

ROSARIA DA SILVA JUSTI m.f.

Este exemplar corresponde à redação
final da Dissertação defendida por
ROSARIA DA SILVA JUSTI
e aprovada pela Comissão Julgadora
em 25 de fevereiro de 1991.

Data: 25/02/91

Assinatura:



SOBRE ESPAÇOS VAZIOS E PARTICULAS
-MOVIMENTO DE IDÉIAS SOBRE A DESCONTINUIDADE DA MATÉRIA EM UM
PROCESSO CONTINUO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE
QUÍMICA NO 2º GRAU -

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

1991

Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação, na área de Metodologia de Ensino, à Comissão Julgadora da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, sob a orientação da Prof. Dra. Rosália Maria Ribeiro de Aragão.^t
Aragão, Rosália Maria Ribeiro de

3c/9103020

Campinas - 1991

Comissão Julgadora

Antônio J. M. P.

João R. Gomes

João R. Gomes

AGRADECIMENTOS

Hoje acredito que este trabalho de pesquisa, por mais que tenha sido elaborado em inúmeros momentos de solidão, constituiu-se, como uma atividade humana, num processo coletivo. Neste sentido, seria insensatez de minha parte não destacar algumas pessoas que, muitas vezes de maneiras idiossincráticas e muito mais amplas do que as aqui apontadas, participaram na construção deste trabalho. Ao senti-lo concluído, é com emoção que expresso meu muito obrigada

. À Rosa, pelo apoio e contribuições decisivos em muitos dos meus conflitos de idéias;

. aos alunos do 1º ano do 2º grau do Colégio Sagrado Coração de Jesus em 1989, que protagonizaram comigo cada um dos muitos momentos aqui discutidos;

. À Cecília, Rose e Tunica, por terem colaborado na movimentação das minhas idéias;

. À Agustina, Lila e Zezé, pela amizade traduzida tão diversa e significativamente ao longo deste tempo;

. ao Nélcio, pela disponibilidade e boa vontade em compartilhar seu profundo conhecimento informático;

. aos meus pais e irmãos que, mesmo à distância, compartilharam e contribuíram para tornar possível a ocorrência de muitos momentos vividos em Campinas;

. ao Rick, pelo apoio, carinho e incentivo que asseguraram a conclusão e a criação de novas perspectivas para este sonho.

AS PESSOAS QUE TEM PARTICIPADO
COMIGO DO PROCESSO DE APRENDIZAGEM
DE QUE O AMOR É A REFERENCIA
MAIOR PARA A VIDA.

SUMARIO

Este trabalho teve como objetivo principal acompanhar o movimento das idéias de 40 alunos do 1º ano do 2º grau acerca da constituição da matéria, buscando verificar se e como se deu o processo de mudança conceptual. Foi realizado em um processo regular de ensino-aprendizagem de Química com utilização de um material instrucional e de uma metodologia alternativos, onde cada aluno era considerado responsável pela construção de seu conhecimento.

Foram analisadas diversas manifestações escritas dos alunos e as situações de interação em sala de aula dos alunos entre si e deles com o professor. Tal análise se desenvolveu, inicialmente, tendo como parâmetros os aspectos básicos do modelo descontinuo a fim de se buscar compreender os significados que os alunos atribuíam a cada um deles, assim como as transformações que ocorriam nesses significados ao longo do processo. Num segundo momento a análise ocorreu a partir da consideração de pressupostos construtivistas para os processos de ensino e aprendizagem, na tentativa de elucidar aspectos do processo cognitivo vivido pelos alunos.

Ambas as análises apontaram para a ocorrência de significativas modificações nas idéias dos alunos sobre a constituição da matéria que, entretanto, não caracterizaram a chegada a uma concepção única, congruente e estática, mas a concepções genéricas, multidimensionadas e dinâmicas, refletindo,

portanto, a idiossincrasia do processo de construção de conhecimento de cada indivíduo.

INDICE

	Página
SUMARIO	vi
LISTA DE ANEXOS	xi
LISTA DE TABELAS	xii
 1 . A PROPOSITO DA CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	 1
1.1 Do Foco das Atenções	1
1.2 Do que os Outros já Descobriram	5
1.3 Da Importância da Ocorrência desta Focalização ...	16
 2 . MOVIMENTO DAS IDÉIAS E PROCESSO DE ENSINO	 19
2.1 Do Processo de Acompanhamento	19
2.2 Das Primeiras Idéias sobre Materiais em Diferentes Estados Físicos	 21
2.3 Das Dúvidas Acerca da Direção das Idéias	39
2.4 Do Início do Processo de Ensino	43
2.5 Das Idéias sobre Processos Cotidianos	47
2.6 De Idéias Desencadeadas por Sensações Físicas	79
2.7 Da Reconsideração de um Sistema	87
2.8 Da Caracterização das Idéias Iniciais dos Alunos .	98
2.9 Das Primeiras Discussões Acerca de Materiais, Moléculas e Vácuo	 104

2.10 De Idéias Desencadeadas por Dissoluções Diferentes	111
2.11 Das Discussões Acerca da Descontinuidade da Matéria	124
2.12 Das Reflexões Advindas da Ebulição da Água e do Cheiro das Flores	132
2.13 Da Caracterização das Idéias dos Alunos no Final do Processo	149
3 . ESPAÇO PARA A MOVIMENTAÇÃO DE OUTRAS IDEIAS	157
3.1 Da Necessidade de um Outro Ângulo para Observação do Movimento das Idéias dos Alunos	157
3.2 De uma Concepção Filosófica em que Acredito	158
3.3 Da Consideração de Algumas Idéias de Kelly no Contexto desta Pesquisa	163
3.4 Da Contraposição das Idéias de meus Alunos com as de Alunos de Outras Partes do Mundo	169
3.5 De uma Extensão da Visão Construtivista de Aprendizagem	173
3.6 De Como se Deu e de Algumas Contribuições Advindas de Minha Atuação Docente no Processo de Aprendizagem do Modelo de Matéria Descontínua	177
3.7 De Reflexões sobre os Processos de Construção de Significados Possivelmente Vividos pelos Alunos ...	188

4 . SOBRE AS DIREÇÕES NÃO PREVISTAS NO MOVIMENTO DAS IDÉIAS DOS ALUNOS	193
4.1 Das Contra-intuições Associadas a Elementos do Modelo de Matéria Descontínua	193
4.2 Das Possíveis não Observâncias às Condições para a Ocorrência de Mudança Conceptual	196
5 . DO QUE FICOU DO "NOSSO AMOR"	203
DO QUE FOI UTILIZADO NA FUNDAMENTAÇÃO DAS MINHAS IDÉIAS ...	207
ANEXOS	220

LISTA DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Tabelas de Dados	1
2	Discussões Iniciais sobre a Concepção de Matéria ..	83
3	Discussões Ocorridas Após a Realização das Experiências cuja Interpretação Implicava em um Modelo de Matéria Contínua	88

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 . Representações propostas pelos alunos para o kitasato com o gás colorido - Atividade 1	2
2 . Justificativas propostas pelos alunos para as representações do gás colorido - Atividade 1	3
3 . Representações propostas pelos alunos para a pedra "por dentro" na Atividade 1	5
4 . Justificativas propostas pelos alunos para as representações da pedra na Atividade 1	6
5 . Representações propostas pelos alunos para como imaginavam o gelo "por dentro" na Atividade 1	9
6 . Justificativas propostas pelos alunos para as as representações do gelo na Atividade 1	10
7 . Representações propostas pelos alunos para como imaginavam a água "por dentro" na Atividade 1	13
8 . Justificativas propostas pelos alunos para as representações da água na Atividade 1	14
9 . Justificativas apresentadas pelos alunos para o estouro dos balões de borracha na Atividade 1	17
10 . Percentagem de alunos que manifestaram cada tipo de concepção da matéria na Atividade 1	18

11 .	Representações propostas pelos alunos para como imaginavam a água em ebulição na Atividade 2	19
12 .	Justificativas propostas pelos alunos para as representações da água em ebulição na Atividade 2 ..	21
13 .	Respostas das questões: O que provoca a ebulição da água? Por quê? Como? - Atividade 2	24
14 .	Respostas da questão: De que são formadas as bolhas? - Atividade 2	28
15 .	Respostas da questão: De que é formado o vapor? - Atividade 2	29
16 .	Representações propostas pelos alunos para o sistema resultante da dissolução de açúcar em água na Atividade 2	30
17 .	Justificativas propostas pelos alunos para as representações do sistema resultante da dissolução do açúcar em água na Atividade 2	31
18 .	Respostas propostas pelos alunos para a questão: Para onde foi o açúcar? - Atividade 2	35
19 .	Representações propostas pelos alunos para os materiais sólidos na Atividade 3	37
20 .	Justificativas propostas pelos alunos para as representações dos diferentes materiais sólidos na Atividade 3	38

21 .	Representações propostas pelos alunos para os materiais líquidos na Atividade 3	40
22 .	Justificativas propostas pelos alunos para as representações dos diferentes materiais líquidos na Atividade 3	41
23 .	Representações propostas pelos alunos para a pedra "por dentro" na Atividade 4	43
24 .	Justificativas propostas pelos alunos para as representações da pedra "por dentro" na Atividade 4	44
25 .	Representações propostas pelos alunos para o gelo "por dentro" na Atividade 4	47
26 .	Justificativas propostas pelos alunos para as representações do gelo "por dentro" na Atividade 4 .	48
27 .	Representações propostas pelos alunos para a água "por dentro" na Atividade 4	52
28 .	Justificativas propostas pelos alunos para as representações da água "por dentro" na Atividade 4 .	53
29 .	Respostas propostas pelos alunos para a questão: Por que sólidos têm forma definida e líquidos e gases não? - Atividade 4	
30 .	Idéias dos alunos acerca do número de partículas de permanganato de potássio presentes na solução muito diluída obtida na Experiência 5 - Atividade 5	60

Tabela	Página
31 . Respostas propostas pelos alunos para a questão: Por que o volume final do sistema (80 ml de água + 20 ml de sal) é menor que 100 ml? - Atividade 5	61
32 . Explicações propostas pelos alunos para a dissolução do permanganato de potássio em água, estando o sistema em repouso - Atividade 5	63
33 . Explicações propostas pelos alunos para a ebulição da água na Atividade 6	65
34 . Respostas propostas pelos alunos para as questões: De que são formadas as bolhas e o vapor? Por quê? - Atividade 6	68
35 . Representações propostas pelos alunos para a formação da madeira na Atividade 6	70
36 . Representações propostas pelos alunos para a formação de uma gota de água na Atividade 6	71
37 . Representações propostas pelos alunos para a formação de um cubo de gelo na Atividade 6	72
38 . Representações propostas pelos alunos para a formação do gás carbônico na Atividade 6	74
39 . Respostas propostas pelos alunos para a questão: Por que o cheiro das flores se espalha? - Atividade 6 ..	75

40 .	Explicações propostas pelos alunos para a relação entre o aumento da pressão exercida em um sistema e a diminuição do volume do gás nele contido - Atividade 7	78
41 .	Explicações propostas pelos alunos para a relação entre o aumento da temperatura de um sistema e o aumento do volume de gás nele contido - Atividade 7	80

CAPITULO 1 . A PROPOSITO DA CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1.1 DO FOCO DAS ATENÇÕES

Inicialmente, é importante destacar que considero que um dos objetivos do ensino de Ciências é fazer com que os alunos sejam capazes de compreender e fazer predições sobre aspectos científicos presentes em fenômenos importantes de sua vida. Como indivíduos que são, todos os alunos pensam e têm suas idéias sobre os fenômenos que ocorrem à sua volta ou que, por algum motivo, lhes desperta interesse. Todavia, muitas vezes estas idéias estão, em algum nível, em desacordo com princípios, idéias e/ou teorias aceitas cientificamente atualmente como capazes de fundamentar a explicação do fenômeno em questão. Sendo assim, para que o objetivo acima explicitado para o ensino de Ciências seja atingido, acredito que é preciso que ele ocorra como um processo ativo no qual os alunos modifiquem suas concepções sobre o mundo pela construção de novos significados para eles.

Ao analisar o conteúdo de Química ensinado no 2º grau, pude constatar que ele se fundamenta na concepção de matéria

descontínua. As explicações para todos os fenômenos químicos se estruturam, atualmente, a partir desta concepção na medida em que ela as tem conduzido a um tal nível de clareza que nos faz, muitas vezes, esquecer que estamos lidando com um modelo, uma idéia elaborada pelo homem em sua ânsia de explicar o mundo e que, como tal, é, e tem sido, passível de modificações. Nesta perspectiva, não é por acaso que a concepção da constituição da matéria pode ser considerada o tema central da história da Ciência (Crosland, 1971).

Contudo, ao interagir com os alunos de 2º grau - quando da elaboração da proposta "Aprendendo Química"(1) e nas situações de atuação como docente com e sem utilização direta da mesma - percebi que a concepção mais freqüentemente presente em suas manifestações é a de matéria contínua. A descontinuidade parece não ser "natural" para os alunos e mesmo situações que são utilizadas para comprová-la são explicadas em termos de matéria contínua (como muitas vezes ocorreu no desenvolvimento da Ciência). De fato, a concepção de matéria descontínua não é evidente por si mesma, nem é a única inferência possível a partir de certas observações que, em geral, são utilizadas para comprová-la. Na verdade, ela é um modelo que tem sido valioso em termos de explicação e predição de fenômenos até então explorados.

Considerando a indiscutível importância da existência deste conceito na estrutura cognitiva(2) de um indivíduo a fim de

1 Proposta alternativa para o ensino de Química no 2º grau elaborada pela professora Lilavate Izapovitz Romanelli e por mim no Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais em 1985 e 1986. Tal proposta caracteriza-se essencialmente por ser experimental e por buscar proporcionar condições para que os alunos, ativamente, construam o conhecimento químico.

2 Segundo Ausubel, todo ser humano possui uma estrutura cognitiva idiossincrática - isto é, particular, devido a historicidade de

que ele realmente compreenda os fenômenos químicos, decidi averiguar, de forma mais sistemática, as idéias e as causas dessas idéias dos alunos em relação à concepção de matéria.

Muitas vezes os alunos elaboram racionalmente idéias sobre um determinado fenômeno, mas diferentes das aceitas cientificamente e, principalmente, apresentando uma amplitude que não permite uma compreensão completa do referido fenômeno. Neste sentido, o conhecimento das idéias dos alunos é imprescindível, mas o desafio maior, sem dúvida, é a ocorrência de modificações nessas idéias.

