponto de fusão. (*Obs. Confundiram a substância naftalina com parafina*)

Profª: E o que difere esta imagem da outra em relação ao estado físico?

WL: As partículas na sólida são mais juntas e na líquida mais separada em comparação ao sólido.

Prof^a: E aqui, só para eu entender, o que vocês fizeram? O que são essas bolinhas?

NS: São as partículas de água.

Prof^a: Anh, entendi. Tem mudança de cor ou não?

WL: Não, é que a gente pintou por cima.

Prof^a: Está bem. Então vamos ao outro, o ponto de ebulição, o que vocês fizeram? Me expliquem.

NS: A gente usou a água pura e esquentou a água.

WL: Não, a gente usou a água junto com a glicerina, onde o quadradinho verde é a glicerina e a bolinha pequeninha é a água, onde com o aquecimento, elas formam... vamos dizer com a agitação das moléculas, formam vapor, vamos dizer.

Prof^a: Vapor dos dois, é isso?

WL: Isso.

NS: E daí a gente fez mais junto, porque ele está no estado líquido e aqui no gasoso ele dispersa mais, então ficam mais separadas.

WL: Só que o ponto de ebulição de cada um dos dois são diferentes, mas aqui é só pra representar mesmo que ocorre a ebulição.

Grupo 11 (PR e ER)

Prof^a: Vamos começar pelo ponto de ebulição. Expliquem.

ER: Muito bem, nós pegamos o miojo certo? Pra ficar mais descontraído e o ponto de ebulição é quando a água começa meio que ferver se ebulir mesmo, ou seja, de líquido para vapor. Bom, no estado líquido a água fica meio assim, meio solta assim. As moléculas... a força intermolecular é mais fraca, agora quando essa pro vapor, as forças intermoleculares já não existem mais e as moléculas são mais dispersas, elas começam a ficar mais agitadas, isso é no vapor.

Prof^a: E o que seriam esse risquinhos?

ER: Elas estão em movimento ok?

Prof^a: Anh, movimento. Aqui, por que está escurinho?

ER: Não tem nada a ver, é pra ficar mais bonito mesmo.

Prof^a: Ah bom. Então vamos lá para o outro lado, fusão, expliquem.

ER: Nós pegamos o exemplo de, como fusão é quando o sólido fica líquido, nós pegamos a manteiga na panela certo? A manteiga já é um processo mais sólido certo? E quando o material está sólido, as forças intermoleculares são mais apropriadas, ajeitadas, organizadas, como você tá vendo aqui. Aí quando começa a aumentar a temperatura, ela meio que derrete e quando derrete vira um líquido, então fica assim, como aqui na água, fica mais dispersa.

Prof^a: E por que vocês fizeram essa estrutura?

PR: Então, ela fica mais organizada, porque eu queria mostrar uma parte como é o início dela.

Grupo 12 (RN, TL e AL)

Prof^a: Bom meninas, aqui vocês colocaram...

TL: A naftalina

Profª: Naftalina ? (*Obs. Confundiram naftalina com a parafina*)

TL: Sim.

Profª: Por que vocês fizeram esse modelinho, essa escolha?

RN: Porque a gente viu que, quando ela ia esquentando aqui, ela ia derretendo, aí o líquido ficava mais no finalzinho, enquanto o sólido ficava um pouco mais pra cá. Então aqui representa o líquido, que estava derretendo, que estava mais perto da chama e aqui o sólido.

TL: Porque no líquido as moléculas estão mais separadinhas e no sólido mais juntinhas e aí a gente fez assim.

Profª: Anh... E por que vocês escolheram a fórmula molecular?

TL: A gente falou assim, em vez da gente fazer bolinhas, a gente coloca assim e a gente já vai saber o que significa.

RN: É , vai ser a substância.

TL: Daí a gente não precisava fazer a legendinha, porque já iria mostrar o que é.

Profª: Entendi. Bom, então vamos para o de cima. O de cima é água pura, é isso?

RN: Sim

Profª: Me explique o desenho.

TL: O desenho é a água que está fervendo, aí aqui ela está no estado líquido, então as moléculas ainda estão meio juntinhas e aqui, ela está evaporando, então as moléculas estão mais separadas. E isso é um termômetro.

Grupo 13 (AM e TH)

Profª: Então vamos primeiro para a fusão. Expliquem..

AM: Eu fiz a fusão, que é do estado sólido para o líquido. No sólido as moléculas estão mais juntas e elas são mais organizadas do que no líquido. No líquido elas já são meio desorganizadas, não tanto quanto no gasoso.

Profª: Quando você fez o esqueminha dessas moléculas de H₂O, pelo que estou percebendo, fez dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio . É isso?

AM: Sim.

Profª: E por que nesta posição, tem alguma coisa? ou não tem?

AM: Foi só pra mostrar que elas estão juntas e são organizadas. Pode ver que aqui no líquido, já fizemos mais separadas.

Profª: E também na mesma posição?

AM: É, isso, só foi pra demonstrar mesmo.

Profª: Está bem, agora vamos para cá.

AM: Aqui fez do líquido pro gasoso, no líquido elas são também mais organizadas se comparada com o gasoso. No gasoso já não tem organização nenhuma, elas estão soltas.

Profª: E a posição?

AM: Aleatória.

Entrevista das imagens produzidas no recurso audiovisual.

Grupo 2 (NT e NY)

Profª: Como você escolheu a animação? Por que você fez desse jeito? Você tinha pensado em fazer de outro jeito e não deu certo?

NY: Não, eu fiz direto assim mesmo.

Prof^a: No estado sólido, no submicro, esta imagem aqui... o que você quis dizer com esta imagem?

NY: Então, aqui no caso, são os dois hidrogênios e um oxigênio, no H_2O , da água. Daí eu liguei o hidrogênio ao oxigênio e daí como está no estado sólido elas ficam bem juntinhas.

Prof^a: OK.. E por que o hidrogênio de uma molécula fica perto do oxigênio da outra?

NY: Porque é ligado a FON não é? A ponte de hidrogênio.

Prof^a: Ponte de hidrogênio?

NY: Sim.

Prof^a: Tem algum motivo da escolha da cor, ou não?

NY: Não.

Prof^a: Colocou porque achou bonito essa cor?

NY: É.

Prof^a: Por isso o motivo da posição... foi isso que você estava falando, hidrogênio próximo ao oxigênio?

NY: Ligado ao oxigênio, isso.

Prof^a: Tem a ver com alguma coisa de carga também, ou não?

NY: Não pensei nisso.

Prof^a: Agora passemos para o líquido, vamos na imagem do líquido.

NY: No submicro também?

Prof^a: Isso.

Prof^a: O pretinho é o hidrogênio e o laranja o oxigênio, certo? Agora você vai explicar a posição deles, se tem motivo ou não.

NY: Aqui também eu coloquei... mas acho que não ficou muito certo. Do hidrogênio ligado ao oxigênio, só que no estado líquido eles ficam um pouquinho mais separados, mas ele fica ligado do hidrogênio ao oxigênio.

Prof^a: Do mesmo esquema do sólido?

NY: Sim.

Prof^a: E o que muda do sólido para o líquido?

NY: No sólido as partículas ficam mais juntas e no líquido ficam um pouquinho mais separadas.

Prof^a: E por que será que elas ficam assim, você sabe ?

NY: Não.

Prof^a: Bom, já falamos do líquido, agora vamos para o gasoso. Mas antes, tem mais uma coisa, coloque no sólido. Então, no sólido vocês fizeram quantas moléculas de H_2O ?

NY: Não tinha pensado nisso, mas deixa eu ver.

Prof^a: Bom, acho que você já respondeu então, porque no líquido... vamos lá no líquido agora. No líquido tem 6, tem algo a ver?

NY: Não, eu não tinha pensado.

Prof^a: Foi sem querer que ficou 7 e depois ficou 6?

NY: Foi.

Prof^a: Então agora sim vamos ao submicro do gasoso. Por que você colocou esses risquinhos em cima do gelo?

NY: É pra significar vapor.

Prof^a: O vapor da água mesmo?

NY: É, mas não sei muito bem desenhar.

Profª: Não, tudo bem.

Profª: Agora nessa parte do gasoso...?

NY: E aqui tem 7 moléculas já, nem me toquei.

Profª: É verdade, agora tem 7. E a posição tem algum motivo?

NY: Eu também coloquei, mas eu não sabia, porque como elas estão mais separadas, por ser gasoso, eu não sabia se o hidrogênio e o oxigênio se ligavam, mas eu meio que coloquei também. O hidrogênio meio que ligado ao oxigênio.

Profª: Bem, essa posição do hidrogênio virada para o oxigênio, que você está falando até agora, você acha que muda em relação ao sólido, líquido e gasoso? Ou você acha que essa força que tem no sólido, essa interação é a mesma?

NY: Eu acho que muda, porque tem mais espaços pra se mover. Aí eu acho que vai mudando um pouco.

Profª: Acha que vai aumentando, diminuindo...?

NY: Vai movimentando.

Profª: E essa interação de ficar perto, aumenta, diminui ou fica igual?

NY: Ah eu acho que fica igual.

Grupo 3 (RE, BT e AL)

RE: Aqui a gente tem uma molécula não ampliada de H₂O e aqui a gente tem uma molécula ampliada de H₂O.

Profª: O que muda da ampliada para a não ampliada?

RE: Que a ampliada você consegue ver certinho como é a molécula e a não ampliada é só assim.

Profª: É uma bolinha só?

RE: Isso. E aqui elas estão todas juntas, começando o processo de ebulição. Aqui estão as bolinhas mais separadas, já virando gasoso, da passagem líquida para gasoso, que tá separado.

Profª: Mais distante?

RE: É.

Profª: E aqui?

RE: Aqui a gente chega no processo que a água está totalmente evaporada e virou totalmente gasoso.

Profª: E então as moléculas...?

RE: Estão muito separadas.

Grupo 4 (LS e GS)

Profª: Pode explicar o que vocês fizeram.

LS: Então, primeiramente isso aqui é um Becker com água e essas são as moléculas e elas são posicionadas como se... no estado líquido, onde as bolinhas vermelhas estão voltadas para as amarelas, então o “hs” voltados para os “Os”, no caso.

Profª: E por quê?

LS: Por causa do... tem ligação... é interligado, como por exemplo, no estado sólido elas são todas bem coladinha: e nesse estado assim tem... bom esqueci da palavra.

Profª: Depois, qualquer coisa você fala.

LS: Assim começa o contato com o fogo e a todo o momento elas vão se movimentando e chega num determinado ponto que elas começam a entrar em ebulição, que é mais ou menos 97°C. Quando essas moléculas começam a entrar em ebulição, elas saem do estado líquido e vão para o estado gasoso. A fumacinha seriam elas no estado gasoso. E a posição delas é totalmente variada, porque elas não têm ligação intermolecular, por isso que no estado líquido elas estão voltadas os vermelhos para os amarelos, que são os hidrogênios voltados para os oxigênios e aqui (*indica no estado gasoso*) não tem uma ordem bem definida.

Profª: O amarelo e o vermelho foram aleatórios?

LS: Foi uma cor aleatória, porque como o fundo era preto, no início a amarela era pra ser verde e a vermelha roxa, só que o fundo era preto e a apresentação ficou ruim.

Profª: Está bom. Você tinha ideia de fazer outra coisa ou era assim mesmo que você queria?

LS: Era assim mesmo.

Grupo 5 (JR e ML)

Profª: Explique o que vocês pensaram e fizeram.

JR: A gente usou novamente o modelo do gelo, vamos pensar que ele tá numa temperatura ambiente.

Profª: Por que vocês usaram a água e não outra coisa? Só para saber.

ML: Porque é mais fácil.

JR: Porque é mais simples, uma mistura seria um pouquinho mais complicado.

Profª: Bem, então vamos lá, o gelo ...

JR: O gelo a gente usou uma temperatura ambiente, onde estamos hoje, que se a gente colocar o gelo aqui, durante um tempo, ele derreteria, mudando de estado físico.

Profª: Vocês colocaram uma bolinha azul e duas verdes. O que significa?

ML: As azuis, o átomo de oxigênio e as verdes, de hidrogênio. Como a gente usou o gelo, a fórmula molecular da água é H_2O e a estrutura da molécula do gelo normalmente fica assim, dessa forma.

Profª: E como seria a localização de cada uma? Tipo: esse verdinho com esse azul... O que seria essa posição? Tem um motivo ou foi aleatório?

ML: Como o oxigênio tem uma carga negativa, que é o ânion, e o hidrogênio uma carga positiva, que é o cátion, o cátion e o ânion vão estar se atraindo, então logo o hidrogênio vai estar bem do lado do oxigênio, fazendo uma ligação de ponte de hidrogênio.

Profª: Eles dão umas tremedinhas antes de... assim vocês acham que tem essa vibração?

JR: Isso tem uma vibração.

ML: Elas se movimentam, mas não se desgrudam.

JR: Porque há uma força molecular forte.

Profª: Força intermolecular forte?

JR: Isso.

Profª: Vamos para o próximo passo. Neste caso ela já está no líquido, é isso?

JR: Sim as moléculas recebem uma energia, tornando a força intermolecular mais fraca, se desestruturando e mudando de estado físico, do sólido para o líquido.

Profª: E em relação às moléculas do desenho, o que vocês fizeram... vamos ver.

ML: Daí elas estavam se movimentando.

Profª: E o que acontece com aquelas interações que vocês tinham falado?

JR: Aqui elas se desligam de uma pra se movimentar e se ligam a outra que elas encontrarem mais próxima, tendo o mesmo intuito do oxigênio se ligar com o hidrogênio e o hidrogênio com o oxigênio.

Profª: E vocês continuaram e ocorreu a ebulição, é isso?

JR: Isso.

Profª: Expliquem.

JR: Aqui elas estão com uma energia mais forte, assim praticamente destruindo a força intermolecular entre elas, assim cada uma indo para um lado sem destino certo.

Profª: E você diz que não tem a força intermolecular?

JR: Isso.

Profª: OK.. Por que vocês escolheram o azul e o verde?

JR: Porque é bonito.

Profª: Vocês escolheram esse jeito porque era o que vocês pretendiam fazer? Vocês usaram esse programa por isso, ou vocês a princípio pensaram em outro jeito, e encontrando dificuldades, fizeram este?

ML: Sim.

Profª: Vocês queriam fazer outro? O que vocês tinham pensado antes?

ML: A gente estava tendo dificuldade de fazer um programa que era cinema 4D, mas a gente não conseguiu. Daí eu estava tentando encontrar algum programa no celular, daí encontrei o Flipaclip.

Profª: E então usou esse? Mas a ideia do gelo derretendo e depois evaporando era a mesma? Ou quando você pensou em fazer nesse cinema 4D você tinha pensado numa outra substância?

JR: Era no gelo mesmo.

Grupo 6 (LS e MT)

Profª: Bom, pode começar a explicar. Se você quiser, pode dar play e ir explicando aos poucos...

LS: Vou começar explicando esse aqui primeiro. Aqui é um cubo de gelo, então ele tá em formato sólido, de água.

LS: Aqui é a molécula dele, as bolinhas estão bem juntinhas, uma molécula de água, de H_2O e fizemos ela juntinha, porque quando está no estado sólido as moléculas, elas ficam mais juntinhas, por isso que elas ficam sólidos. Ele é sólido, então elas são bem grudadinhas umas nas outras.

Profª: A cor-de-rosa é um?

LS: A rosa é um H e o verdinho é o O.

Profª: E por que você grudou uma rosa na verde e não uma rosa com outra rosa?

LS: Porque o H faz ligação com o O, então são 2 moléculas de H e uma O, porque o H é positivo e o O é negativo e uma atrai a outra, então fica bem juntinhos assim, por que elas se atraem. *(indicando a atração entre as moléculas)*

Profª: Você lembra como se chama essa interação?

LS: A interação molecular, né?

LS: E aqui já mostra a água em estado líquido e aqui as moléculas estão mais soltas, do que no estado sólido, porque elas ficam mais soltas, porque estão no estado líquido. E foi o que eu falei a molécula de H e de oxigênio, ficam 3 grudadinhas uma na outra e uma atrai a outra molécula, então elas se juntam *(indicando outras moléculas)*

Profª: E aí nesse caso também tem a força da interação intermolecular?

LS: Sim, tem.

Profª: Mas você lembra qual é o tipo?

LS: Não.

Profª: No caso, você não fez no estado gasoso ?