Pela minha percepção atual do mundo, acredito que a Ciência não pode ser vista como um corpo definido de conhecimentos, mas como um constante desafio para o homem que envolve, dentre outros aspectos, imaginação, comunicação e experimentação. Por isto torna-se difícil, para mim, admitir que o conhecimento científico possa ser transferido do professor para o aluno, mas que ele possa ser construído individualmente através de um processo interativo. Como destacado por Hewson e Hewson (1988) recentemente:

"O ser humano constroeu seu próprio conhecimento usando, para isto, o seu conhecimento já existente. No processo de construção ele

cada um - e dinâmica. Nas palavras de Novak: "ele (Ausubel) vê o armazenamento de informações no cérebro como altamente organizado, com articulações formadas entre vários elementos mais antigos e mais recentes conduzindo a uma hierarquia conceitual na qual elementos menos importantes do conhecimento são ligados (incorporados sob) a conceitos maiores, mais gerais e mais inclusivos. Assim, a estrutura cognitiva representa um arcabouço de conhecimentos hierarquicamente organizados que são as representações da experiência sensorial da pessoa" (Novak, 1981, p.9). Vale destacar que a estrutura cognitiva de um indivíduo não deve ser considerada como um conjunto único e estático de conceitos, mas como uma série de unidades internamente coerentes e relacionadas entre si, mesmo que, às vezes, este relacionamento não seja passível de explicitação.

desenvolve padrões relativamente estáveis de crença. Ele constroeu o conhecimento do modo que, para ele, é coerente e útil. Este modo, entretanto, é influenciado pela comunicação com outros seres humanos, de forma que o conhecimento construído por cada indivíduo não é completamente pessoal e idiossincrático."

Considerando então o contexto de sala de aula usual, será importante revelar as interações entre os alunos, dos alunos com o professor e destes com o material instrucional, na medida em que todas elas exercem influência no processo de construção de conhecimento. Neste sentido, o material instrucional utilizado em um curso não deve ser visto como "aquilo que vai ser ensinado", mas como um conjunto de situações que capacitem e encorajem os alunos a atribuir significado às idéias científicas.

Em virtude disto, optei não só por conhecer, valorizar e estudar as idéias iniciais dos alunos sobre a constituição da matéria, mas por acompanhar "se" e "como" tais idéias foram sendo modificadas a medida que um processo de ensino fundamentado na aplicação da proposta "Aprendendo Química" se desenvolveu.

Este processo de ensino ocorreu no 1º ano do 2º grau de uma instituição de ensino particular - o Colégio Sagrado Coração de Jesus - em Campinas, São Paulo, onde eu era professora de Química em 1989. A idade dos alunos envolvidos na pesquisa variava entre 14 e 16 anos. A carga horária semanal de Química do 1º ano do 2º grau naquela instituição de ensino era de 4 aulas de 50 minutos, distribuídas em dois blocos de duas aulas. A maioria absoluta dessas aulas ocorreu no laboratório de Química, onde os alunos se dispunham em grupos distintos e variáveis ao longo do processo.

1.2 DO QUE OS OUTROS JÁ DESCOBRIRAM

Em termos gerais, três idéias constituem o modelo de matéria descontínua, a saber:

- . as substâncias são formadas de pequenas partículas;
- . existem espaços vazios entre as partículas de uma substância;
- . as partículas de uma substância estão em constante movimento.

Nos últimos anos algumas pesquisas têm sido realizadas envolvendo algumas ou todas essas idéias. Um primeiro grupo delas abrange pesquisas que foram realizadas com alunos que já haviam estudado o modelo de matéria descontínua. Neste caso, em geral tem sido possível observar que a explicitação da idéia de partículas através de representações varia conforme o estado físico considerado.

Novick e Nussbaum (1978), realizando entrevistas com alunos israelenses de 13 e 14 anos, constataram que aproximadamente 60% deles utilizavam a idéia da existência de partículas para representar a expansão de um gás.

A existência e a constituição dos espaços entre as partículas foi também discutida por Novick e Nussbaum (1978). Em sua pesquisa, 46% dos alunos que utilizaram a noção de descontinuidade na representação de um gás admitiram que o espaço era vazio, 16% ficaram em dúvida e 35% afirmaram que existiam outras partículas ou impurezas nesse espaço - o que vai de encontro a uma concepção de matéria contínua.

Ainda entre os alunos israelenses, metade deles admitiu que as partículas se movimentavam.

Alunos escoceses de 12 e 13 anos participaram de um estudo onde deviam construir diagramas mostrando a forma, o arranjo e o espaço entre os átomos ou moléculas de um sólido, um líquido e um gás típicos (Dow et al., 1978). Praticamente todos os mil alunos fizeram desenhos que evidenciaram a existência de partículas nos três estados, mas aproximadamente a metade dos desenhos mostrava as partículas nos estados líquido e gasoso como menores que as do sólido. Entrevistas com alguns alunos mostraram que isto refletia uma visão subjacente de que o diâmetro das partículas diminui progressivamente do sólido para o gasoso.

A maioria desses alunos representou as partículas no sólido de modo ordenado, enquanto o arranjo das partículas nos líquidos e gases era nitidamente desorganizado. Entretanto, muitos mostraram um notável aumento no espaçamento das partículas entre os estados sólido e líquido.

Em relação ao movimento, apesar de a maioria dos alunos indicar que as partículas nos estados líquido e gasoso estavam se movimentando, aproximadamente um terço não indicou movimento no estado sólido.

Por sua vez, Mitchael e Kellington (1982), trabalhando com alunos escoceses de 12 e 13 anos a partir de avaliações baseadas no currículo, observaram que um diagrama de partículas foi proposto por 85% dos alunos para os sólidos, 56% dos alunos para os líquidos e 53% dos alunos para os gases. A percentagem desses

alunos que de alguma forma representou o movimento das partículas foi de 75%.

Selley (1982), a partir das suposições de que os autores de livros não imaginam que os alunos tenham qualquer dificuldade particular em assimilar os modelos teóricos e de que eles admitem que os alunos já sabem alguma coisa sobre átomos de seu conhecimento geral, realizou uma pesquisa visando investigar a compreensão do modelo de matéria descontínua apresentada por alunos ingleses na faixa etária de 11 a 14 anos. Após terem aprendido este modelo na escola, os alunos responderam a um questionário de questões abertas. Nas respostas, 6% dos alunos citaram corretamente alguns pares de elementos como átomos diferentes, 24% falaram da estrutura atômica e o número de "misconceptions" (como a confusão entre átomo e célula) foi grande.

Em relação aos diferentes estados físicos, apesar de os alunos desenharem, de forma satisfatória, diagramas mostrando os espaços intermoleculares nos líquidos e gases, somente 20% deles relacionaram isto com o aumento do volume na vaporização.

O percentual desses alunos ingleses que admitiu o movimento intrínseco das partículas não foi citado. O autor afirmou, entretanto, ser comum a idéia de que o movimento das moléculas do ar é a causa da difusão dos gases.

Ainda em relação ao movimento das partículas, Driver (1983) apresentou os resultados obtidos com uma classe de alunos de 13 anos depois de estudarem "moléculas em movimento" por seis semanas. Solicitou-se dos alunos que explicassem a expansão do mercúrio em um termômetro quando aquecido. Pela análise das

respostas foi possível constatar que muitos alunos não invocavam o movimento intrínseco das partículas e seu aumento com a elevação da temperatura como causa do fenômeno. Ao contrário, muitas respostas refletiam interpretações antropomórficas (como, por exemplo, que "o mercúrio quer escapar do calor"), interpretações macroscópicas ("as partículas se expandem") ou ainda elucidavam a idéia de que as partículas das substâncias estavam encaixadas nelas (como passas em um bolo).

A fim de investigar a extensão na qual os alunos relacionavam com sucesso fenômenos do seu cotidiano com o mundo microscópico, Brook et al. (1984) estudaram as respostas de 300 alunos ingleses de 15 anos a questões que envolviam o uso de idéias relacionadas com partículas. Em quase todas as seis questões foram apresentadas, inicialmente, proposições cujo conteúdo se relacionava com algum aspecto da teoria particular da matéria. Alguns alunos foram também entrevistados para explicarem e complementarem as respostas dadas.

Em torno de 67% dos alunos usaram as idéias do modelo de matéria descontínua em suas respostas, mas somente 20% eram idéias ensinadas na escola e apenas uma percentagem também pequena das respostas poderia ser categorizada como cientificamente aceitas. 25% dos alunos não usaram idéias do modelo de matéria descontínua em nenhuma de suas respostas. Entre os que utilizaram algum modelo deste tipo, muitos não conceberam o movimento intrínseco das partículas admitindo, por exemplo, que elas começam a se movimentar quando são aquecidas a partir do estado sólido.

Um aspecto marcante das respostas foi a tendência para transformar características macroscópicas para o nível microscópico, por exemplo, sugerindo que as partículas se fundiriam, se tornariam quentes ou aumentariam de tamanho.

Tendo como objetivo responder a questão "Como os alunos conceptualizam a matéria?", Ronström (1987) entrevistou 20 alunos suecos na faixa etária de 14 a 16 anos. A autora constatou que as concepções de substância eram variadas: substâncias eram vistas como um contínuo, um contínuo com átomos, unidades não homogêneas (como camadas, por exemplo), consistindo de partículas contínuas ou de átomos. As concepções apresentadas para o átomo também foram diversificadas. Alguns alunos não manifestaram nenhuma idéia sobre o que seria um átomo; alguns disseram que o átomo era uma coisa pequena; outros afirmaram que átomos consistiam de átomos e eram indivisíveis e um quarto grupo de alunos desenhou o átomo mostrando alguns elementos do modelo atômico de Bohr-Rutherford (núcleo e níveis com elétrons).

Buscando descobrir como os alunos compreendiam a natureza dos gases e como definiam este termo, Stavy (1988) entrevistou alunos israelenses entre 9 e 15 anos. Definições de gás com referência à teoria particular da matéria apareceram somente entre uma parte dos alunos que já havia estudado este assunto. Neste grupo de alunos o aspecto mais enfatizado foi o da distância entre as partículas. O movimento foi citado por apenas aproximadamente 15% desses alunos.

Berkheimer et al. (1988) após descreverem uma abordagem para o tópico "estrutura da matéria" apresentaram algumas das

concepções dos alunos americanos que se submeteram à mesma, obtidos através de testes escritos e entrevistas. Entre elas destacam-se as de que as moléculas estão "nas" substâncias; as moléculas podem ser comparadas no tamanho a células, poeira, etc; as moléculas podem, elas mesmas, ser aquecidas ou resfriadas; as moléculas se expandem; as moléculas evaporam ou desaparecem.

Em relação ao espaço intermolecular, muitos alunos admitiram a existência de ar ou outras coisas nele. Na questão do movimento, alguns alunos afirmaram que as moléculas podiam, por vezes, não se movimentar - especialmente nos sólidos - e que elas começavam a se mover quando eram aquecidas.

Na Espanha, González et al. (1989) realizaram uma pesquisa cujo objetivo era conhecer as idéias dos alunos sobre a estrutura interna da matéria a fim de adotar estratégias concretas em classe que possibilitassem uma aprendizagem significativa do caráter descontínuo da matéria. Nesta pesquisa, 154 alunos responderam a um questionário de perguntas abertas onde deviam realizar e interpretar predições sobre diversos fenômenos, alguns dos quais relacionados com experiências cotidianas. Os autores observaram que existiu uma tendência geral para a não utilização de explicações microscópicas. Além disso, os alunos foram pouco consistentes no uso da idéia de descontinuidade.

Muitas pesquisas têm sido realizadas atualmente com o objetivo de desvendar a idéia de crianças que ainda não foram submetidas a nenhum processo formal de ensino sobre um determinado conceito. Na pesquisa de Selley (1982) demonstrou-se que somente 5% dos alunos nesta condição sabiam da existência de diferentes tipos

de átomos e ao escreverem sobre átomos ou moléculas referiam-se, preferencialmente, à bomba atômica.

Neste grupo de pesquisas a de Stavy e Stachael (1985), que tinha como objetivo determinar o conhecimento preliminar de crianças israelenses entre 5 e 12 anos sobre sólidos e líquidos, mostrou que a idéia de partícula aparecia somente em relação aos sólidos em forma de pó. As autoras acreditam que, neste caso, "partícula" é uma outra denominação para "grãos".

Em um outro trabalho onde foi investigada a concepção de gases de crianças entre 9 e 15 anos, Stavy (1988) constatou que, entre essas crianças, aquelas que não haviam estudado nenhum aspecto do modelo particular da matéria na escola descreviam gases exclusivamente no nível macroscópico (como uma das formas de matéria).

Existe ainda um outro grupo de pesquisas que ocorre a partir de testes com alunos de diferentes escolaridades. Entre elas encontra-se a de Novick e Nussbaum (1981) que envolveu alunos desde a escola elementar (6 anos) até universidades nos Estados Unidos. Nesta pesquisa foram utilizados testes escritos onde eram apresentados aos alunos algumas opções de representações para um gás, considerando a mesma situação-problema do trabalho anterior - Novick e Nussbaum (1978), entre as quais os alunos deveriam escolher a mais adequada. Nesta situação, as representações que indicavam a descontinuidade da matéria foram mais utilizadas pelos alunos em maiores níveis de escolaridade. 10% do total dos alunos, quando solicitados a representar o líquido que seria obtido na

condensação do gás, utilizou a idéia de matéria contínua, apesar de o gás ter sido representado como descontínuo.

A concepção de que a matéria é contínua transpareceu também quando a maior parte dos alunos em todos os níveis admitiu que nos espaços entre as partículas existia vapor e/ou oxigênio. Apenas 20% entre os alunos mais novos e 37% entre os universitários optaram pela idéia de que os espaços são vazios.

Esta mesma pesquisa nos mostra ainda que, em geral, os alunos apresentaram uma visão estática da matéria. A concepção de que as partículas têm movimento intrínseco apareceu em menos de 20% dos alunos nos níveis de escolaridade mais baixos e, mesmo entre os universitários, este valor não atingiu 50%.