LS: Não, porque só fiz a fusão em si, do estado sólido para o líquido, mas se fosse no estado gasoso, elas iriam ficar totalmente dispersas, iriam ficar 3 e 3. Uma de oxigênio e duas de hidrogênio, as moléculas iriam ficar todas separadinhas, 3, 3 e 3, separadas. *(indicando as moléculas de água distantes)*

Profª: E a posição delas você acha que teria alguma lógica de lugar ou elas teriam posições aleatórias?

LS: É no formato do Mickey assim normalmente, porque elas grudam o oxigênio na do hidrogênio, então fica a cabecinha do Mickey, assim.

Profª: Mas e uma com a outra? Assim, se você for fazer... faz aí em cima mesmo. *(pedindo pra fazer as moléculas de água)*

LS: Tipo assim, se fosse estado gasoso, iria ficar assim.

Profª: OK, deixa eu perguntar sobre o lugar: está vendo onde elas estão? Elas têm motivo de estar desse jeito, ou elas podiam estar de qualquer forma? O que você acha?

LS: Eu acho que elas tinham que estar assim, porque tem que atrair uma na outra, mas eu acho que tanto faz essas bolinhas (H) ficarem em cima ou embaixo, do lado ou do outro. *(indica os átomos de H e O)*

Profª: Mas você disse que essa atrai alguma outra ou não?

LS: Aqui ainda existe a interação molecular, mas só que ela é fraca, ela é mais fraca que nos outros, porque esta em estado gasoso, então elas só vão se atrair aqui *(mostra a interações entre os átomos da molécula de água)*. Elas não ficam mais totalmente juntas, porque a interação delas é menor.

Profª: Entendi. Outra coisa, vocês fizeram a cartolina e o vídeo, você achou mais fácil este ou a cartolina, na hora de fazer as imagens?

LS: Na hora de fazer o desenho eu achei mais fácil na cartolina, porque aqui eu tive que fazer a bolinha mesmo pra montar.

Profª: Dá mais trabalho?

LS: Sim, mas eu aqui achei melhor de fazer, porque dá pra entender melhor a dimensão das moléculas quando você faz assim, porque você consegue ter uma noção de como ela fica no estado sólido e no estado líquido, porque ela ficar mais separadinha e dá pra entender melhor.

Profª: Entendi.

Grupo 7 (LZ, RF e ES)

Profª: Podem explicar o que vocês fizeram.

LZ: A gente fez a água sendo aquecida e se tornando vapor, água líquida se tornando vapor. Aqui ela líquida, as moléculas de oxigênio e hidrogênio juntas.

Profª: A cor foi aleatória?

LZ: Foi aleatória.

Profª: E a posição delas?

LZ: Aleatório, porque era pequeno, daí não dava pra fazer elas organizadas, certinhas, do jeito que a gente queria.

Profª: Mas que coisa que você falou que não dava pra fazer?

LZ: Porque aqui, se diminuísse, a gente não conseguia movimentar ela direito. *(indicando se diminuísse o tamanho do Becker)*

Profª: Mas o que você queria fazer que não deu?

LZ: Colocar mais moléculas e deixar um pouco mais organizadas.

Profª: E organizadas seria como?

LZ: Por exemplo, no estado sólido, esse hidrogênio ele vai ficar meio que junto com esse oxigênio e assim vai formando o gelo. (*indicando a interação entre as moléculas*)

Profª: E no estado líquido teria...

LZ: Teria essa força só que ela seria bem menor, aí ela fica meio espalhada.

Profª: OK, então continue.

LZ: Daí a gente aquece e aí quando você aquecer essa força vai diminuir mais ainda, a água vai se tornando vapor e as moléculas vão subindo.

Profª: Tinha alguma coisa que você queria fazer, que a princípio não era essa ideia, mas vocês mudaram e fizeram esta por causa do programa? Ou não, a ideia desde o princípio era fazer ebulição?

LZ: A gente queria fazer o sólido passando para o líquido, mas a gente não conseguiu montar, porque a gente queria fazer as moléculas organizadas e a gente não conseguiu montar por causa do programa.

Grupo 8 (MR, GB, MA)

MR: Primeiro a gente vai falar do sólido. Aqui é uma representaçãozinha, um desenho no caso, de um bloquinho de gelo. Aqui vai mostrar... Aqui é a representação molecular de como fica a água no gelo, com a representação do H e das 2 moléculas de oxigênio.

Profª: É HO₂?

MR: Não, H₂O, desculpa.

Profª: Então a molécula da água está aí: o pretinho é o átomo de H e o branquinho o O ?

MR: É. Aí está numa forma mais organizada, como que elas são mais unidas. Aqui na frente, possui as características no estado sólido no caso, possui forma própria, volume constante e moléculas organizadas. (*lendo as características do vídeo*)

Profª: E daí você pegou essa ideia de onde? Você viu, você lembrou, você pegou de livro?

MR: Eu peguei da apostila. Esse agora é do estado líquido, que eu coloquei uma representaçãozinha da água. Aqui é um copo com água líquida e aqui também é uma representação molecular de como seria a água no copo. Aqui as moléculas de H₂O estão juntas, mas não tão juntas quanto no estado sólido.

Profª: E no caso da posição?

MR: Elas são organizadas, mas não chega a ser tão desorganizadas, são mais organizadas. E aqui têm as características, que possui forma variável, volume constante, moléculas juntas, porém não organizadas. (*lendo no vídeo*)

MR: Esse é o gasoso, eu coloquei uma representaçãozinha uma nuvem. Aqui é uma molécula de H₂O, elas estão bem separadas em comparação às outras representações. E que não tem forma fixa, ela não tem volume e ela é um pouco... Ela é mais leve.

Profª: Quando você foi fazer a animação, você já foi com essa ideia de montar desse jeito ou foi pela limitação do programa que você fez assim?

MR: Pela limitação do programa, porque primeiro a minha ideia era fazer no tablet, pra fazer no Ipad a animação mais bonitinha, só que eu não consegui e ia demorar muito e pensei em fazer uma representação mais rápida, mas que conseguisse explicar.

Grupo 9 (MR e RB)

MR: Bom, aqui é o gelo, que está no estado sólido, aí aproximando, aproximando. A gente vê as moléculas que a gente tentou fazer elas bem juntinhas.

Profª: A cor foi aleatória?

MR: O azul claro é o oxigênio e o amarelo é o hidrogênio. A gente tentou fazer o hidrogênio ligado ao oxigênio e assim por diante, formando a ponte de hidrogênio. Tem a água, que o gelo derreteu né? Daí vai aproximando, aproximando... E a gente mostrou as moléculas mais separadas, mas ainda tem o hidrogênio perto do oxigênio. E o vapor, que daí a gente fez as moléculas bem mais separadas, e não tem mais aquela ligação de uma molécula com a outra.

Profª: O que não tem?

MR: Não tem mais aquela interação das moléculas.

Profª: Desde o começo era essa a ideia e vocês conseguiram fazer ou vocês pensaram numa coisa, foram mexer e viram que não ia dar certo e fizeram outra ?

MR: Não, foi isso mesmo que a gente queria fazer.

Grupo 10 (NS, CD e WL)

Profª: Então vamos começar no sólido?

WL: Então, eu representei o sólido com o gelo e aqui tá o composto dele, que seria H_2O , sendo que as bolinhas pequenininhas são os hidrogênios e a bolinha maior o oxigênio.

Profª: E elas estão juntinhas?

WL: Sim. Aqui eu representei as moléculas mais soltas, na parte da água no líquido, e representei o gasoso mais espalhadas, mais movimentadas.

Profª: Quando você começou a fazer, você tinha ideia de outra coisa que não deu certo e você fez esta? Ou não, era esta ideia e deu certo assim?

WL: Sim, eu tinha uma imagem melhor, mas como foi de última hora, saiu um vídeo curtinho, mas a ideia era a mesma.

Grupo 11 (PR e ER)

Profª: Podem começar a explicar.

PR: Então, no sólido as moléculas, tanto... Pode ser qualquer tipo de composto assim, no estado sólido, as forças intermoleculares, elas estão bem juntas, deixa elas bem organizadas, daí elas ficam bem enfileiradas. E se começar a mudar a temperatura, esquentando, a força intermolecular delas vai diminuindo, isso fazendo com que elas mude de estado físico, até você perceber, elas vão se espalhando e quando chega no líquido elas ficam menos organizadas, mais espalhadas e isso vai aumentando, diminuindo mais a força intermolecular, deixando no estado gasoso, deixando elas mais dispersas, sem organização e “voando” pra tudo quanto é lugar, por isso eu fiz os tracinhos.