Dentro de uma linha de trabalho baseada em uma concepção de aprendizagem como mudança conceptual, Enciso et al. (1987) consideraram necessário conhecer como evoluía a estabilidade das concepções descontínuas da matéria nos alunos. Para tanto, aplicaram um questionário a alunos espanhóis de 13, 14 e 16 anos. As questões eram relativas a assuntos habitualmente utilizados nos livros na introdução da teoria atômica como, por exemplo, expansão e compressão dos gases, não aditividade do volume na mistura etanol-água, etc. Após analisar as respostas dos alunos, os autores constataram a persistência de concepções incorretas, notadamente as relacionadas com a noção de espaço vazio. A aceitação desta idéia de vazio pareceu não ser afetada pela aprendizagem escolar.

Os autores não apresentaram resultados ou conclusões relativos a outros aspectos do modelo de matéria descontínua, mas afirmaram que os dados apontaram para um retrocesso entre alunos de

14 e 16 anos. Segundo eles, isto sugere a hipótese de que a aprendizagem escolar destes conceitos se dá em caráter superficial, ocorrendo uma mudança momentânea das idéias dos alunos, mas subsistindo suas concepções prévias.

Neste grupo de pesquisas, encontra-se também uma dissertação de Mestrado realizada no Brasil sobre o tema em questão. Trivelato (1989) entrevistou 44 alunos entre 5ª série do 1º grau e primeiros anos da universidade em Uberlândia visando estudar a evolução das noções do modelo de matéria descontínua e de como elas se relacionavam com o desenvolvimento da noção de conservação das quantidades físicas. Tais entrevistas consistiram basicamente na discussão de dois fenômenos que envolviam variações na concentração da matéria: a diluição de uma solução de azul de metileno em água a diferentes temperaturas e a mistura de água e álcool etílico em condições tais que a contração do volume era visível e a conservação da massa facilmente constatada. Após a explicação inicial dos alunos foi-lhes apresentada uma ficha contendo algumas informações básicas sobre o modelo particular à luz das quais eles deviam explicar novamente os fenômenos.

Os resultados obtidos foram analisados na perspectiva piagetiana e permitiram a divisão dos alunos em quatro grupos consecutivos paralelos a evolução idade/escolaridade. No primeiro, os alunos (de 11 e 12 anos) formularam explicações exclusivamente macroscópicas, mesmo após a apresentação das informações que faziam referência a partículas. No segundo grupo (que compreendeu alunos de 11 a 13 anos), as explicações espontâneas eram macroscópicas, evoluindo para um modelo particular. Os alunos já conseguiam

utilizar alguns dos elementos fornecidos, mas o modelo assim constituído era estático e intensamente marcado por características macroscópicas. No terceiro grupo, os alunos (de 13 a 16 anos) forneciam explicações de natureza particular espontaneamente através de um modelo estático no qual nem sempre a descontinuidade estava claramente admitida e as partículas eram dotadas de atributos macroscópicos. Após a apresentação das informações adicionais, os alunos tenderam a melhorar suas explicações explicitando a noção de vazio mas mantendo, total ou parcialmente, as características estáticas ou macroscópicas para as partículas. No último grupo foram alocados os alunos (de 17 a 22 anos) cujas explicações eram baseadas na utilização do modelo particular. Neste grupo, o aspecto cinético do modelo estava presente, apesar de algumas explicações envolverem erros conceituais. Entretanto, o autor afirma ser possível perceber que isto ocorreu mais pela maior influência do conteúdo escolar do que propriamente pela influência de características macroscópicas dos objetos.

Na literatura internacional é relatado ainda um outro trabalho com características bem distintas daquelas até aqui apresentadas. Trata-se de um estudo de caso realizado nos Estados Unidos no qual uma aluna foi acompanhada durante uma sequência de aulas, com duração de dois meses, onde discutiu-se a natureza particular da matéria (Scott, 1987).

O ensino ocorreu em uma classe normal, com o professor atuando como pesquisador. Foram recolhidas todas as anotações e respostas da aluna às questões que foram respondidas individualmente ou discutidas em pequenos grupos. Além disso, foram

gravadas e filmadas todas as seções de discussão em pequenos grupos das quais a aluna participou. O professor também gravou entrevistas individuais com ela e com os outros três membros de seu grupo de discussão. Tudo isto foi feito visando monitorar o desenvolvimento das idéias da aluna e na tentativa de isolar os fatores que poderiam influenciar, encorajando ou desencorajando, a mudança conceptual.

Dentre outros aspectos, os resultados indicaram que o que aconteceu durante o processo não foi somente uma mudança conceptual. Mais que isto, parece ter ocorrido um desenvolvimento paralelo das idéias de partícula lado a lado com as idéias já existentes. Este desenvolvimento paralelo resultou em explicações alternativas que podiam ser empregadas quando apropriadas.

A partir da análise de alguns dos trabalhos aqui apresentados e de sua própria visão, por também ter realizado pesquisas atinentes ao tema em questão, Driver (1985) concluiu que tais estudos evidenciavam que a maioria dos alunos de escolas secundárias usam o modelo particular da matéria, especialmente quando são induzidos a fazer isto. Ao utilizarem este modelo, alguns aspectos significativos são identificados como, por exemplo, a não concepção do movimento das partículas e/ou das forças entre as partículas em um sólido e uma tendência a associar uma crescente separação das partículas com o aumento da temperatura. A autora destaca ainda que certamente a maioria dos alunos de escolas secundárias que são introduzidos ao modelo usam muito mais a idéia de que a matéria é descontínua do que a de que ela é contínua. Contudo, quando usam idéias de natureza particular, eles tendem a

não pensar nas partículas como imutáveis, mas frequentemente consideram que elas têm as mesmas propriedades macroscópicas que as substâncias que elas formam.

A meu ver, o entendimento do porquê de tais conclusões aponta para a necessidade de se investigar como a concepção de matéria descontínua passa a fazer parte da estrutura cognitiva dos alunos para que, a partir de então, pesquisadores e professores possam discutir bases a partir das quais o professor possa trabalhar de forma a buscar propiciar a construção, por parte de cada aluno, de uma autêntica conceptualização da descontinuidade da matéria.

1.3 DA IMPORTANCIA DA OCORRENCIA DESTA FOCALIZAÇÃO

Do que foi descrito no item anterior alguns aspectos podem ser depreendidos como, por exemplo:

- . as pesquisas realizadas visam, basicamente, conhecer o que os alunos pensam sobre a constituição da matéria e como utilizam suas idéias na explicação de alguns fenômenos;
- . as pesquisas foram realizadas por pesquisadores estranhos à sala de aula;
- . as pesquisas foram realizadas em situações específicas promovidas pelos pesquisadores.

As contribuições de tais pesquisas são, em um certo sentido, importantes para os professores. Entretanto, como elas se

desenvolvem a partir de uma situação específica deliberada (com alguns alunos em momentos determinados), um aspecto essencial da prática docente não é considerado: o fato de o professor trabalhar com uma turma de 30 a 40 alunos. O professor tem diante de si o desafio de promover condições para que ocorram modificações na estrutura cognitiva de 30 ou 40 alunos simultaneamente! Isto, é claro, não pode ser feito através de atividades individuais esporádicas, por mais que elas sejam úteis quando se trata de um único aluno.

Por outro lado, pesquisadores que têm desenvolvido trabalhos relevantes relativos a ensino e aprendizagem de conceitos científicos na década atual apontam para a necessidade de que a pesquisa na área avance, de que se investigue que situações de ensino podem ser úteis na promoção da mudança conceptual ou ainda como tal mudança ocorre (Driver and Easley (1987); Gilbert (1982); Nussbaum and Novick (1982); Cosgrove and Osborne (1985); Osborne and Wittrock (1985); Shulman (1986); Novak (1988b)).

Emerge, então, uma contribuição importante deste trabalho na medida em que ele não se desvincula da prática docente. Enquanto professora participei ativa e constantemente do processo ensino-aprendizagem e procurei estar atenta a todos os momentos onde novas situações pudessem ser promovidas a fim de contribuir para a ocorrência de modificações conceptuais, situações estas que foram muitas e variadas dentro do contexto de ensino.

Além disso, o acompanhamento do movimento das idéias dos alunos pode ser significativo na determinação de quais atividades

e/ou situações foram potencialmente capazes d~~de~~ colaborar p
promover modificações nas idéias dos mesmos.

CAPITULO 2 . MOVIMENTO DAS IDÉIAS E PROCESSO DE ENSINO

2.1 DO PROCESSO DE ACOMPANHAMENTO

A fim de acompanhar o movimento das idéias dos alunos optei, inicialmente, por propor alguns problemas que exigissem a explicitação e justificativa de suas concepções sobre a matéria. Estes problemas originaram-se quase sempre de experimentos, isto é, requereram inicialmente a observação de algum fenômeno. A proposição foi feita desta maneira visando facilitar a emergência de idéias ou o estabelecimento mais eminente do relacionamento de idéias sobre o fenômeno em questão.

Em todas estas atividades os alunos foram solicitados a expressarem suas idéias através de desenhos e, posteriormente, de forma verbal, explicando o desenho feito ou respondendo alguma outra questão sobre o fenômeno considerado. Algumas delas constituíram-se de partes de experiências do próprio material de ensino. Os desenhos foram utilizados nesta situação porque considero que eles são uma forma que possibilita expressar as idéias mais espontaneamente. Além disto, o fato de eles terem que

ser explicados configurava uma situação que favorecia repensar nos mesmos, retomar a concepção inicial e refletir sobre ela.

Ao longo do ano letivo (mais precisamente entre fevereiro e junho) foram propostas várias atividades concernentes a fenômenos diferentes buscando a mesma idéia. Por vezes, ocorreu a repetição de atividades já desenvolvidas visando a contraposição de idéias e/ou de suas justificativas. Isto ocorria em função da introdução de elementos que pudessem exercer influência no desenvolvimento daquelas idéias, quer provocando dissonância, quer contribuindo para consolidar aspectos das mesmas. Desta forma, esperava-se condições de perceber a influência que alguma situação específica poderia exercer nas idéias de cada aluno.

Um outro aspecto importante é que os problemas constituintes de cada atividade não foram previamente definidos. Esta definição ocorreu na medida que o processo transcorria e de acordo com o que eu "sentia" sobre o movimento das idéias dos alunos. Assim, a estruturação da pesquisa emergiu ao longo do tempo, como era de se esperar tendo em vista a perspectiva metodológica adotada.

Estas atividades configuraram situações que envolveram cada um dos estados da matéria; transformações de um estado para outro; concepção de densidade; explicação de fenômenos tais como expansão dos gases, dissolução de sólidos coloridos e brancos em água, espalhamento de cheiros, contração de volume do sistema água + sal e relações entre pressão, volume e temperatura de substâncias gasosas.

2.2 DAS PRIMEIRAS IDÉIAS SOBRE MATERIAIS EM DIFERENTES ESTADOS

FÍSICOS

A primeira das atividades foi realizada no início do ano letivo, quando nenhum conceito químico havia ainda sido discutido. Meu principal objetivo era perceber se os alunos já apresentavam alguma noção de descontinuidade da matéria considerando situações que envolviam os três estados físicos. Esta atividade foi dividida em três partes.

Inicialmente, mostrei aos alunos um kitasato(3) fechado e solicitei que eles desenhassem como imaginavam que seria aquele sistema quando cheio com um gás colorido. A seguir, solicitei que eles desenhassem como imaginavam o sistema se uma parte do gás fosse retirada através de uma seringa adaptada à saída lateral do kitasato. Por último, solicitei que eles justificassem os desenhos feitos.

Tais solicitações foram inspiradas nos trabalhos de pesquisa relatados por Novick e Nussbaum (1978, 1981 e 1982) onde este mesmo sistema foi utilizado com sucesso na detecção da concepção de matéria de alunos israelenses e norte-americanos. Eu mesma já havia utilizado esta solicitação anteriormente, com outros grupos de alunos de escolas secundárias e sabia, pelos resultados obtidos, da potencialidade da mesma no sentido desejado. Esta proposição inicial envolveu o estado gasoso pois, em contatos

(3) Recipiente de vidro utilizado em laboratórios, de forma aproximadamente triangular e tendo, além da boca, uma saída lateral estreita.

anteriores com alunos de escolas secundárias havia percebido que este estado de agregação da matéria é o que menos freqüentemente desperta atenção e/ou ocupa o pensamento dos alunos. Além disso, considerei na formulação da questão um gás colorido na tentativa de evitar que os alunos desenhassem apenas o contorno do recipiente. É claro que eles poderiam simplesmente pintar todo o recipiente por se tratar de um gás colorido. Todavia, procedendo assim foi possível chegar a alguma conclusão sobre o modelo proposto para a matéria, fato que seria extremamente dificultado ante a inexistência de qualquer representação gráfica.

Na segunda parte, apresentei-lhes um Béquere(4) contendo água, uma pedra e um cubo de gelo. Inicialmente solicitei que eles desenhassem o que estavam observando e, num segundo momento, que desenhassem como imaginavam ser cada um daqueles materiais por dentro. Este último grupo de desenhos deveria ser justificado e explicado.

Tendo solicitado inicialmente uma reflexão dos alunos acerca do estado gasoso, introduzi, nesta segunda parte, uma oportunidade para que eles pensassem em materiais nos estados líquido e sólido. A presença de dois materiais sólidos no sistema focalizado (pedra e cubo de gelo) ocorreu por, também em aplicações anteriores desta atividade, ter sido possível perceber que, muitas vezes, a concepção de sólido varia em função do material utilizado - especialmente quando um deles é o gelo (devido à anomalia observada na relação de sua densidade com a da água). Este aspecto, inclusive, foi perseguido em atividades propostas posteriormente.

(4) Recipiente de vidro utilizado em laboratórios que se assemelha a um copo liso.

Na última parte perguntei aos alunos porque os balões de borracha estouram quando soprados por muito tempo. Era minha intenção principal verificar se a necessidade de refletir sobre a expansão dos gases - processo que evidencia o movimento das partículas gasosas através dos espaços vazios existentes entre elas - alterava a concepção apresentada anteriormente para este estado de agregação.

As representações propostas pelos alunos na Parte A desta atividade encontram-se descritas na Tabela 1. Uma análise desta tabela nos permite constatar que a maioria absoluta dos alunos demonstrou uma concepção contínua do gás em suas representações. Será que isto significava que todos aqueles alunos idealizavam um modelo de matéria contínua?