Profª: Os tracinhos significam movimento?

PR: Isso.

Profª: Você não definiu qual a substância. Você fez alguma coisa geral?

PR: Fiz algo geral.

Profª: Quando você pensou em fazer, voce já tinha essa ideia, que seria uma substância geral, ou você dentro das possibilidades de programa, resolveu fazer assim?

PR: Assim, minha ideia é que todas as substâncias acabam tendo esse mesmo processo, não é só a água, a gente só fala o estado sólido, líquido e gasoso da água, mas não, todas as substâncias têm estado sólido, líquido e gasoso. Normalmente a gente encontra a maioria delas no estado sólido, que nem o minério Ferro. Qualquer tipo de metal a gente só encontra no estado sólido, menos o mercúrio, agora só que tem o líquido deles e o gasoso também, só que normalmente a gente não vê. Daí eu fiz isso sem definir se era água ou qualquer outra substância.

Profª: Você achou melhor fazer o esquema da mudança de estado físico no papel ou na animação? E gostou mais do resultado do papel ou da animação?

PR: No papel.

Profª: Foi mais fácil?

PR: Sim, porque na animação precisa “manjar” muito desses negócios assim, que eu não “manjo”, deu pra perceber isso.

Grupo 12 (RN , TL e AL)

Profª: Expliquem o que fizeram.

RN: Então, esse aqui é o sólido que eu representei com as bolinhas grandinhas são os oxigênios e as bolinhas pequenininhas são os hidrogênios.

Profª: Este é o estado... ?

RN: Sólido, estão mais juntinhos.

Profª: Me explique por que você escolheu essa posição dos pretinhos e dos azuis que você falou.

RN: Porque eu fiz tipo os pretos se atraem pelos azuis, esses azuis se atraem pelos pretos e assim por diante.

Profª: E você sabe por que se atraem?

RN: Não lembro.

Profª: Bom, então vamos para o líquido.

RN: Então, aqui eu fiz um pouco mais separado, porque esta no estado líquido, então as moléculas estão um pouquinho mais agitadinhas e assim separadinhas, mas elas continuam tipo mais próximas do azul e do preto. *(mostra a interação intermolecular)*

Profª: Você sabe o nome disto? Porque você falou que está próximo e tal.

RN: Ponte de hidrogênio.

Profª: Você está falando que, neste estado, é o líquido ? Tem ainda a interação?

RN: Sim.

Profª: OK, então vamos para o outro, o gasoso.

RN: Aqui já estão bem mais separadas e a interação é quase inexistente e elas estão bem longe. E a molécula parece o Mickey.

Entrevista pós sequência de todas as atividades para alguns grupos em específico sobre as imagens produzidas nas cartolinas.

Grupo 2 (NT e NY) (as duas integrantes presentes)

Profª: Vocês fizeram um fundo azul não é? Com as moléculas de água em cima. O que significa?

NY: Porque era água, não era?

Profª: Porque era água, mas é como se entre essas moléculas tivesse água?

NT/NY: Não.

NT: As moléculas são de água, só.

Profª: Entendi, é como se, por exemplo, você pegasse a jarra de água e olhasse o azul?

NT: É. E dentro do azul tem isso. (*indicando as moléculas de água*)

Prof^a: Entendi. O que vocês acham que tem entre as moléculas? Por exemplo, uma aqui e outra aqui (*apontando*): entre elas o que vocês acham que tem?

NY: Como assim?

Prof^a: Assim: você tem uma molécula aqui e outra aqui (*mostrando*): o que tem entre elas? Tem alguma coisa, ou é só um espaço vazio?

NT: Só, tipo, uma ligação, uma atração entre elas. Só a ligação mesmo.

Prof^a: Uma interação entre elas, mas nada físico?

NT: É.

NY: Mas seria o hidrogênio de uma com o oxigênio da outra.

NT: É só a interação delas, nada grudadinho, assim.

Prof^a: Você também acha ou não? Como é que você acha?

NY: Eu acho que é, porque o hidrogênio tem a interação com o oxigênio da outra molécula.

Prof^a: Só para ter certeza que eu entendi: tem a interação, que é como se fosse uma força da atração.

NY/NT: Isso.

NY: E aqui estaria errada, esta estaria certa, mas esta aqui estaria errada. (*indicando a interação feita erroneamente na cartolina*)

Prof^a: Você diz essa molécula com essa?

NY: Essa estaria certa, mas esta estaria errada com essa.

Prof^a: Sim, mas fora essa interação, seria um espaço vazio?

NT: É, pra mim sim.

NY: Pra mim sim.

Prof^a: Tudo bem. Aqui vocês fizeram o sal derretendo. Aqui seria a mesma coisa que aqui (*apontando*)?

NY: É.

Prof^a: E entre as partículas, o que seria?

NY: Um espaço vazio.

NT: Com a interação.

Prof^a: O que vocês acham que acontece, por exemplo aqui: está passando do líquido para o gasoso?

NY: Ahn ahn...

Prof^a: Como vocês falaram mesmo da diferença do aspecto deste pra este?

NY: É que aqui elas ficam mais juntinhas e aqui elas separam.

Prof^a: Isso. Então, se vocês acham que elas ficam mais juntinhas e depois se separam, vocês acham que é tudo de uma vez? Todas as moléculas que estavam no líquido, de uma vez se separam? ou é devagar?

NY: Não.

NT: Não, é devagar.

Prof^a: Não é simultâneo?

NY/NT: É

Prof^a: Bom, vocês falaram que as moléculas no estado sólido estão mais juntinhas e no líquido mais separadinhas e no gasoso mais separadinhas ainda.

NY: Ahn ahn...

Prof^a: Então a densidade é massa sobre volume. Certo?

NT/NY: Sim.

Prof^a: E vamos supor que eu tenha a mesma quantidade de sólido e líquido de água. A mesma quantidade.

NT/NY: Ahn ahn...

Prof: Então eu vou falar que tem a mesma massa, certo? Vou fazer, por exemplo, do sólido e do líquido e comparar. Então, por exemplo, a densidade do sólido tem massa 10, só pra gente numerar, e volume 2, que vai dar 5, certo?

NT/NY: Ahn ahn...

Prof^a: Agora vamos falar do líquido. Então massa 10, que é igual. Agora o volume.

NY: O volume seria diferente né?

Prof^a: Então, vocês acham que o volume seria maior ou menor? Porque assim a massa é a mesma, o que muda, no caso vai ser o volume.

NT: Ahn ahn...Do líquido ele ficaria...

NY: Ficaria maior.

Prof^a: Do líquido ficaria maior?

NT: É.

Prof^a: Então vamos colocar 5?

NT: É.

Prof^a: Então, aqui o resultado fica 2?

NT: Ahn ahn...

Prof^a: Só para lembrar: por que vocês acham que o volume do líquido é maior que do sólido?

NT: Porque elas se separam, as moléculas.

Prof^a: Por que as moléculas ficam mais separadas?

NY: É.

Prof^a: Dentro do modelo que vocês propuseram não é?

NY: Ahn ahn...

Prof^a: A densidade do gelo é 5 e a densidade da água líquida é 2. Então se você jogar o gelo na água, o que deve acontecer com ele, com base nesse valor? Sendo ele mais denso.

NT: Ele teria que afundar, mas não afunda.

NY: É verdade!

Prof^a: Entendeu? Então tem alguma coisa no modelo de vocês que não está batendo.

NY: Ahn ahn...

Prof^a: O que será? A gente pode analisar em relação ao espaçamento que vocês estavam falando. Se considerarmos só o sólido e o líquido. O que vocês acham?

NT: No espaçamento, tipo moléculas de ar? Sei lá... daí ela boia.

Prof^a: Dentro do gelo?

NT: É.

NY: Não, mas acho que aí seria o líquido, o volume do líquido seria menor, não seria?

Prof^a: Para acontecer aquilo que a gente vê...

NT: É, a densidade do líquido tem que ser maior.

Profª: Então o volume aqui teria que ser menor (*indicando volume do líquido*). O que vocês acham que pode acontecer em relação aos espaçamentos das moléculas, que este volume fique menor que este.? Por que vocês concordam que se este volume ficar maior (*indicando o do sólido*), a densidade vai ficar menor?