Considerando os dados disponíveis, somente uma aluna (Márcia) representou o gás como sendo constituído de bolinhas (e de cores diferentes). Qual seria o significado da diferenciação das bolinhas por cores se a proposição do problema envolvia um único gás colorido? Ou será que isto ocorreu em função de a aluna ter interpretado o adjetivo colorido como "sendo formado de várias cores"?

Em relação às variações de representações do sistema final foi possível observar que dos 20% de alunos que representaram o gás segundo a concepção de matéria contínua sem considerá-lo espalhado por todo o recipiente (representações B.3 a B.6), uma aluna (Eliene) demonstrou, pelo que escreveu na justificativa do desenho, a existência da propriedade de expansão dos gases.

As justificativas apresentadas para as diferenças entre as representações encontram-se transcritas na Tabela 2(5). Estas justificativas puderam ser divididas em três grandes grupos: Inicialmente existiam aquelas que implicavam numa concepção de matéria contínua, apresentadas pelos alunos Alexandre, Alexis, Ana Cristina, Ana Flávia, Ana Paula, Camila, Clarissa, Cláudia, Cintia, Danielle, Dinah, Eduardo, Eliene, Glaucia, José Eduardo, Juliana G., Juliano, Luciana M., Luciana V., Luciane, Luis Antônio, Marcelo, Márcia, Patricia, Silvia, Sissia e Tatiana. Nestas justificativas apareceu claramente a noção de expansão/"espalhamento" do gás, com ou sem a idéia associada de que este processo se dá pela ocupação de espaços.

A noção de descontinuidade da matéria foi observada nas justificativas apresentadas pelos alunos Angela, Elisângela, Galliana e Maurício. Todas elas envolviam a existência de moléculas ou partículas separadas. Na resposta da aluna Angela encontrava-se explícita a idéia de que as partículas se movimentam. A que se deveu o fato de estes alunos não terem explicitado tal idéia também nas representações gráficas dos sistemas? Seria possível considerar que alguma das formas de representação era mais fiel às concepções dos alunos? Estas foram talvez as primeiras questões que me intrigaram após a observação inicial dos dados e constituíram presença constante ao longo da análise de dados posteriores.

Considerando ainda a idéia do movimento, ela também foi encontrada (como movimento do gás) nas justificativas dos alunos

(5) Tal transcrição, como todas as outras apresentadas neste relato, foi praticamente literal, omitindo-se apenas as repetições de idéias em uma mesma frase e/ou corrigindo-se os eventuais erros gramaticais e ortográficos.

Alexis, Ana Flávia, Camila, Eliene, Glaucia e Guilherme, onde eles explicitaram a idéia da ocorrência do processo de espalhamento do gás. Poderia este aspecto ser considerado um indicativo de que tais alunos possuíam alguma idéia de descontinuidade da matéria? Certamente nada pode ser afirmado considerando-se apenas este dado. Todavia, afigurava-se como interessante o acompanhamento de outras idéias desses alunos que pudessem vir a confirmar ou não tal suposição.

Retomando as justificativas, foi possível considerar que 52% delas não apresentavam, na verdade, nenhuma explicação para as diferenças nas representações pois, quando muito, enfatizavam a existência de menor quantidade de gás no segundo sistema.

Dois outros aspectos concernentes às idéias explicitadas pelos alunos mereceram ser comentados: Inicialmente, julguei importante destacar que a aluna Márcia, única a representar o gás como formado de bolinhas, não manifestou verbalmente esta idéia. Sua justificativa dizia que "o ar está bem espalhado e menos colorido". Será que a descontinuidade não emergiu como atributo importante quando da necessidade de explicação do fenômeno? Ou será que a presença da representação tornou a explicitação verbal desnecessária?

Um outro aspecto interessante foi que os alunos Alexis, Carlos Alberto, Fábria e Márcia fizeram referência ao hipotético gás colorido como ar. Seriam estas palavras sinônimas para eles? Ou isto decorreria apenas da utilização da denominação do elemento mais comum como representativo de toda a classe dos materiais gasosos?

Os dados obtidos na Parte B desta primeira atividade encontram-se nas Tabelas 3 a 8. A análise destas tabelas permitiu o estabelecimento de relações nitidamente distintas daquelas propostas quando da análise dos dados da Parte A.

Em termos de concepção da matéria, um aspecto comum pode ser destacado nas representações dos três materiais: muitas vezes coexistiam elementos característicos das concepções de matéria contínua e descontínua. Nestes casos, a concepção expressa na representação foi considerada ambígua. Somente após a leitura cuidadosa do que os alunos escreveram, algumas dessas representações puderam ser entendidas com maior precisão. De qualquer forma, a ocorrência deste fato suscitou algumas questões relevantes: Por que alguns alunos explicitaram idéias diferentes para um mesmo material quando a forma de expressão da mesma variou? O que fez com que uma das formas de expressão fosse mais fiel ao que o aluno pensava? Ou será que uma delas favoreceu mais a emergência de alguns elementos do modelo de matéria descontínua? Por um lado, o fato de isto não ter acontecido na representação do estado gasoso diminui a probabilidade de tal favorecimento. Por outro, considerando que os materiais agora representados eram familiares aos alunos e concretos, isto é, não precisavam ser imaginados, parece ter havido um certo favorecimento da confecção de uma representação do exterior do material e da reflexão sobre sua constituição preponderantemente no momento de escrever sobre ela. Senão, vejamos o que pode ser concluído da análise de cada um dos grupos de dados.

Dos 35% de alunos cujas representações foram classificadas como concernentes com uma visão de matéria contínua, a grande maioria escreveu descrições macroscópicas da pedra ou suposições sobre seu interior que implicavam na utilização de aspectos macroscópicos da mesma. Pareceu-me que estes alunos imaginaram-se partindo uma pedra e observando seu interior. Acredito que, pelo menos parcialmente, isto pode ter sido decorrência da forma como fiz a proposição do problema, isto é, solicitando que os alunos representassem cada um daqueles materiais **por dentro**. Entretanto, este foi um risco que assumi correr quando decidi pela não utilização da expressão **constituição do material**, ou de outra similar, que poderia induzir a representação de átomos ou moléculas. Em tais circunstâncias, considerando especialmente o contexto decorrente de ser esta a primeira atividade do ano letivo, a probabilidade de que os alunos respondessem **o que eles achavam que eu, como professora de Química, esperava** com a utilização da expressão **constituição do material** e que relegassem a segundo plano suas próprias idéias parecia-me muito grande. Acredito, ao observar os resultados desta atividade, que, de uma certa forma, eles foram bastante fiéis às concepções de cada aluno.

A proposição de que se imaginasse o material **por dentro** pareceu-me ter sido responsável também pelas justificativas que indicavam ter o aluno assumido um referencial pessoal dentro da pedra (propostas pelas alunas Angela, Clarissa e Cláudia). Nestes casos era provável que as alunas tenham interpretado a solicitação feita como "se imaginar por dentro da pedra". Todavia, os atributos implícitos diretamente deduzidos das mesmas (rigidez, escuridão,

ausência de movimento, por exemplo) caracterizavam significativamente as idéias dessas alunas.

Entre os outros 35% de alunos que representaram a pedra com elementos que apontavam para uma concepção de matéria descontínua, mais da metade deles (Ana Cristina, Cintia, Danielle, Juliana, Juliana B., Luciana V., Márcia e Tatiana) apresentou explicações que indicavam que esta visão não correspondia a um modelo de partículas. A aluna Márcia, por exemplo, única que havia representado o gás como constituído de bolinhas, concebeu a pedra como formada de "várias pedrinhas pequenas". Por que a descontinuidade, neste caso, não se estendeu ao não perceptível? E, indo mais além, será que tal concepção podia mesmo ser considerada como de matéria descontínua na medida em que a representação não indicava espaço entre as pedrinhas?

Esta, por sinal, foi outra das questões básicas que, tendo surgido nesta primeira atividade, persistiu em vários outros momentos ao longo do processo. O fato de o aluno fazer referência a "partícula" ou "molécula" seria suficiente para se afirmar que sua concepção era de matéria descontínua? Para tanto não seria necessária a garantia de que ele concebia a existência de **espaços vazios** entre essas partículas? Pode soar como um paradoxo afirmar que alguns alunos falavam de partículas sem conceber a existência de seu oposto - o espaço entre elas - mas esta foi exatamente uma das constatações mais surpreendentes a que cheguei ao longo do processo. Contudo, neste momento esta idéia não foi levada em conta quando das classificações das representações propostas pelos alunos, isto é, quando um aluno escreveu algo utilizando-se das

palavras "partícula" ou "molécula", sua concepção foi, a menos que houvesse outro impedimento claro, considerada como de matéria descontínua.

Em relação à representação da pedra, 30% dos alunos apresentaram concepções que foram classificadas como ambíguas. Tal ambigüidade, entretanto, permaneceu, após a comparação das representações com as justificativas, apenas nos casos das alunas Fábria e Patricia S.. Todos os demais alunos, com exceção ainda de três que não justificaram a representação, deixaram claro, pelo que escreveram, que a concepção que buscavam expressar era a de matéria contínua (elevando para um pouco mais de 50% a percentagem de alunos que demonstraram este tipo de concepção para a pedra nesta atividade). Entretanto, no caso das alunas destacadas, a ambigüidade não se esclareceu devido à não explicitação do significado da palavra "partícula". Em ambos os casos este significado era dúbio pois podia corresponder a grãos de areia, pedrinhas, minerais ou ainda às verdadeiras partículas constituintes desses materiais. Vale relembrar, como pode ser percebido pela análise das Tabelas 1 e 2, que as duas alunas haviam concebido o gás colorido como contínuo sem, entretanto, justificar claramente porque.

Como eu esperava que acontecesse, as representações do gelo apresentaram características bastante distintas daquelas observadas nas representações da pedra, apesar da comunalidade do estado de agregação. Para o gelo, como pode ser observado na Tabela 5, as representações de caráter ambíguo superaram, em muito, aquelas nitidamente contínuas ou descontínuas.

Representações que demonstrassem uma concepção de matéria contínua foram propostas pelos alunos Alexandre, Ana Paula, Eduardo, Elisângela, Flávia, Galliana e Glaucia. Foi interessante constatar que todos estes alunos haviam concebido a pedra demonstrando também uma visão de matéria contínua. Novamente foi possível observar que as justificativas dos alunos (transcritas na Tabela 6) expressavam descrições do gelo ou afirmações de como seria o seu interior com a utilização de elementos macroscópicos do mesmo. Para mim, às possíveis explicações apresentadas para este fato quando da análise das representações da pedra, devia-se acrescentar o fato de que, considerando-se um referencial macroscópico, o interior do gelo é visível. Isto, a meu ver, acarretou uma "segurança" muito maior no que os alunos disseram acerca de como imaginavam o gelo "por dentro".

Dos 20% de alunos que propuseram representações descontínuas para o gelo, três alunas (Eliene, Márcia e Silvia) explicitaram justificativas que suscitaram dúvidas em relação ao caráter descontínuo das concepções que originaram as representações. Qual seria, por exemplo, o significado das "substâncias brancas" às quais se referiu a aluna Márcia? Seriam elas as partes brancas que se percebe ao observar um cubo de gelo? Ou poderiam ser consideradas elementos formadores, como as "pedrinhas" que ela distinguiu na representação da pedra? No caso da aluna Silvia, a admissão da existência de "partes furadas" implicava, obviamente, numa descontinuidade do material como um todo, mas não havia nenhum esclarecimento sobre a constituição da parte compacta ou dessas "partes furadas". Sendo assim, não

considerarei que a referida aluna tivesse, nesta ocasião, expressado uma visão de matéria descontínua. A dúvida permaneceu também no caso da aluna Eliene. As "bolinhas" que ela afirmava existirem "por dentro" do gelo seriam as mesmas "substâncias brancas" consideradas pela aluna Márcia? Ou poderia o termo "bolinha" ter sido utilizado como referência à forma mais usual de representação das partículas de um material?

Como anteriormente destacado, a maior parte das concepções expressas nas representações do gelo apresentou características ambíguas. Analisando as explicações para tais representações foi possível constatar que a maior parte delas fundamentava-se em elementos macroscópicos o que, considerando os critérios de classificação das concepções adotadas, elevou para 50% a percentagem de alunos que expressaram uma visão de matéria contínua no caso do gelo.

Um aspecto interessante mereceu ser relevado a partir de tais explicações. Como destacado anteriormente na análise da aluna Silvia para sua representação do gelo, foi possível perceber nas manifestações de outras alunas (notadamente Ana Flávia, Clarissa, Cláudia, Patricia e Sissia) a consideração de uma "descontinuidade macroscópica", isto é, do fato de existirem partes visualmente distintas na parte interna do gelo. Todavia, em nenhum dos casos citados foi explicitado qualquer atributo que pudesse ser considerado como indicador de uma concepção de matéria descontínua concernente à constituição de cada uma dessas "partes". Mesmo no caso da aluna Clarissa, que utilizou a expressão "espaço vazio" em sua explicação, a referência era à presença das "bolhas"

macroscopicamente perceptíveis. Ficou, é claro, a dúvida sobre as constituição desses "espaços vazios", mas a "descontinuidade" percebida neste caso pode, com certeza, ser atribuída à utilização de um referencial macroscópico de análise.

Ainda analisando as explicações das representações do gelo consideradas ambíguas (Tabela 6), aquelas propostas pelas alunas Ana Cristina, Cintia, Danielle, Juliana, Juliana G., Luciana V., Patricia S., Rita, Soraia e Tatiana continham a palavra "molécula", caracterizando, portanto, alguma noção de descontinuidade. Entretanto, foi interessante observar que todas elas (com exceção de Soraia) faziam, de maneira direta ou indireta, referência à "molécula de água". Até que ponto tal referência foi feita a partir do conhecimento popular (ao que me parece, na maioria das vezes, não compreendido) de que a água é constituída de moléculas formadas por hidrogênio e oxigênio? Neste sentido, parecia ser importante buscar outras indicações quando da explicitação das idéias sobre a água.

Outro aspecto curioso era que várias dessas explicações continham a idéia de que "as moléculas no gelo estão solidificadas". Que significado tais alunas estariam atribuindo ao verbo "solidificar"? Quais seriam, para elas, as diferenças e comunalidades entre "moléculas solidificadas" e "moléculas não solidificadas"?