NT/NY: Vai ficar menor.

Profª: Então, que proposta vocês podem fazer para o volume do sólido ser maior que do líquido?

NT: Volume do sólido ser maior que do líquido...

Profª: O que vocês acham?

NT: Deixa-me pensar.

Profª: Pode pensar. Tem a ver com a posição das moléculas, como elas estão.

NY: Elas teriam que ficar mais longe do que a original? Não sei...

Profª: Então, por exemplo, aqui, no estado sólido elas ficam mais juntas, mas segundo a regra, como uma se liga a outra?

NY: Esse hidrogênio com esse aqui (*indicando o hidrogênio de uma molécula se ligando ao oxigênio da outra*).

Profª: Isso. E aqui com aqui não é (*mostrando*)?

NY: É.

Profª: E depois?

NY: Aí teria uma molécula aqui no oxigênio.

Profª: No oxigênio. E mais dois pra cá. E aí, o que vocês acham? Porque aqui eu estou fazendo no estado sólido

NY: É, então.

Profª: E na água líquida, ficaria mais ou menos assim? O que vocês acham que pode acontecer? Mas também se não souber não faz mal.

NT: É, porque eu não sei.

NY: Também não.

NT: Eu estou tentando raciocinar, mas não vai.

Profª: Porque o volume deste (*do gelo*), vai ter que ficar maior. Por que será que ele fica maior?

NY: Porque eles estão mais juntos ou não?

Profª: Eles estão mais juntos, mas qual é a consequência deles estarem juntos e seguindo a regra que vocês me falaram?

NT: A ligação deles é mais forte, não é?

Profª: É mais forte, mas lembram que vocês falaram dessa regrinha aqui: este com este e este com este? (*indicando as interações das moléculas*)

NT: É. Daí teria que ter tipo... Mais?

Profª: Mais o quê?

NT: Não sei, porque pra eles ficarem mais juntos assim, todos encaixadinhos, acho que tem que ter mais... Moléculas.

Profª: OK,, então se eu colocar mais aqui, por exemplo, aqui eu teria que colocar no hidrogênio não é?

NT: É.

Profª: Então vai ficando assim, vamos fazer para ver se vocês conseguem enxergar alguma coisa. Aqui entraria o quê?

NT: Do oxigênio.

Profª: Um oxigênio e mais dois aqui. Vêem? eles vão seguindo esta estrutura. Vocês acham que isso altera o volume? (*indicando a estrutura no estado sólido da água*)

NT: Devia alterar, mas não sei exatamente o motivo.

Profª: Não querem arriscar uma resposta?

NT: Não sei.

NY: Não.

Grupo 4 (LS e GS) – (os dois integrantes participaram.)

Grupo 13 (AM/TH) – (só a integrante AM presente.)

Profª: Bom, vocês fizeram o fundo azul, com as moléculas em cima não é?

AM: Sim, que seria a água.

LS: Sim.

Profª: Que seria a água, mas você quer dizer que olhando a olho nu ou entre as moléculas tem água?

AM: Não, eu pelo menos fiz assim: a água a gente pintou de azul, por conta da água e as moléculas, pode ver que a gente fez uma grande de oxigênio e duas de hidrogênio, a gente fez em outro tom pra diferenciar a coloração, mas não fizemos... É tipo visto de longe.

Profª: É como se você estivesse, por exemplo, pegando esse Becker e olhando? Seria o azul?

AM: Isso.

Profª: E daí vocês fizeram as moléculas?

AM: No microscópio...

Profª: Aquele submicro?

AM: É.

Profª: E o de vocês, LS, foi como?

LS: Só pra não ficar transparente o desenho, porque fica esquisito, nós pintamos de azul mesmo e a coloração das moléculas nós fizemos de uma cor só, pois são todas as mesmas, então resolvemos deixar tudo igual e a gente fez uma maiorzinha que a outra pra diferenciar.

Profª: E aqui ela fez a azulzinho claro que seria o hidrogênio e oxigênio outro?

AM: Isso.

Profª: Mas o seu grupo, LS, fez da mesma cor, por quê? Tem algum motivo?

LS: Não, é só porque a água a gente fez azul, tanto que no gasoso a gente fez preta.

Profª: O que vocês acham que tem entre as moléculas? Por exemplo, no estado líquido, você tem esta molécula e esta molécula. O que vocês acham que tem entre elas? Ou não tem nada, é um espaço vazio?

LS: Sim, sim tem espaço, mas meio que são interligadas, tanto que, as mesmas moléculas de hidrogênio com hidrogênio, não se ligam, não é isso? Tem que ser ao contrário?

Profª: Oxigênio de uma com hidrogênio da outra?

LS: É.

AM: Vão se ligar né? Tipo, aqui a gente fez, pode ver que tá a de hidrogênio e aqui a de oxigênio, então acho que não tem nada.

Profª: Entre elas?

AM: Isso.

LS: Eu acho que elas são meio interligadas assim, mesmo que de longe, porque quando faz o sólido elas são realmente ligadas, acho que só no gasoso elas não tem conexão nenhuma.

Profª: Você diz uma interação entre as moléculas?

LS: É isso.

Profª: Mas fora isso, tem a interação entre elas, ok. Mas você acha que tem alguma coisa? Ou fora essa interação é só um espaço vazio entre elas? Porque como vocês falaram, elas estão mais próximas e depois mais separadas, então aí neste “espacinho” tem alguma coisa, tipo água, sei lá? Ou é um espaço vazio? Imagine assim, tem uma aqui e outra aqui, daí tem este “espacinho”.

AM: Eu acho que não tem nada.

LS: É, também acho.

AM: Porque se no sólido elas estão juntas e no líquido estão um pouquinho separadas, eu acredito que não tenha nada, até porque se tivesse alguma coisa, no sólido essa coisa sumiria e no líquido ela apareceria, porque elas estão longe.

Profª: Entendi. Porque se tivesse essa “coisa” no sólido iria ficar espremida?

AM: Isso.

Profª: E vocês acham que na mudança de sólido para líquido todas as moléculas se separam simultaneamente?

LS: Eu acho que um processo assim... Lento.

AM: É, não é uma coisa que faz... xuuu

LS: É igual ao gelo derretendo na pia. Põe ele em cima da mesa e ele vai derretendo aos poucos assim... E daí ele não... “Pá” e virou água.

AM: Por causa do calor, etc.

Profª: E as moléculas vão... ?

AM: Se separando, por causa do calor.

Profª: Nesta imagem vocês colocaram no começo 3 bolinhas e depois uma só. Vocês podem explicar melhor? Parece que mudou, antes era junção de 3 e depois não mais, é isso?

GS: Eu as coloquei como uma só no segundo, pra compactar mais na imagem, pra dar impressão de serem mais coladas umas nas outras.

Profª: Mas antes era H_2O e depois continuou assim, ou ficou tipo H de um lado e o O de outro?

GS: Continua igual

Profª: Você acha então que no estado sólido as moléculas se encolhem? Ficam mais juntas e encolhidinhas?

GS: Na verdade foi tipo pra fazer elas bem encolhidinhas, juntas assim, porque se fizesse maiorzinha não sei se visualmente iria ficar bom, entendeu? Foi mais estético do que... Outra coisa.

Profª: Sim, 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.

Profª: Você acha que o tamanho da molécula fica igual no estado líquido quanto no sólido?

GS: Acho que sim.

Profª: GS, o que você acha que tem entre as moléculas? Assim: você tem uma molécula de água de um lado e uma do outro, entre elas você acha que existe alguma coisa ou é um espaço vazio?

GS: Tipo alguma coisa física? Acho que não existe nada, mas deve ter uma atração como se fosse um ímã, alguma coisa assim, sabe?

Profª: OK, a interação você falou que acha que tem, mas agora alguma coisa física não? Você acha que é um espaço vazio?

GS: É, um espaço vazio.

Profª: Entendi. Outra coisa, por exemplo, vocês falaram que no sólido elas estão mais juntinhas, no líquido mais separadas e gasoso mais separadas ainda, certo? Vou fazer esse modelo de vocês. Como se fosse assim: sólido, líquido e gasoso (*fazendo modelo de bolas nos 3 estados físicos*). Não é esta a proposta de vocês em relação ao espaçamento?

LS: Sim.

AM: Sim.

Profª: Vamos supor que têm a mesma massa, os 3. O que vocês acham? O volume daqui em relação ao volume daqui, qual tem maior volume? (*comparando sólido e líquido*)

LS: Eu acho que é o...

Profª: Tem a mesma quantidade de moléculas no estado sólido, líquido e gasoso. Estou falando em relação ao modelo de vocês, então o volume que elas vão ocupar no estado sólido, líquido e gasoso são diferentes.

AM: Sim.

LS: É diferente.

AM: Pode ver que nos nossos desenhos a gente fez assim, no sólido elas estão bem grudadinhas, então o espaço é menor, no líquido elas vão estar meio... Soltinhas e no gasoso elas estão uma aqui e outra ali.

LS: É dispersa bastante.

Profª: Então eu posso falar, em relação ao pensamento de vocês, que aqui no sólido é menor o volume?

AM: Isso.

LS: Sim.

Profª: Com o volume e a massa, nós achamos a densidade: massa sobre volume, certo? A gente está considerando que a massa dos 3 é a mesma. Então eu vou falar do sólido e do líquido, por exemplo. Vamos falar uma massa qualquer, tipo 10. E o volume do sólido, que é menor, não é?

AM: Ahn ahn...

Profª: Então vamos pegar um número pequeno, 2 e a densidade deu 5. Agora vamos falar do líquido: a massa é a mesma e o volume aqui vai ser..?

AM: 3.

Profª: Isso, maior, então vamos colocar 5 só pra dar um número inteiro. Densidade deu 2. Então aqui, ele é mais denso que esse, não é? (*indicando que o valor do sólido o faz mais denso*)

LS: Sim.

Profª: Se ele é mais denso que a água líquida, se jogarmos o gelo na água, o que deveria acontecer? Visualmente?

LS: Espera.

Profª: Se ele é mais denso, ele afunda ou flutua?

LS: Se ele é mais denso, acho que afundaria.

Profª: Isso, mais denso afundaria, só que...?

AM: Acontece que ele flutua.

LS: Sim, nossa!

Profª: Entenderam?

AM: Que louco.

Profª: Então o modelo de vocês...

AM: Tá meio incorreto né?

Profª: Tem alguma coisa que não bate, entenderam? O que deveria acontecer? O volume aqui, teria que ser maior que este. (*indicando que no sólido o volume deveria ser maior*)

LS: Sim.

Prof^a: E por isso ele teria uma densidade menor.

AM: Então o volume do sólido é maior que do líquido.

Prof^a: Uma coisa bem fácil pra imaginar em relação ao volume, é a água no estado líquido no freezer, o que acontece com a garrafa?

AM: Incha.

Prof^a: Porque o volume aumenta, entendeu?

LS: Sim, é verdade, então este aqui é maior, a gente falou ao contrário.

Prof^a: E por que vocês acham que acontece isso? Aí está a questão. Vou pegar o modelinho que vocês fizeram. Tem a ver com a posição, se ele tem um volume maior, o que será que acontece para ele ter esse volume maior?

AM: Porque sei lá, por conta delas estarem sólidas, sei lá, vão se expandindo talvez? Elas talvez estejam se expandindo no sólido e no líquido ao invés de expandir elas vão derreter. Seria tipo isso?

LS: Eu acho que como elas têm que ficar meio que...

AM: Próximas.

LS: Eu acho que compara a movimentação delas.

AM: No sólido elas ficam mais juntas e no líquido...

LS: Sim, por exemplo, vamos pegar um copo normal mesmo, cabe mais gás do que líquido e mais gás do que sólido, então o sólido vai ocupar mais espaço.

Prof^a: Mas nós estávamos falando que tem a ver com a posição. O que você acha que acontece com essa posição do sólido para ela ocupar maior volume?

LS: Acho que quando ela fica mais junta, ela precisa de mais espaço, porque, por exemplo, no gasoso está espalhada, no líquido mais ou menos e no sólido precisa tá mais juntas, então isso ocupa mais espaço.

AM: Por que assim, no sólido... O oxigênio vai ter que estar ligado com o hidrogênio, não vai poder tá ligado com outro oxigênio, logo, então ele aqui, vai ter que se ligar aqui (*indicando as interações de ponte de hidrogênio entre as moléculas de água*), logo não caberia outra molécula aqui, ela teria que estar ligada no... Hidrogênio, ocupando mais espaço. Acho que seja isso.

Prof^a: Ok. Entendi.

Grupo 6 (LS e MT)

Prof^a: A minha pergunta é: o que seriam estas bolinhas que estão aqui?

LS: As bolinhas que estão aqui são as moléculas de H₂O que eu desenhei, que seria o gás assim da água.

Prof^a: Veja se é isso: se você pegar a água e ficam umas bolinhas dentro, é o que você está vendo, ou você quis dizer que esta parte é o que você não vê?

LS: Não, essa parte é o que a gente não vê. Eu quis desenhar a molécula mesmo.

Prof^a: Você colocou as moléculas aqui: fica parecendo que elas estão no meio da água. O que você acha que tem entre essas moléculas? Tem alguma coisa?

LS: Tem uma interação entre elas, pra elas ficarem juntinhas.

Prof^a: Sim, mas entre uma molécula de água aqui e outra aqui, tem algo?

LS: Não entendi.

Prof^a: É como se o fundo fosse um complemento da molécula, ou você acha que entre uma molécula e outra não tem nada, é vazio?

LS: Eu acho que deve ter algum fundo

Profª: E seria isso?

LS: Acho que sim, não sei.

Profª: Porque assim, temos duas opções: uma opção é, você fazer estas moléculas e esta água líquida aqui (*indicando o fundo azul da imagem*) como sendo o fundo para as moléculas. Outra opção é você fazer isto como sendo a parte que você vê e estas moléculas a parte que você não vê.

LS: Sim, foi isso.

Profª: Foi isso...?

LS: Ahn ahn... Aqui eu quis ilustrar que tem moléculas de H_2O , tipo o que a gente não vê, só para ilustrar mesmo que tem molécula aí.

Profª: E esta parte do copo seria como se você pegasse o copo e tivesse o líquido?

LS: Sim.

Profª: Ah entendi. E em relação ao movimento e energia, quando vocês fizeram, pensaram nisso ou não?

LS: Eu pensei que no estado líquido, sólido e gasoso tem interação maior e menor nelas. Quanto mais juntinhas elas ficam, que é, por exemplo, no estado sólido, maior interação. Ela vai diminuindo dependendo do estado em que se encontra, então eu fiz pensando nisso, da interação que elas têm.

Profª: Mas você acha que elas se mexem?

LS: Lógico que sim.

Profª: Em qualquer estado?

LS: Sim.

Profª: E quando muda o estado físico altera essa velocidade delas?

LS: Eu acho que sim, porque, por exemplo, quando está no estado sólido, ela não tem muito movimento, mas quando ela está no estado gasoso, que elas ficam mais livres, acho que o movimento tendem a aumentar.

Profª: Então, MT, e você? Está vendo que tem um fundo azul? O que vocês simbolizaram?

MT: A água.

Profª: E vocês fizeram essas bolinhas que seriam...?

MT: As moléculas de H_2O .

Profª: Você tem duas opções: uma opção é que você quis simbolizar como se fosse um copo com água e as moléculas, dando zoom.

MT: Isso, é isso.

Profª: A outra opção seria você fazer as moléculas, só que pensando que entre elas tem alguma coisa.

MT: Ah, entre um espaço e outro tivesse alguma coisa?

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 que tem alguma outra coisa, substância, ou é água líquida entre elas? Ou tem espaço vazio entre as moléculas? São duas opções.

MT: Acho que pra mim é água.

Profª: Que está no meio?

MT: É.

Profª: E você, LS?

LS: Eu também acho que é água.

Profª: Tem algo no meio? Ou é vazio?

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

Profª: Entendi.

Profª: Na animação vocês fizeram no estado...?

LS: Líquido.

Profª: Mas você fez grudadinhas...?

LS: Ahn ahn...

Profª: E no sólido você fez...? Qual a diferença desta para aquela?

LS: Para o sólido?

Profª: É.

LS: Porque acho que no sólido elas ficam tudo juntinhas, tipo uma pedrinha e quando fica no líquido elas começam a se soltar.