Há que se relevar ainda que, bem mais nitidamente que na situação da pedra, muitos alunos explicitaram nas manifestações sobre o gelo, com relativa clareza, sua concepção de sólido (em geral como um material compacto, onde as partículas encontravam-se

bem unidas). E, em função desta mesma idéia, as alunas Luciane e Patricia chegaram a explicitar suas desconfianças de que o gelo fosse um sólido considerando aspectos que haviam observado (notadamente a possível presença de gases em seu interior e o fato de ele flutuar na água). Pareceu-me que para elas era inconcebível a existência desses atributos em um material sólido. Neste sentido, a idéia da aluna Clarissa devia novamente ser destacada por ter considerado a existência das bolhas como um atributo diferenciador do gelo em relação a outros sólidos.

As alunas Fábria e Patricia S., que na explicação da pedra haviam utilizado a palavra "partícula" de modo ambíguo, diferenciaram-se nas explicações agora consideradas. Ambas propuseram representações para o gelo que novamente foram classificadas como ambíguas. Entretanto, a primeira justificou-a considerando apenas aspectos macroscópicos - o que não contribuiu no esclarecimento da ambigüidade anteriormente registrada - enquanto a segunda relevou a existência de "moléculas de hidrogênio e oxigênio". Por um lado poder-se-ia assumir tal explicitação como indicativa de uma idéia de descontinuidade. Por outro, não foi possível deixar de considerar, como destacado anteriormente, que o fato de se afirmar que "água é formada de hidrogênio e oxigênio" não era suficiente para garantir a compreensão da idéia expressa em tal afirmativa. A própria proposição da aluna como "moléculas de hidrogênio e oxigênio, só que congeladas" pode ser usada para alicerçar a afirmação desta não compreensão na medida em que na molécula de água existem átomos de Hidrogênio e Oxigênio e não moléculas dos gases hidrogênio e oxigênio.

As representações propostas para a água, como pode ser observado na Tabela 7, seguiram, aproximadamente, a mesma linha daquelas propostas para o gelo, sendo que a percentagem de representações ambíguas no caso da água foi menor, apesar de superior a 40%.

Todos os alunos que propuseram representações contínuas para a água haviam proposto este mesmo tipo de representação, ou representações ambíguas com explicações nitidamente contínuas, para o gelo. As explicações para estas representações contínuas relevavam a semelhança entre o aspecto da água por dentro e por fora em função de sua transparência. Para estes alunos (Alexandre, Ana Paula, Camila, Flávia, Galliana, Guilherme, José Eduardo, Juliano e Luciana M.) o referencial considerado foi novamente macroscópico. Foi interessante observar ainda que as alunas Flávia e Luciana M. explicitaram também a idéia de a água ser "formada" de alguma coisa ("o mesmo material" e "vários gases", respectivamente). Apesar da indefinição de tais explicitações, elas pareceram mostrar que a solicitação de se pensar a água "por dentro" também foi interpretada como se pensar em sua constituição. A aluna Flávia, inclusive, já havia demonstrado ter interpretado a solicitação neste sentido quando afirmou que o gelo era "formado do mesmo material" por dentro e por fora.

Os alunos Alexis, Ana Flávia, Danielle, José Eduardo, Juliana, Juliana G., Luciana V., Luis Antônio, Luis Felipe, Marcelo, Patricia, Rita, Soraia e Tatiana representaram a água de forma considerada como descontínua e, entre eles, somente Luis Antônio e Soraia (como pode ser observado na Tabela 8) propuseram

explicações que não justificavam coerentemente tal representação. Todos os demais utilizaram-se, como haviam feito para o gelo (exceção feita aos alunos Ana Flávia e Marcelo) da palavra "molécula". Todavia, como destaquei na discussão dos dados relativos ao gelo, a meu ver, esta podia ser uma referência mecânica, sem compreensão e conseqüente relacionamento deste conceito com uma visão de matéria descontínua.

Uma concepção ampla de líquidos pode ser constatada nas explicações propostas pelos alunos Alexis, José Eduardo e Luis Felipe. Entretanto, a análise dessas concepções indicava a presença da generalização errônea (introduzida, na maior parte das vezes, nos cursos de Ciências no 1º grau) de que a separação das partículas aumenta à medida que o material tem seu estado de agregação modificado de sólido para líquido e gasoso. É interessante observar que a água constitui-se na exceção mais comum a esta "regra" e que caso a posição relativa dos materiais componentes do sistema apresentado aos alunos fosse corretamente interpretada considerando-se cada um daqueles materiais como descontínuos, a conclusão atingida para o gelo e a água seria exatamente a inversa daquela expressa por estes alunos.

Em termos das representações classificadas como ambíguas, aquelas propostas pelas alunas Angela, Clarissa, Cláudia, Dinah, Eliene, Elisângela e Silvia foram acompanhadas de explicações que caracterizavam uma visão de matéria contínua. Com isto a percentagem de alunos que explicitou tal visão ao refletir sobre a água elevou-se a 40%.

Por outro lado, os alunos Ana Cristina, Carlos Alberto e Cintia, como já haviam feito nas explicações para a representação do gelo, destacaram as "moléculas" como constituintes da água. O aluno Carlos Alberto, inclusive, considerou uma idéia similar também na proposição de seus modelos para a pedra e o gelo, apesar de as representações do gás terem sido claramente indicativas de concepção contínua. Esta constatação me fez refletir sobre a validade de se apresentar um material ao aluno a fim de se solicitar alguma reflexão sobre ele em contraste com esta mesma solicitação a partir da imaginação do material (como aconteceu no caso do gás colorido). Não acreditava que o fato de as relações concepção descontínua de material apresentado e concepção contínua de material imaginado terem sido verificadas para um único aluno nesta atividade conduzissem à desconsideração desta provável influência. Neste sentido, seria importante perseguir novas indicações da mesma em outras situações análogas.

Ainda considerando as explicações das representações ambíguas e destacando a diversidade e riqueza de idéias expressas nas manifestações dos alunos, julguei conveniente destacar a explicação da aluna Glaucia onde foi feita referência ao "embaçamento da água" sem que isto tivesse sido interpretado como decorrência da mistura de alguma coisa à água e, conseqüentemente, como evidência de sua descontinuidade. O que significaria para Glaucia naquele momento a observação de que a água era "embaçada"? Tal observação teria alguma influência na concepção que ela tinha para a constituição da mesma?

Uma outra idéia intrigante expressa pelos alunos Alexandre, Luciane, Márcia e Patricia em relação à água foi a presença de "micróbios" na mesma. É claro que a idéia em si faz parte do conhecimento do senso-comum dos alunos. O aspecto intrigante a que me referi situava-se no âmbito da ausência de reflexão entre a afirmação desta idéia e a representação da água destacando, no máximo, a existência de ondas. A presença de outro material misturado com a água poderia ter sido interpretada como evidência de sua descontinuidade. O que teria feito com que isto não ocorresse? Por que o fato teria sido constatado e não interpretado? Outro tipo de solicitação poderia conduzir a isto?

Demonstrando mais uma vez a riqueza das idéias dos alunos, julguei importante ressaltar a idéia presente na manifestação da aluna Fábria. Ela, que anteriormente havia falado em "partículas" na pedra - apesar das fortes indicações de que elas seriam grãos de areia - e que destacara o fato de ser possível ver os riscos brancos no gelo ao observá-lo contra a luz, tendo desenhado a água predominantemente como ondas, justificou tal representação em função de nunca ter visto a água no microscópio. Refletir sobre esta idéia conduziu-me a alguns questionamentos: Até que ponto o "microscópio" era para aquela aluna, e para outros também, o instrumento de maior poder ao se observar a constituição de algum material? O que isto significaria em termos da dimensão esperada para os elementos constituintes possivelmente presentes ali? E, o que considerarei mais sério, por que a necessidade de observar visualmente um material para se fazer predições sobre sua constituição? Este aspecto, de uma certa forma, podia ser

considerado um impedimento para a elaboração da idéia de descontinuidade da matéria e, nesse sentido, mereceria ser observado com atenção especial ao longo do processo de ensino da mesma.

Apesar de as solicitações nesta segunda parte da atividade implicarem mais diretamente no aspecto contínuo ou descontínuo da matéria, nas manifestações que versavam sobre a água foi possível perceber ênfase também no aspecto dinâmico. Isto ocorreu nas explicações das alunas Angela, Clarissa, Cláudia e Silvia que, tendo assumido um referencial dentro da água, destacaram o fato de ser possível movimentar-se ali. Entretanto, não se devia, a meu ver, julgar que a expressão de tal idéia implicasse na concepção de partículas em movimento na água. Acredito sim, que isto se deveu exclusivamente ao referencial assumido e à analogia feita com situações cotidianas como, por exemplo, a de estar dentro de uma piscina. As próprias proposições das alunas relacionavam a possibilidade de se movimentar ao fato de a água ser líquida, isto é, destacavam apenas esta propriedade dos líquidos.

Finalizando esta primeira atividade, a proposição de se explicar o estouro dos balões de borracha mostrou-se pouco útil em termos da explicitação de algum dos aspectos do modelo descontínuo da matéria. Isto ocorreu em função de a maioria absoluta das explicações (como pode ser constatado pela análise da Tabela 9) ter-se fundamentado em propriedades macroscópicas do balão, e não na explicação dessas propriedades ou da ação do gás no processo. O aluno Maurício foi o único que buscou relacionar a perda de

elasticidade do balão com a existência de moléculas nele. Por outro lado, as alunas Elisângela, Galliana e Glaucia destacaram a existência de "partículas de ar", evidenciando alguma idéia de descontinuidade. Foi importante constatar que (como indica a Tabela 2) as alunas Elisângela e Galliana, apesar de terem representado o gás colorido como contínuo haviam enfatizado a existência de suas partículas e de espaços entre elas, chegando mesmo a justificar corretamente a sua expansão. O mesmo não pode ser dito da aluna Glaucia que, tendo também representado o gás como contínuo e destacado a ocorrência de sua expansão, não propôs qualquer explicação para a mesma. Uma análise das Tabelas 4, 6 e 8 possibilitou constatar que as concepções expressas para pedra, gelo e água por estas três alunas situaram-se sempre no nível contínuo, com explicações que enfatizavam aspectos visualmente perceptíveis de cada um daqueles materiais.

Assim, a situação dessas três alunas contrastava radicalmente com a dos alunos Alexis, Carlos Alberto, José Eduardo, Luis Antônio e Luis Felipe, que propuseram um modelo descontinuo para todos os materiais que observaram e um modelo contínuo para o gás imaginado. Desta forma a hipótese da existência de influência do fato de se observar um material na proposição de um modelo descontinuo para o mesmo ainda continuava sob análise.

2.3 DAS DUVIDAS ACERCA DA DIREÇÃO DAS IDEIAS DOS ALUNOS

Ao final da análise dos dados obtidos nesta atividade tornou-se possível indicar as concepções expressas para a matéria em cada uma das situações propostas como na Tabela 10.

Considerando que a maior parte das idéias impossíveis de classificar com segurança não faziam referências claras, mas tendiam a indicar uma concepção de matéria contínua, a presença deste tipo de concepção predominou nitidamente, praticamente independente do material considerado. Vale retomar aqui a ressalva feita anteriormente sobre a expressão "por dentro" utilizada nas proposições feitas. Como já destaquei, talvez ela tenha favorecido esta grande incidência de concepções contínuas, mas volto a enfatizar que acredito que as idéias assim manifestas foram muito mais pessoais que as que poderiam aparecer como resposta à utilização das palavras "constituição" ou "formação" nas solicitações. Entretanto, não creio que tal favorecimento tenha ocorrido em tão larga escala na medida em que durante a realização da atividade muitos alunos questionaram o significado da expressão "por dentro" e a maior parte dos questionamentos convergia para a confirmação de que "por dentro" significava "do que o material era feito".

Nesta primeira atividade, em função principalmente de seus aspectos contextuais (ter acontecido antes de o processo de ensino se iniciar e sem que houvesse conhecimento de minha parte em relação aos alunos e ao que eles haviam estudado anteriormente)

foram classificadas como indicativas de concepção de matéria descontínua todas as manifestações que envolveram as idéias de "partícula" ou "molécula". O como se deu este envolvimento não foi levado em conta. Em virtude disto, como também já foi destacado, não atribui grande significação (em termos de considerá-las exemplos reais de concepções descontínuas) à sua ocorrência relativa (especialmente em relação ao gelo e à água). Entretanto, os alunos que as propuseram, e as tiveram devidamente destacadas e comentadas na análise feita, seriam especialmente acompanhados ao longo das outras situações vividas no processo a fim de se confirmar ou não esta minha suposição inicial.

Considerando a concepção da descontinuidade da matéria, uma questão essencial emergiu ao longo da análise desses primeiros dados: Qual seria a idéia que os alunos tinham de "vazio"? Percebi naquele momento que este seria um aspecto chave de ser acompanhado a fim de conhecer com mais clareza a concepção de descontinuidade que porventura viesse a ser expressa nas representações e/ou falas dos alunos.

Outro destaque que se projetava no momento era para o acompanhamento das idéias relativas ao estado gasoso. Apesar de muito poucos alunos o conceberem explicitamente como descontínuo, vários outros reconheceram a ocorrência do fenômeno da expansão. O que significaria este processo para eles? Como ele se daria? Seria possível a concepção da ocorrência do processo desvinculada de qualquer reflexão sobre que condições deveriam ser satisfeitas pelo sistema para que ele ocorresse?

Em termos do sistema considerado na Parte B desta atividade uma dúvida persistiu após a análise dos dados: Por que a diferente posição relativa dos dois sólidos - pedra e gelo - não exerceu influência nas representações dos mesmos? Será que com o início do estudo das propriedades das substâncias, notadamente a densidade, os resultados seriam diferentes?

Ao expressarem suas ideias sobre a água, muitos alunos falaram em "moléculas de água" e alguns chegaram até a afirmar que estas eram "formadas de hidrogênio e oxigênio", ou mesmo que "a água era formada de gases". Ao que me parece tais idéias, apesar de utilizarem-se de nomenclatura científica, faziam parte do conhecimento do senso-comum daqueles alunos. Naquele momento causou-me inquietação esta constatação e meu interesse se viu despertado para descobrir **como** os alunos concebiam a existência e a formação das referidas "moléculas de água". Que influência teria a experiência da eletrólise (a ser realizada dentro de algum tempo) no reforço ou no abandono de tais idéias?