MT: Porque no sólido não tem espaço pra se mexer.

Profª: Elas ficam uma em cima da outra como você fez ali, mas no líquido também elas estão grudadas não é?

LS: Também estão grudadas, mas ela fica... dá pra manusear entendeu? O sólido não dá pra manusear. Daí quando elas começam a se soltar... Tanto que você pode mexer no líquido, no sólido não, quando ela está nessa forma você não consegue mexer, quando elas começam a se soltar, você consegue.

Profª: Entendi. Quando eu estava falando dos espaços, era desses espaços que estava me referindo.

LS: Esses espaços aqui que você estava falando? Eu acho que se fosse um copo com água nessa molécula, acho que teria água aqui.

Profª: Entendi. Era isso que eu estava perguntando. Ou se era espaço vazio.

LS: Não, acho que não é vazio. Pra mim ela fica entre águas nos espaços.

Profª: Entendi. Você também MT?

MT: Ahn ahn...

Profª: Ok.

Grupo 7 (RF, LZ e ES)

Profª: Aqui... Vocês estão vendo que tem o gelo e umas bolinhas lá dentro? Tem algum motivo de fazer este fundo azul e a bolinha dentro dele?

RF: Pra simbolizar o gelo mesmo.

Profª: Pra simbolizar o gelo como se você pegasse com a mão?

LZ: É que átomos não são visíveis e a gente fez pra representar e o fundo, o azul, era como se fosse o complemento.

Profª: Complemento? Mas como assim? São coisas diferentes: é como se você tivesse pegando o gelo para mostrar, aquilo que chamamos de macroscópico, aquilo que podemos ver. Ou você quis dizer que este fundo é o que tem entre estas moléculas de água?

LZ: Não, o fundo azul a gente não fez pensando para representar o que tem entre as moléculas de água, a gente fez...

RF: Pra figura.

LZ: É pra representar as moléculas, a gente fez as bolinhas maiores representando a parte que o olho humano não consegue ver.

Profª: Entendi. E o que tem entre as moléculas, para vocês?

RF: Tem espaço.

Profª: Espaço vazio?

LZ: Tem espaço vazio.

Prof^a: Então você tem uma molécula aqui e uma outra aqui e entre elas é um espaço vazio?

RF: É.

Prof^a: Está bom. Outra coisa, vocês fizeram de tamanho diferente, tem algum motivo?

LZ: Sim, porque quanto mais unidas as moléculas estão, é a forma sólida, conforme elas vão perdendo a força entre as moléculas, a interatividade, elas vão se afastando e daí vai mudando de estado.

Prof^a: Você diz entre os espaços ?

LZ: Isso.

Prof^a: Agora, está vendo esta bolinha aqui?

RF: Sim.

Prof^a: Ela está diferente desta, tem motivo?

LZ: Falta de coordenação motora.

Prof^a: É a coordenação motora?

LZ: É.

Prof^a: Entendi. Agora eu vou colocar no audiovisual . Vocês fizeram as moléculas de água não foi?

RF: Ahn ahn...

Prof^a: Eu quero perguntar de novo sobre o fundo azul.

LZ: É a cor convencional da água.

RF: Na verdade a água não tem cor, mas tudo bem.

LZ: É, mas em toda representação gráfica ela vai azul.

Prof^a: Eu entendi. Você quis dizer na apostila e livros não é?

LZ: Sim.

Prof^a: Mas só para constar, vocês fizeram como se estivesse pegando aqui e visto assim?

RF: Sim.

LZ: A parte azul sim.

Prof^a: E aí vocês já falaram que entre as moléculas...

LZ: É vazio.

Prof^a: Ainda queria que vocês falassem sobre movimento e energia em relação à mudança de estado físico dessa água?

LZ: Porque quando você coloca o material sobre aquecimento, você está fornecendo energia pra ele, foi no caso, a gente fez isso com a água. Fazendo isso com a água, as moléculas vão começar a se agitar e elas começam a se desprender. As forças intermoleculares vão meio quebrando.

RF: E a energia vai subindo.

Prof^a: Quando vocês fizeram... Aqui vocês já estavam pensando nisso?

RF: Sim, sim.

Prof^a: E esta fumacinha? Por que vocês fizeram?

LZ: É a mesma coisa do fundo azul.

RF: Pra representar.

LZ: Pra representar a água evaporando.

Prof^a: Como se fosse a olho nu?

RF/LZ: É.

Profª: E a olho nu vocês veem a fumacinha?

RF: Sim.

Profª: Entendi. Mais uma coisa, vocês falaram... Estou seguindo a teoria de vocês certo? Que no gelo as moléculas são mais próximas, não foi? No líquido um pouco mais separadas e tal. Alguém se lembra da fórmula da densidade?

RF/LZ: Não.

Profª: Tudo bem, não faz mal, densidade é massa dividida pelo volume. Então gostaria que, nesse modelo que vocês falaram, do mais juntinho, mais separado... vocês explicassem por que o gelo flutua na água?

LZ: Porque seu volume é maior com a mesma massa.

Profª: O volume é maior?

LZ: Não, o volume é menor com a mesma massa.

Profª: Vamos nos basear no que você acabou de falar. A massa é a mesma. Então vamos falar um valor, tipo 10. E este aqui vai ser o gelo, está bom? Vamos falar o volume do gelo sendo 5, quanto vai dar aqui?

LZ: 2

Profª: Agora vamos fazer da água líquida, então 10 e o volume da água líquida é quanto? Maior ou menor?

LZ: Maior.

Profª: Maior que o do gelo, segundo o modelo que vocês falaram não é? Pensem então: no gelo elas estão mais próximas e no líquido elas estão mais separadas, não é assim? E quem tem maior volume?

LZ/RF: No líquido.

Profª: Segundo o que vocês falaram sim, certo?

LZ: É.

Profª: Então vamos fazer o volume com um número maior, 10, pode de ser?

RF: Tá.

Profª: Então a densidade do gelo pra vocês é 2 e da água líquida é 1, só que o gelo flutua na água e se ele flutua, a densidade do gelo tem que ser maior ou menor que do líquido?

RF/LZ: Menor.

Profª: Então era isso que eu queria que vocês explicassem. O que vocês acham?

LZ: Mas a água tem um caso especial que eu não estou lembrando agora.

Profª: Vocês não têm nenhuma proposta para esta questão?

RF: Não estou conseguindo pensar em nada.

Profª: Pense em relação às moléculas. Quando vocês fizeram a entrevista disto, vocês falaram das forças intermoleculares. Como é feita essa interação no estado sólido? Como elas estão?

RF: Organizadas.

Profª: Como? Se você for desenhar...

LZ: Tudo bem certinho, uma em cima da outra, assim.

Profª: Sim, se eu fizer esta aqui, onde deve vir a outra?

LZ: A outra vem aqui em cima.

Profª: Então faça.

LZ: Aqui e assim vai (*colocando-as conforme a interação de ponte de hidrogênio*)

Profª: E este aqui, tem um motivo para estar aqui?

LZ: Tem. FON ligado a hidrogênio, que é a interação molecular.

Prof^a: Então, tem a ver com isso. Porque tem que seguir esta estrutura, não tem? Este perto deste e este perto deste e aqui viria... Vamos lá, fazendo outra do modelo sólido... Então aqui vou colocar outra e assim por diante (*fazendo a estrutura sólida*). E aí? Nada? Se não souberem também, tudo bem.

RF: Não sei.

LZ: Não sei explicar.

Grupo 10 (WL, NS e CD)

Prof^a: Vocês falaram que aqui era água. E o fundo azul seria o quê?

NS: Então, eu ia falar isso agora, se a gente fez a bolinha da água verde, por que tá o fundo azul?

WL: Seria como se fosse...

NS: Água dentro da água?

WL: Não, isso seria a molécula.

NS: Foi pra representar a molécula então né?

Prof^a: E o fundo vocês colocaram azul para dizer o quê?

WL: Dizer que a água é líquida, entendeu?

Prof^a: Que a água está no estado líquido?

WL: Isso.

Prof^a: Vocês fizeram as moléculas não é? Como vocês acham que é o espaço entre elas, quando estão no estado sólido, por exemplo?

NS: Elas estão mais juntas, mais ligadas.

Prof^a: Mas o que tem entre elas? O que vocês acham?

WL: Como assim o que tem entre elas?