Outras grandes dúvidas pairavam no ar neste momento e relacionavam-se à metodologia da pesquisa. Em primeiro lugar, parecia-me, pela possibilidade de confronto das concepções expressas nos desenhos e nas explicações, que seria significativo manter os dois tipos de solicitação. Entretanto, como eu deveria considerá-los quando as idéias expressas não se complementassem no sentido de melhor esclarecer seus significados? Que forma de expressão eu deveria considerar mais fiel às ideias dos alunos quando o significado expresso nelas fosse divergente?

Em segundo lugar, como eu deveria conduzir as futuras solicitações, e mesmo as manifestações de meu pensamento, de forma a não direcionar as respostas dos alunos? Que palavras e/ou expressões eu deveria usar a fim de obter alguma garantia de que os alunos se expressariam da forma mais original e idiossincrática possível?

Considerando a questão da idiossincrasia das idéias dos alunos, devo destacar que ela nem sempre foi percebida nesta atividade. Em vários momentos alguns grupos de alunos propuseram representações e/ou justificativas bastante semelhantes. Isto se deveu a uma certa comunicação que houve entre alguns alunos. Apesar de minha proposição inicial ter sido no sentido de cada aluno expressar sua própria idéia percebida, ao longo da realização da atividade, que não seria conveniente de minha parte proibir qualquer comunicação entre os alunos. Uma atitude neste sentido - e naquele contexto - poderia aumentar o nível de tensão dos alunos e alterar a disponibilidade que eles estavam demonstrando. Com o desenrolar do processo a confiança dos alunos, em mim e em suas idéias, foi significativamente modificada e não houve maiores problemas no sentido de os alunos sentirem necessidade de se comunicar durante a realização das atividades escritas.

Encarando cada uma das muitas questões aqui explicitadas como um grande desafio a ser perseguido, e certa de que estas eram apenas as questões iniciais, dei início ao processo de ensino propriamente dito.

2.4 DO INICIO DO PROCESSO DE ENSINO

No primeiro dia de aula que se seguiu à realização da atividade anteriormente descrita, promovi uma discussão sobre o que os alunos pensavam que era Química, se e como eles achavam que ela era importante em suas vidas e outros aspectos correlatos. Era minha intenção perceber a visão que os alunos tinham de aspectos como estes bem como, em função disto, a disposição que apresentavam frente ao curso de Química que se iniciava. Em seguida os alunos leram e discutiram em pequenos grupos o texto inicial do material instrucional do "Aprendendo Química": "A Química em nossa vida". Tal leitura suscitou o interesse por questões que não haviam sido propostas anteriormente e provocou a emergência de outras, na maior parte das vezes relacionadas à formação de algum material ("Como o vidro é feito a partir da areia?", por exemplo) ou ao processo de atuação de algum material ("Como funciona um analgésico?" ou "Como a camada de ozônio é destruída?", por exemplo). Apesar de alguma insistência dos alunos, não respondi nenhuma daquelas perguntas. Procurei, isto sim, discutir com eles a importância de tais questões e a relevância de entender os aspectos básicos envolvidos em suas situações vivenciais a fim de poderem atuar de forma mais significativa na sociedade.

Na primeira unidade do "Aprendendo Química" - "Como identificar e caracterizar as substâncias" - considera-se, inicialmente, que as substâncias ocorrem na natureza na maior parte das vezes misturadas. Sendo assim, são discutidos os processos de

separação de misturas e as propriedades que identificam e caracterizam as substâncias.

Dando início a este processo os alunos trabalharam na Experiência 1 - "Processos de Separação" - com um sistema constituído de uma solução saturada de sulfato de cobre(6) misturada com naftalina triturada. Utilizando este sistema eles deveriam efetuar a decantação, a filtração e a destilação(7) a fim de que todos os seus componentes fossem separados. Não era objetivo que os alunos descobrissem quais eram os componentes do sistema, mas que refletissem sobre a importância e que entendessem os processos realizados. Neste sentido situam-se todos os objetivos das questões propostas no material instrucional.

Como na destilação está envolvido um processo inverso à formação de uma solução, durante a sua realização alguns alunos fizeram comentários bastante interessantes em relação aos materiais ali envolvidos como, por exemplo:

. "Depois do aquecimento ficou toda a coloração azul da água no balão de uma forma concentrada."

. "No erlenmeyer o líquido sai em sua coloração normal."

. "A destilação foi completada, ficando a substância incolor livre da azul."

. "A destilação se baseia no aquecimento do líquido, evaporação de sua água e transformação do líquido em pó."

. "O líquido virou pó e se prendeu nas paredes do balão."

(6) Mistura homogênea onde foi dissolvida a quantidade máxima de sólido, no caso sulfato de cobre, em uma certa quantidade de água numa determinada temperatura.

(7) Processo de separação de misturas que se baseia na vaporização de um dos componentes da mesma seguida de sua condensação em outro recipiente.

. "O vapor em forma líquida cai já transparente no erlenmeyer."

. "O líquido, após o aquecimento, fica armazenado no fundo, sólido e torna a ficar azul."

Tais manifestações, se por um lado evidenciavam a existência de concepções prévias sobre a formação de uma solução, sobre as transformações das substâncias e sobre as transformações de estado de agregação das substâncias, por outro não expressavam de forma clara nenhum aspecto da constituição da matéria. Estas e outras manifestações dos alunos poderiam ter sido questionadas neste sentido, mas não era meu objetivo naquele momento induzir tais pensamentos. Para mim era imprescindível manter a discussão no nível macroscópico dos fenômenos uma vez que não era relevante para os objetivos definidos no curso naquele momento a explicação de como tais fenômenos ocorriam. Considerando que estávamos no início do processo, o senso de investigação dos alunos e a curiosidade de descobrir como ocorre cada fenômeno e como ele se relaciona com outros ainda não haviam sido incentivados. (Este foi um processo mais lento que ocorreu à medida que os alunos se envolveram mais com o processo de aprendizagem.) Em função disto, nenhum aluno formulou questões que exigissem a consideração de aspectos microscópicos de algum dos fenômenos envolvidos naquela experiência.

A experiência seguinte - "Duas características importantes das substâncias" - envolvia a discussão do ponto de ebulição(8) e da solubilidade(9) de uma substância. Tal experiência

(8) Valor de temperatura durante a qual ocorre a ebulição de uma substância.

(9) Quantidade de uma substância que se dissolve em outra em uma certa temperatura.

foi introduzida com o objetivo de se estudar maneiras de se identificar as substâncias separadas na experiência anterior. Neste sentido, na Parte A os alunos aqueceram novamente o líquido resultante da destilação até que ele entrasse em ebulição e observaram que este processo ocorria em uma temperatura constante e igual àquela registrada durante a ebulição na destilação da solução de sulfato de cobre. A subsequente discussão desses resultados conduziu ao estabelecimento da existência da propriedade "ponto de ebulição".

Antes que fosse realizada a Parte B desta experiência, propus aos alunos uma outra atividade onde eles deveriam explicitar algumas de suas idéias.

2.5 DAS IDÉIAS SOBRE PROCESSOS COTIDIANOS

Na primeira parte desta segunda atividade solicitei-lhes que representassem, através de desenhos, o que imaginavam estar acontecendo por dentro da água durante a ebulição. Tal representação deveria ser justificada. Era meu objetivo aqui conhecer como os alunos pensavam o processo de ebulição de um líquido. O que significava, para eles, o líquido mudar de estado? O que eles percebiam que mudava na substância durante este processo? Que concepção de matéria permearia suas explicações e como?

A fim de tentar garantir mais informações neste sentido propus, após os alunos terem explicitado livremente suas idéias

sobre o processo, que eles respondessem às questões: O que provoca a ebulição da água? Por quê? Como?

Depois que eles escreveram discuti um pouco as idéias que eles estavam tendo sobre o processo. Num determinado ponto da discussão estabeleceu-se um consenso sobre a ocorrência da formação de bolhas e vapor. As idéias sobre a identidade desses materiais variavam bastante e decidi, então, perguntar de que eles eram formados. Esta foi a primeira vez que explicitiei a idéia de um material "ser formado" por alguma coisa. Seria uma boa oportunidade tanto para esclarecer algumas de minhas dúvidas concernentes à constituição da água (muitas das quais expressas quando da análise dos dados obtidos na Atividade 1) quanto para perceber uma possível influência da utilização na solicitação da idéia de "formação de um material" no tipo de concepção de matéria utilizado na resposta dos alunos.

Como na Parte B da Experiência 2 seria discutido o conceito de solubilidade de uma substância, decidi que aquele seria o momento ideal para buscar conhecer as idéias individuais dos alunos sobre o fenômeno da dissolução. Que concepção de matéria eles utilizariam na explicação de tal fenômeno? No caso da utilização de um modelo descontínuo de matéria os alunos considerariam explicitamente a existência dos espaços vazios? Como eles lidariam com a questão do movimento envolvido no processo da dissolução?

Para tanto, apresentei-lhes um béquer contendo aproximadamente $3/4$ de seu volume de água. Coloquei neste sistema uma quantidade equivalente a duas colheres pequenas de açúcar e,

agitando o sistema com um bastão de vidro, promovi a dissolução completa do sólido. Quando não se percebia mais a agitação do sistema decorrente da movimentação do bastão solicitei que os alunos o observassem de perto e representassem, através de um desenho, como imaginavam ser o sistema por dentro. Também este desenho deveria ser justificado. Como no caso da ebulição da água, a fim de tentar obter mais informações sobre como os alunos concebiam aquele sistema, perguntei-lhes ainda para onde o açúcar tinha ido.

As representações propostas para a água em ebulição encontram-se descritas na Tabela 11. Apesar de a solicitação ter sido feita no sentido de se representar o que os alunos imaginavam estar acontecendo **por dentro** da água durante a ebulição, 35% deles representaram o que haviam observado no sistema. Os atributos que caracterizavam o sistema visível macroscopicamente apareceram também em muitas outras representações junto com os elementos que poderiam indicar uma visão de matéria descontínua (caracterizando assim as concepções ambíguas). Acredito que a ampla utilização desses atributos macroscópicos no sistema em questão (significativamente maior que em todas as representações da atividade 1) deveu-se, pelo menos em parte, ao fato de a solicitação envolver um **processo** e de este ter sido observado pelos alunos. Pareceu-me claro, por nuances nos desenhos e pela leitura do que os alunos escreveram - tanto nas explicações dos mesmos quanto nas respostas às questões formuladas - que os aspectos dinâmicos do processo mereceram a maior atenção deles.

Entre os alunos que valeram-se apenas de atributos macroscópicos em suas representações, a maior parte utilizou-os também em suas manifestações verbais (transcritas nas Tabelas 12 e 13). Apenas duas alunas empregaram a palavra "molécula" em suas manifestações verbais. A aluna Cláudia o fez ao adicionar à explicação proposta para o desenho a informação de que "as moléculas da água também se agitam". Esta foi a primeira vez que Cláudia utilizou a palavra "molécula" em suas respostas. Quando da proposição anterior da representação da água, ela havia destacado apenas a presença de ondas e a possibilidade de se movimentar nela, mas sem inferir qualquer justificativa para a presença deste movimento. Será que a percepção do fato de ter representado e explicado o sistema macroscopicamente frente à natureza da solicitação conduziu a aluna a escrever a observação referente às moléculas? Neste caso, mais uma vez surgiu a dúvida: O que teria feito com que a aluna não expressasse no desenho esta idéia? De qualquer forma, o fato de ela ter considerado as bolhas como formadas de "água em movimento" e o vapor de "ar úmido" demonstrava que o modo como a aluna concebia o processo era distinto daquele aceito pela Ciência atualmente.

Esta suposição não pode ser estendida às concepções expressas pela aluna Glaucia. Tendo representado e, em parte, explicado o processo em termos microscópicos, ela complementou sua explicação relacionando o aquecimento com a agitação das moléculas e a formação de bolhas parecendo deixar implícito - ao admitir que as bolhas eram formadas de "água no estado gasoso" - que, como consequência da referida agitação, ocorresse a transformação do

estado de agregação da água (concepção que corresponde aos aspectos básicos do modelo aceito pela Ciência). Todavia, Glaucia afirmou que o vapor era formado de "água em estado líquido", evidenciando que sua interpretação do processo era idiossincrática. Foi interessante observar que, como mostram os dados das Tabelas 2 e 9, Glaucia concebia a constituição molecular do ar e a ocorrência da expansão dos gases (chamada por ela de "espalhamento"). Entretanto, todas as demais representações dos materiais na atividade 1 (inclusive a da água) destacavam apenas aspectos macroscópicos dos mesmos. Poderiam tais fatos serem considerados indicativos de que os momentos de pensamento nos processos envolvendo os materiais favoreciam mais a explicitação de alguma idéia anterior dos alunos sobre a descontinuidade da matéria, ou mesmo a elaboração de tais idéias a partir da utilização de alguma noção, mesmo que vaga, de conceitos como, por exemplo, o de molécula? Este parecia-me um aspecto importante a ser perseguido pela comparação das respostas de um mesmo aluno a solicitações que envolvessem distintamente **materiais e processos.**

Dois outros casos mereceram ser comentados entre os alunos que representaram a ebulição da água considerando apenas aspectos macroscópicos do fenômeno: o das alunas Ana Paula e Cintia. Ambas referiram-se ao "oxigênio da água", suscitando dúvidas em relação à concepção de matéria manifesta. Isto porque, como destacado de outras vezes, a fórmula da água fazia parte do conhecimento do senso-comum dos alunos. Conseqüentemente, a simples referência ao "oxigênio da água" não era suficiente, para mim, para que se pudesse garantir que o aluno concebia mesmo a água como

constituída de moléculas formadas por átomos de Hidrogênio e Oxigênio.

Investigando o que estas alunas haviam manifestado quando da solicitação referente à água na atividade 1 e da questão da formação das bolhas pude perceber que a concepção das duas alunas diferia significativamente. Enquanto Cintia havia afirmado que "a água é constituída de moléculas" e que as bolhas eram formadas "do oxigênio da H_2O em estado gasoso", parecendo indicar assim que realmente concebia a água como formada de moléculas, Ana Paula havia afirmado que a água era "formada por gases" e as bolhas "por ar", fazendo com que, para mim, persistisse a dúvida em relação à sua concepção. De fato, a comparação dessas respostas da aluna Ana Paula me despertou para a relevância de, como pesquisa paralela, buscar conhecer **como** os alunos imaginavam o processo de formação e constituição da água. Sem dúvida os resultados de tal informação poderiam me auxiliar significativamente no sentido de confirmar ou não algumas de minhas suposições em certos momentos da análise dos dados disponíveis.

Considerando as respostas dos alunos que, à primeira vista, representaram o sistema "por dentro", somente as das alunas Eliene e Márcia pareciam corresponder a uma visão de matéria descontínua. Este fato, entretanto, não foi confirmado quando da observação das explicações propostas pelas duas alunas (como pode ser constatado pela recorrência aos dados das Tabelas 12 e 13). Há que se considerar ainda que nas manifestações anteriores a aluna Eliene havia demonstrado conceber a matéria como contínua, enfatizando muito os aspectos macroscópicos dos sistemas enquanto a

aluna Márcia demonstrara uma tendência por representar o sistema de forma a parecer que sua concepção era descontínua e por explicá-lo a partir de atributos macroscópicos. Este tipo de divergência - representação com evidências de modelo descontínuo e explicações não indicando concepção de matéria descontínua - constituiu-se em uma das indicações da inconsistência em que eu incorreria caso atribuisse mais crédito a uma das formas de expressão dos alunos. Ao contrário, ela fundamentou uma idéia emergente naquele momento sobre a impossibilidade de fazer qualquer afirmativa sobre o tipo de concepção sustentada por um aluno a partir da análise de um único momento de manifestação da mesma. Percebi, desta maneira, que o resultado de cada momento de reflexão e expressão que promovia deveria ser considerado apenas como indicador da concepção sustentada pelo aluno e que, conseqüentemente, deveria prosseguir a análise dos dados buscando estabelecer o maior número possível de relações entre idéias de um mesmo aluno em vários momentos do processo.

Neste sentido, um retorno aos dados analisados da atividade 1 mostrou-se relevante. A aluna Eliene havia sido a única a representar o gás como contínuo e não espalhado por todo o recipiente mas a indicar a existência da propriedade de expansão dos gases, a ocorrência do movimento durante o processo de "espalhamento". Tal fato, como discutido anteriormente, poderia ser interpretado como uma indicação de que a aluna concebia a existência de algum elemento formador do gás que pudesse se movimentar e provocar a expansão. Por outro lado, nas representações da pedra, do gelo e da água ela havia relevado

atributos macroscópicos desses sistemas (como na situação da água em ebulição). Sendo assim, mesmo que alguma evidência de descontinuidade (como a expansão dos gases) fosse de certa forma considerada, a tendência apresentada pela aluna Eliene neste início do processo era, sem dúvida, pela observância de aspectos macroscópicos dos sistemas apresentados.

No caso da aluna Márcia, esta tendência foi diferente. Todas as suas representações anteriores, como a que agora é enfocada, apresentavam características predominantemente descontínuas (bolinhas no gás e no gelo, contorno todo dividido na pedra e risquinhos na água). Todavia, todas elas foram acompanhadas de explicações que indicavam ser estes elementos constituintes macroscópicos dos sistemas. Para os materiais estáticos as representações poderiam até ter sido interpretadas na direção descrita nas explicações, mas no caso dos dois processos (expansão do gás e ebulição da água) uma forma de expressão não excluiria a outra, quer dizer, o fato de a aluna não ter feito referência às "bolinhas" em suas explicações (e sim ter dito que a água estava fervendo em função do calor) poderia não invalidar a idéia de que tais "bolinhas" fossem constituintes da água. Não tendi a considerar válida a suposição de que as "bolinhas" fossem as bolhas formadas na ebulição porque os alunos haviam observado que as bolhas coexistiam com a água no sistema e que a própria Márcia afirmou, como resposta a uma das questões seguintes, que as bolhas eram formadas de "substâncias gasosas".

Analisando as justificativas das representações e as explicações do processo (apresentadas nas Tabelas 12 e 13) foi

possível constatar que dos 60% de alunos que haviam manifestado concepções ambíguas em suas representações, 27,5% descreveram-nas de forma a fazer crer que, de fato, a concepção que eles sustentavam era a de matéria descontínua.

A aluna Camila, por exemplo, foi a primeira a utilizar a palavra **átomo**. Em todas as manifestações anteriores de descontinuidade havia referência a "moléculas" ou "partículas". Considerando que na atividade 1 Camila foi uma das alunas que assumiu um referencial macroscópico em suas idéias sobre os materiais (destacando sempre a semelhança de aparência dos mesmos **por dentro e por fora**) era provável que nesta circunstância tivesse ocorrido uma mudança de referencial, uma vez que não houve apenas a admissão da existência de partículas constituintes, mas também uma proposta de explicação do que acontecia com estas partículas durante todo o processo. Apesar desta explicação não ter sido tão completa, considerei que Camila tinha uma visão integral do processo a partir do que ela explicitou como resposta à questão seguinte (Tabela 13) e de ela ter afirmado ainda que o vapor era formado de "moléculas de água em estado gasoso".

Outro destaque a ser feito nas explicações da aluna Camila relacionava-se à consideração do movimento das moléculas. Todavia, havia indicações nas proposições da aluna no sentido de que a existência deste movimento era atribuída exclusivamente à elevação da temperatura do sistema. Esta mesma observação era válida para as explicações propostas pelos alunos Ana Flávia, Angela, Dinah, Galliana, Juliana, Guilherme, Luis Felipe e Marcelo.

Entre estes alunos outra manifestação de movimento de moléculas havia ocorrido quando da explicação da expansão do gás colorido nos casos de Ana Flávia, Angela, Galliana e Guilherme. Contudo, essas explicações apresentaram naturezas diversas. Referência explícita ao movimento intrínseco das partículas só foi encontrada no que foi expresso pela aluna Angela que, até aquele momento, havia considerado o modelo descontínuo apenas nas situações relativas a **processos** envolvendo gases e líquidos.

No caso dos outros alunos a referência ao movimento no gás havia sido implícita, isto é, eles haviam considerado o "espalhamento" ou "dispersão" do gás sem destacar a existência das moléculas. E, ainda entre esses alunos, Guilherme havia sido o único a não apresentar nenhuma indicação de concepção descontínua em suas outras respostas. Galliana havia declarado existirem "partículas de ar" no balão de borracha, enquanto Ana Flávia afirmou que a água era formada de "moléculas de hidrogênio e oxigênio", além de ter concebido a pedra como constituída de "pequenas partículas juntas". Pareceu-me plausível admitir então que estes quatro alunos apresentavam, já no início do processo, alguma idéia de descontinuidade, talvez não muito estruturada ou mantendo relações ténues com outras de suas concepções haja vista sua emergência ocasional.

Entre os outros alunos que também indicaram a existência de movimento no sistema em função da elevação da temperatura, a configuração das respostas da aluna Dinah pareceu-me interessante na medida em que todas as suas respostas anteriores foram elaboradas a partir de um referencial macroscópico e/ou

considerando uma concepção de matéria contínua. O fato de a proposição que demonstrou a idéia da descontinuidade ("Penso que as moléculas também se agitam") ter sido expressa quase que como uma "observação extra" aliado à informação anterior fez-me pensar que talvez a aluna tivesse algum contato escolar anterior com o conceito de molécula, mas que a segurança acerca de sua utilização fosse limitada.

Os outros alunos que partilhavam uma visão análoga a de Dinah em relação à ebulição da água apresentavam outras concepções bastante idiossincráticas. O caso do aluno Marcelo era o que mais se aproximava do de Dinah na medida em que a maior parte de suas representações também foram elaboradas considerando um referencial macroscópico e/ou uma visão de matéria contínua. Entretanto, isto não ocorreu quando o material em questão era a água. Naquela ocasião o aluno admitiu que ela era "composta de moléculas", concepção que foi ampliada quando da afirmação subsequente de que as bolhas eram formadas "do oxigênio que se desprende da água". Emergiu outra vez, neste caso, a dúvida sobre a origem desta resposta: o conhecimento do senso-comum de que a fórmula da água é H_2O ou a real compreensão do significado dessa proposição? De qualquer forma, valia ressaltar que todas as proposições de Marcelo que puderam ser interpretadas em termos de evidências de uma concepção de matéria descontinua ocorreram quando o material envolvido na solicitação era a água.

Considerações análogas eram válidas também para as respostas da aluna Juliana, sendo que no seu caso minha tendência foi por acreditar que houvesse uma compreensão maior em relação à

constituição da água uma vez que a mesma foi utilizada associada à concepção de densidade tanto no gelo quanto nas bolhas e no vapor.

Finalizando este grupo de alunos, Luis Felipe foi outro que também utilizou a concepção de densidade em suas respostas, mas não só em relação à água. Ele a utilizou também para a pedra (admitindo a "total proximidade das moléculas" em função do estado sólido do material). O curioso neste caso foi que esta idéia não permeou as manifestações relacionadas com o hipotético gás colorido ou mesmo com o gás presente nos balões de borracha. O que teria levado este aluno a tal comportamento se, ao expressar-se sobre a água, ele afirmou que "as moléculas no gasoso estão totalmente separadas"? Naquele momento permaneceu a dúvida e a constatação da necessidade de recolocá-la frente a outras manifestações relativas especialmente a materiais no estado gasoso.

Os outros alunos que na explicação do processo de ebulição utilizaram um modelo de matéria descontínua sem, entretanto, considerarem o aspecto do movimento das partículas, foram Luis Antônio e Maurício, ambos com conjuntos de idéias relativamente diferentes daquelas apresentadas por outros alunos.

O segundo deles, contrariamente ao ocorrido com os alunos Juliana e Luis Felipe, não manifestou outras indicações de concepção descontínua da matéria nas situações que envolviam a água (em seus vários estados de agregação) e sim na expansão do gás colorido (reconhecida como um processo onde ocorria a "separação das moléculas") e no estouro do balão (justificado pela não resistência das "moléculas do balão" à pressão interna do sistema. A meu ver, Maurício configurava-se, naquele momento, como

integrante do grupo de alunos que manifestava uma concepção de matéria descontínua apenas quando a solicitação relacionava-se a algum processo.

As idéias de Luis Antônio, por sua vez, haviam, até então, apresentado um forte componente macroscópico, com uma única representação ambígua no caso da pedra (bolinhas que ele afirmou serem "elementos diversos e desordenados"). Todavia, o contraste das idéias anteriores com aquelas sob análise neste momento não se estabeleceu apenas no que diz respeito ao tipo de concepção de matéria utilizada, mas principalmente pelo "grau de idiosincrasia" desta última idéia. Luis Antônio sustentava a hipótese de que as moléculas da água se expandiam ao serem aquecidas, ficavam mais leves neste processo e ainda que o efeito do aquecimento variava em função das "diferentes composições das moléculas". Foi gratificante constatar que mesmo tendo esta atividade ocorrido no início do processo de ensino, o aluno não houvesse relutado em apresentar integralmente uma hipótese sua sobre um processo que fazia parte de seu universo vivencial. Outros alunos já haviam manifestado idéias nitidamente próprias em algumas situações, mas a clareza sobre a visão de todo um processo destacou a resposta de Luis Antônio. Em relação a esta resposta, deve ser ressaltado ainda que o fato de ele ter admitido que "moléculas apresentam composições diferentes" podia indicar que a palavra "elemento" (utilizada na explicação do desenho da pedra) talvez tivesse realmente sido considerada com seu significado químico, o que demonstraria a existência de uma visão de matéria descontínua desde a atividade inicial. Neste sentido, por que ela só teria aparecido na representação da pedra? A partir

das considerações formuladas em relação à hipótese sobre a ebulição da água soava, no mínimo, como estranha a possibilidade de que o aluno hesitasse em explicitar suas idéias concernentes aos outros materiais. Como todas as solicitações até então haviam sido propostas com a utilização da expressão **por dentro do material** não acreditava na possibilidade de que ela tivesse exercido alguma influência na utilização de atributos macroscópicos nos outros sistemas.

Três aspectos mereceram ainda ser destacados em função das idéias explicitadas pelos alunos em relação à ebulição da água. O primeiro referia-se às idéias do aluno Carlos Alberto. A partir de suas respostas na atividade 1, eu havia levantado a hipótese de que para alguns alunos, como parecia ser o caso dele, a observação de algum material ou fenômeno pudesse vir a contribuir para a emergência de aspectos de algum modelo de matéria descontínua. Pode ser que isto até tenha ocorrido naquela ocasião, mas não foi observado em relação à ebulição da água. Outras observações seriam necessárias a fim de que tal hipótese pudesse ser discutida com mais rigor.

O segundo aspecto dizia respeito aos dados relativos à formação de bolhas e vapor (apresentados nas Tabelas 14 e 15, respectivamente). Uma análise destas tabelas evidenciou uma grande diversidade de idéias dos alunos que, conseqüentemente, indicavam diferentes concepções do processo de ebulição. Muitas delas, quando de alguma forma refletiam a concepção de matéria sustentada por seus autores, foram destacadas nas análises dessas concepções apresentadas anteriormente. Todavia, outras idéias mereceram ainda

ser comentadas, como a da aluna Clarissa de que as bolhas seriam formadas de "ar e uma película de água". Talvez esta idéia tenha-se originado da observação visual de que a bolha gasosa é rodeada de água no sistema considerado, ou ainda da lembrança das bolhas de sabão, que contém uma camada externa diferente em relação ao seu exterior. De qualquer forma, julguei importante este destaque porque tal idéia podia refletir uma analogia com a concepção de "célula" (no sentido de ser uma entidade que possui uma membrana externa) e porque existia a possibilidade de que esta analogia se repetisse, mas em relação a partículas de uma substância.

Considerando todas as idéias expressas ao se pensar na ebulição da água, os alunos Fábria, Juliano, Patricia S., Sissia e Soraia fizeram, somente ao se referirem à formação das bolhas e do vapor, afirmativas que puderam ser interpretadas como indicativas de alguma noção de descontinuidade. A aluna Soraia, por exemplo, afirmou que as bolhas eram formadas de "moléculas mais separadas" e que o vapor era o "ajuntamento de moléculas que sobe". Desconsiderando a intrigante concepção do processo de ebulição implícita nessas proposições - por não constituir-se no foco de atenção da análise ora proposta - foi interessante constatar que Soraia havia declarado anteriormente que "a pedra de gelo tem moléculas" e havia também representado a água como pontinhos - apesar de não ter feito referência a eles em sua explicação da representação. A partir dessas evidências considereei oportuno incluir Soraia no grupo de alunos que, tendo basicamente uma visão de matéria contínua, indicavam conhecer o fato de a água ser constituída de moléculas.