Prof^a: Assim: você tem uma molécula de água aqui e outra molécula de água aqui, o que tem entre essas duas moléculas?

WL: Uma ligação.

NS: Sim.

Prof^a: Ligação?

WL: Uma coisa de ligação... de hidrogênio, ponte de hidrogênio.

Prof^a: Entendi, a ponte de hidrogênio. E você acha que tem alguma substância ali junto...? Porque você tem uma molécula aqui e outra aqui, entre elas tem a interação que você falou. Acha que tem algo mais? Fica vazio ou tem algo junto?

WL: Eu acho que é espaço vazio.

NS: É, eu também acho, tem a ponte de hidrogênio que liga, mas depois não deve ter nada.

Prof^a: Então essa água que vocês fizeram azul, seria como se estivesse representando aquilo que você está vendo...? seria isso?

NS: É.

WL: Tipo igual ao experimento do laboratório. Esse desenho seria o Becker com a água.

NS: Isso é o verde, as moléculas representando as moléculas de água.

Prof^a: Entendi.

WL: A gente representou isso só, com as bolinhas meio separadas só pra falar que não é sólida? E como você está vendo aqui, espalhada, que tipo tem mais espaço entre elas que seria...

NS: Então, a gente fez mais junto, porque ela estava líquida e depois elas mais separadas.

WL: A gente só representou isso, da bolinha mais junta, pra falar que é líquida, entendeu?

NS: Sim.

WL: Você não consegue ver as moléculas de água, a gente representou pra falar que são as moléculas.

Profª: Como se o Becker fosse a olho nu.

NS: Isso.

Profª: E as moléculas, do jeito que vocês imaginam, devem estar ali dentro.

NS: É isso.

Profª: Entendi. O que vocês acham que faz a mudança de sólido para líquido?

WL: A temperatura.

Profª: Ahn ahn...e as moléculas lá no estado sólido, vocês falaram como elas ficam?

NS: Juntas.

Profª: Juntas e paradinhas?

NS: Eu imagino que sim, porque elas não têm espaço para se moverem.

Profª: Que mais?

WL: Então, com a temperatura, elas se agitam e daí elas se soltam.

NS: Vão se expandindo.

Profª: De tamanho?

NS: De lugar.

Profª: É que você falou expande, pareceu de tamanho.

NS: Não, não... É de lugar.

Profª: Entendi. Outra coisa: vocês acham que isso ocorre ao mesmo tempo?

NS: Rápido você diz?

Profª: Por exemplo, no estado sólido elas estão de uma forma e quando aquece, todas juntas mudam? Como vocês acham que isso funciona?

WL: Aos poucos.

NS: Um processo mais lento.

WL: Tipo onde está pegando mais a temperatura, vai se liquidificando.

NS: Como pegando mais a temperatura?

WL: É. Aqui tem o fogo e aqui tem o gelo, a parte de cima não está recebendo calor como a da baixo, então a parte de baixo vai ser mais rápido.

Profª: Se soltando?

WL: Sim.

Profª: Entendi. O que vocês podem falar se existe alguma relação nesse sentido da mudança de estado físico com energia? Tem alguma coisa a ver?

NS: Temperatura demanda energia, é isso?

Profª: Algum vínculo com mudança de estado físico relacionado à energia? Tem alguma coisa?

WL: Sim tem.

NS: Acho que sim, acho que tem.

Profª: Como?

NS: A temperatura gera energia, dissipa energia.

Prof^a: Certo. Agora vou pedir pra vocês explicarem, levando em consideração todas essas coisas que falamos da cartolina, em relação à animação, ok?

NS: Bom, no estado sólido as moléculas ficam mais juntas, não tem espaço pra se moverem, assim agitadas.

Prof^a: E aí o que acontece?

WL: Aqui nós representamos o gelo, a água no estado sólido e nessa imagem tem as moléculas de água, que estão mais juntas, ligadas e com menos agitação.

Prof^a: Com menos ou nenhuma?

NS: Eu acho que nenhuma.

WL: Eu acho que menos.

Prof^a: Ok, tudo bem.

WL: Bom, daí o gelo está derretendo, recebendo alguma fonte de calor e aqui a gente representou a forma líquida, com as moléculas mais separadas, não juntas como estavam antes.

NS: Com mais agitação entre elas.

WL: Com mais agitação, com mais espaço. Aqui está no estado gasoso, elas estão mais separadas.

Prof^a: Você tinha falado da ponte de hidrogênio, difere de um estado físico para outro?

NS: Se separa? Quebra a ponte?

WL: Com a temperatura elas quebram.

Prof^a: Então tem alteração?

NS: Não deve permanecer a mesma coisa, porque se elas estão juntas e vão se separando, daí a distância a faz quebrar.

WL: Com a temperatura, elas se separam, não se quebram, se separam. É elas não quebram, elas se separam, as forças entre elas ficam mais fracas, por isso elas se separam.

NS: E passa para gás.

Prof^a: Então as forças ficam mais fracas, quando vai aumentando a temperatura?

WL: Isso.

Prof^a: Entendi. Vocês falaram que no gelo as moléculas ficam mais próximas. Vamos supor que tem a mesma quantidade no líquido e no sólido. Se ficam mais próximas no gelo, vocês concordam que o volume é menor?

NS: Sim.

Prof^a: E por que o gelo flutua na água?

WL: Por causa da densidade.

Prof^a: Ou seja, ele é mais denso ou menos denso?

WL: Acho que menos denso.

Prof^a: Alguém lembra a fórmula da densidade?

WL: Não.

Prof^a: A fórmula da densidade é massa dividida pelo volume. Se a massa é igual, para ele ser mais denso ou menos denso, o que muda é o volume.

NS: Sim.

Prof^a: E o que vocês acham? Tem a ver com volume e densidade? Vamos falar sobre densidade, que é massa dividido pelo volume, então massa 10 e volume pequeno 2, que vai dar 5. Vamos comparar outro volume, agora maior, então massa igual 10 e dividido por 5, que vai dar 2. Então, quando você aumentar o volume, diminui a densidade, certo?

WL: Volume seria o espaço.

NS: Então se você diminuir o volume, aumenta a densidade. E o gelo é mais denso.

Prof^a: O gelo é mais denso?

NS: Se o gelo tem menor volume, porque ele está mais junto, então ele tem maior densidade.

Prof^a: O pensamento que você falou em relação ao volume versus densidade está certo, só que o gelo é menos denso que a água, por isso ele flutua.

NS: Ah, porque se ele fosse mais denso ele afundaria.

Prof^a: E como vocês podem explicar?

WL: Menor volume e mais denso...

NS: Mas o gelo é ao contrário.

Prof^a: O gelo, segundo o que vocês falaram, as moléculas estão mais próximas, o volume seria menor, então ele seria mais denso. Segundo a teoria de vocês.

WL: Por que então?

Prof^a: Ou esse modelo que vocês falaram tem alguma coisa que não está batendo, no caso da água .

WL: Aqui seria o gelo certo? *(faz um cubo de gelo com as moléculas de H₂O dentro)*

Prof^a: Certo.

WL: E aqui seria H₂O, H₂O e H₂O *(faz moléculas próximas ao gelo)*. Por isso não tem como se juntarem sem a ponte de hidrogênio e daí não tem como afunda, sabe?

Prof^a: Mas as moléculas ficam mais próximas?

WL: Sim, ficam mais perto no estado sólido. Olha a ponte de hidrogênio liga uma na outra, formando o estado sólido, no estado líquido ele é meio solto, então por isso não tem como se juntarem, por causa dessa ligação do hidrogênio.

NS: Porque não pode se ligar a mais um, foi o que ele quis dizer.

Prof^a: Por que você está falando que a ponte de hidrogênio é aqui? *(indicando a interação entre as moléculas da água)*

WL: Não, aqui não tem ponte de hidrogênio.

Prof^a: Ah não tem?

NS: Tem na água, mas entre a água e o gelo não existe, porque é sólido, isso que ele quis dizer.

Prof^a: É isso que você quis dizer?

WL: Ahn ahn...

Prof^a: Tudo bem.

WL: No estado sólido tem ponte de hidrogênio, fazendo com que no estado líquido não consiga se juntar ao estado sólido.

Prof^a: Você está interagindo o líquido com o sólido? No macroscópico?

WL: Não tem como se juntar, por isso que no gelo, ele não afunda.