Este conhecimento também fazia parte da estrutura cognitiva da aluna Patricia S., que o explicitou tanto em relação à água quanto ao gelo. Entretanto, a noção de descontinuidade de Patricia S. parecia-me estender-se a outros materiais pela referência à existência de "pequenas partículas" na pedra. Por outro lado, a forma como a aluna se expressou no momento considerado, utilizando os símbolos dos elementos e a fórmula da água, podia, a meu ver, ser considerada como reforço da hipótese levantada anteriormente de que sua referência à constituição da água era mecânica. Caso a noção de descontinuidade existisse, por que ela não teria sido utilizada na explicação do processo e, principalmente, nas respostas às questões propostas?

Os outros alunos que se encontravam nesta situação - Fábila, Juliano e Sissia - apresentavam uma comunalidade importante em suas idéias. Apesar de cada um deles ter indicado de forma diferente alguma noção de descontinuidade em relação às bolhas e/ou ao vapor, esta foi a primeira vez que todos eles manifestaram esta idéia. Todas as suas proposições anteriores enfatizavam aspectos macroscópicos dos sistemas e/ou demonstravam uma concepção de matéria contínua. Refletir sobre este fato me conduziu a suposição de que talvez isso se devesse à utilização da palavra **formação** na proposição da questão. Esta mesma hipótese podia ser aplicada para justificar o fato de as alunas Patricia S. e Soraia não terem utilizado a idéia de a água ser formada de moléculas na explicação do processo e sim na reflexão sobre as bolhas e o vapor. No sentido de obter elementos que pudessem fundamentar a discussão desta suposição, parecia ser importante acompanhar as manifestações

dessas alunas em atividades futuras, relacionando-as com as expressões linguísticas utilizadas na solicitação das mesmas.

O terceiro aspecto relacionava-se com a metodologia adotada durante a realização desta atividade. O fato de, além da solicitação referente à justificativa da representação, ter sido proposta outra questão que, no fundo, tinha o mesmo objetivo - que os alunos explicitassem sua visão do processo da ebulição - mostrou-se importante. Isto porque, em várias situações, foi possível perceber que as idéias apresentadas por um aluno em um desses espaços foram complementadas e/ou melhor explicadas no outro. Conseqüentemente, a percepção que pude ter acerca da visão de cada aluno foi mais significativa.

Como foi explicado anteriormente, esta atividade envolveu ainda algumas solicitações cujo objetivo era a explicitação das idéias concernentes ao processo de dissolução do açúcar em água. Os dados relativos às representações propostas pelos alunos encontram-se nas Tabelas 16, 17 e 18.

Entre os alunos que representaram o sistema evidenciando uma visão de matéria contínua, Danielle, Marcelo e Soraia demonstraram com suas explicações que tinham outras idéias em relação à constituição e/ou organização dos materiais naquele sistema. Todos eles enfatizaram que com a mistura da água com açúcar ocorreu também "a mistura das moléculas das duas substâncias" ou "a dissolução das moléculas de açúcar na água". A contraposição das idéias desses alunos com as respostas que eles propuseram para a questão da localização do açúcar no sistema final

permitiu afirmar que, para eles, **dissolver** era sinônimo de **misturar**.

Uma análise das respostas anteriores desses alunos evidenciou também que os três haviam manifestado uma concepção de matéria descontínua exclusivamente em situações que envolviam a água (visão de gelo e água, no caso de Danielle; visão da água e de seu processo de ebulição, no caso de Marcelo; e visão do gelo, da água e da formação de bolhas, no caso de Soraia). Entretanto, não pude afirmar que o fato de terem demonstrado uma concepção descontínua da água tenha implicado na utilização desta concepção na elaboração de hipóteses que explicassem os processos nos quais ela estava envolvida. Isto só pode ser nitidamente observado nas respostas de Marcelo, pois tanto Danielle quanto Soraia não apresentaram explicações para a ebulição da água das quais fosse possível deduzir a descontinuidade da matéria.

Uma outra aluna do grupo dos que haviam representado o sistema evidenciando uma visão do mesmo como contínuo também pareceu ter demonstrado que o concebia em termos descontínuos ao afirmar, em resposta à questão proposta, que "o açúcar se mistura com as partículas de água". Minha afirmativa também se fundamenta na análise retrospectiva das respostas de Rita que, tanto na representação do gelo quanto da água, afirmou que "a água tem moléculas". No entanto, tal idéia não foi utilizada quando da explicação da ebulição da água, o que me suscitou dúvidas em relação à compreensão da visão de matéria descontínua.

Nesta atividade um grupo de alunos apresentou o sistema de maneiras diversificadas, mas sempre demonstrando uma concepção

de matéria descontínua significativamente idiossincrática (como pode ser observado na Tabela 17). Tais alunos (Clarissa, Eliene, José Eduardo, Juliana G. e Luis Antônio) pareceram-me estar bem convictos acerca da representação proposta, haja vista as explicações apresentadas para as mesmas e, nos casos de Eliene e José Eduardo, também a resposta da localização do açúcar no sistema final. Foi interessante observar que as idéias explicitadas por Clarissa, Eliene e Juliana G. apontavam para uma concepção de partícula que, ao mesmo tempo, existia isoladamente e podia ser penetrada por outra formando uma terceira espécie de partícula. A análise destas respostas e das outras propostas por estas alunas conduziu-me a um questionamento de extrema relevância: Até que ponto aquele momento de pensar o fenômeno da dissolução foi o responsável pela elaboração de uma concepção de matéria descontínua?

Para as alunas Eliene e Clarissa tal suposição parecia especialmente válida uma vez que ambas não haviam explicitado claramente nas oportunidades anteriores alguma concepção de matéria descontínua. O referencial adotado havia sido macroscópico e, em muitas situações, a concepção de matéria assumida era a contínua. No caso de Juliana G. permaneceu uma indagação em virtude de ela haver concebido o gelo e a água como formados de moléculas. Todavia, tal concepção não foi utilizada, por exemplo, na explicação da ebulição da água, o que indicava que talvez ela, na verdade, não integrasse a estrutura cognitiva da aluna mas que, fazendo parte do conhecimento público, tivesse sido evocada no sentido de atender possíveis expectativas minhas projetadas pela

aluna. De qualquer forma, seria importante acompanhar as manifestações futuras dessas alunas com o intuito de contrapô-las à suposição aqui cogitada.

Por outro lado, a concepção expressa pelo aluno José Eduardo demonstrou o conhecimento de alguns conceitos como os de "elemento químico" e "ligação química", além de nomenclatura. No entanto, tal conhecimento não fora utilizado nas outras situações propostas, o que pode ser interpretado como uma evidência de que realmente o fenômeno da dissolução tivesse conduzido alguns alunos a uma reflexão mais profunda sobre a constituição da matéria.

A situação do aluno Luis Antônio apresentava uma configuração distinta pois, apesar de ter lidado com a idéia da existência das moléculas de água e açúcar e de ter se referido a "diferentes composições de moléculas" quando da explicação da ebulição da água, ele não diferenciou as moléculas, reduzindo a clareza de sua representação e a possibilidade de que outras observações ou mesmo inferências sobre sua concepção pudessem ser feitas a partir da mesma. Não obstante, foi interessante constatar que mesmo que no conhecimento anterior de Luis Antônio existisse algum elemento que pudesse caracterizar ou conduzir a uma concepção de matéria descontínua, tais elementos foram explicitados somente nesta atividade 2.

A idéia de que as partículas de açúcar entram nas de água também foi manifestada pelas alunas Luciana V. e Silvia cujas representações, por outros motivos, foram classificadas como ambíguas frente ao parâmetro concepção de matéria expressa, mas que

também demonstravam uma visão idiossincrática do processo de dissolução.

A concepção da aluna Silvia, que foi considerada ambígua devido à presença de um risco indicador da superfície do líquido, não teve nenhum de seus atributos indicadores de descontinuidade destacados na justificativa da mesma. No entanto, a interpretação concebida pela aluna transpareceu quando ela afirmou que "o açúcar foi para dentro das moléculas de água, se misturando com elas". Há que se destacar ainda que esta foi a primeira vez que a idéia de molécula foi explicitada por Silvia. Mesmo na descrição da ebulição da água o referencial considerado foi macroscópico, com a aluna chegando a declarar que não sabia como e porque o processo ocorria. O confronto dessas duas respostas teve como consequência imediata uma questão: Se as duas situações eram processos cotidianos envolvendo a mesma substância - água - por que a visão descontínua - e idiossincrática - foi explicitada em um e nem cogitada para a proposição de alguma explicação no outro? Uma das respostas possíveis apontava para a elaboração desta concepção no momento de reflexão sobre a dissolução do açúcar. Entretanto, a discussão desta hipótese necessitava de mais elementos advindos das respostas a outras solicitações semelhantes.

Apesar da semelhança destacada anteriormente, as idéias da aluna Luciana V. diferiam um pouco das de Silvia na medida em que a primeira concebia a "partícula" resultante da junção das moléculas de açúcar e de água como sendo outra, diferente das anteriores. O que permaneceu sem explicação foi o significado, em sua representação, do espaço pintado no qual estavam espalhadas as

partículas resultantes da junção das duas moléculas. Teria a aluna considerado que a mistura das moléculas só ocorria em uma parte do sistema? Mas, neste caso, por que a outra parte não foi representada com moléculas só de água? A concepção descontínua da água já havia sido manifestada por Luciana V. na atividade 1 quando tanto o gelo quanto a água foram considerados como "contendo moléculas" e, provavelmente, na primeira parte desta atividade quando a aluna fez referência ao "oxigênio da água" (acreditava eu que se referindo ao átomo de Oxigênio da molécula de água e não ao gás oxigênio dissolvido entre as moléculas de água). De qualquer forma, pareceu-me estranho que a aluna pudesse ter concebido uma parte da água como contínua e outra como descontínua (como pode ser interpretado pela observação isolada da representação). Assumindo que não foi esta a concepção da aluna, que pensamentos a teriam induzido a pintar aquele espaço? Novamente eu acreditava que dúvidas como estas só tenderiam a ser esclarecidas, ou, pelo menos, discutidas mais amplamente à medida que novos momentos do processo fossem discutidos.

Entre as demais representações classificadas como ambíguas, as das alunas Camila e Tatiana foram explicadas com utilização de um modelo de matéria descontínua que, no caso da primeira, apresentava características muito interessantes. Isto porque ela considerava a utilização do mesmo na descrição do sistema "por dentro" enquanto um referencial macroscópico era utilizado quando se tratava do sistema "por fora". A meu ver, esta explicitação poderia ser uma indicação de que, de fato, as duas concepções de matéria coexistissem na estrutura cognitiva da aluna

tendo como parâmetro de determinação da utilização o referencial de observação e análise considerado. Um retorno às outras idéias de Camila mostrou ser plausível esta indicação uma vez que a distinção clara entre os dois referenciais havia sido explicitada na maioria absoluta das situações anteriormente consideradas. Parecia provável que a coexistência das duas concepções não gerava conflitos e, neste sentido, meu interesse foi despertado para buscar perceber em que momento este "equilíbrio" seria deslocado, isto é, para buscar perceber que elemento(s) conduziria(am) a aluna a recorrer a apenas uma dessas concepções, notadamente a de matéria descontínua.

No caso da aluna Tatiana houve, na justificativa da representação do sistema resultante da dissolução de açúcar em água, a utilização da idéia, explicitada na atividade 1, de que a água é formada de moléculas. Contudo, não considereei que este fato fosse suficiente para afirmar que naquele momento Tatiana sustentava uma concepção de matéria descontínua uma vez que a mesma não foi utilizada na explicação do processo de ebulição da água. Por outro lado, poder-se-ia argumentar que a não utilização de uma idéia em uma determinada situação não implica, necessariamente, em sua não existência. Minha tendência é por concordar com este argumento, mas não completamente no contexto ora considerado. Sendo as duas situações processos envolvendo a água por que a diversidade de concepções, quando as solicitações foram análogas? Como Tatiana estaria realmente imaginando essas idéias de forma a não considerá-las como base das explicações solicitadas?

Retornando aos dados da Tabela 17 foi possível observar que vários alunos, tendo representado o sistema em questão de forma

ambígua, justificaram-no valendo-se apenas de atributos macroscópicos do mesmo. Entretanto, a percepção macroscópica do sistema não foi homogênea entre esses alunos. Alguns deles (Fábia, Luis Felipe, Maurício e Patricia S.) de alguma forma caracterizaram o sistema como homogêneo em função de "não se enxergar mais o açúcar", de ele ter "se dissolvido totalmente" ou de ele ter "se dispersado na água". Para outros (Ana Flávia, Luciana M. e Patricia) o açúcar "não se dissolveu totalmente" ou existiam "minúsculos pozinhos". E houve ainda o caso da aluna Flávia que admitiu que o açúcar estava misturado com a água, não sendo, portanto, possível enxergá-lo, mas que ele não estava dissolvido.

Uma retrospectiva das respostas de Flávia evidenciou que o referencial considerado por ela até então havia sido macroscópico. Neste sentido, era provável que a ressalva feita na explicação anteriormente destacada proviesse da observação cotidiana da decantação de sólidos aparentemente dissolvidos - apesar de no sistema observado ter ocorrido a dissolução completa do açúcar. Independentemente da maior relevância atribuída à observação cotidiana, acreditei que a ampla utilização do referencial macroscópico - sempre contrária a todas as solicitações feitas - podia ser considerada uma indicação de que a concepção de Flávia, até aquele momento, não era de matéria descontínua.

Esta mesma suposição parecia válida também para a aluna Fábia que, conforme comentários anteriores, atribuía ao que fosse possível de ser visto no microscópio o limite máximo de concepção de um sistema "por dentro".

Os casos dos alunos Luis Felipe, Maurício e Patricia S. diversificaram-se quando o parâmetro considerado foram as situações onde algum elemento que pudesse caracterizar uma visão de matéria descontínua foi explicitado: Luis Felipe só não utilizou alguma noção de molécula quando o sistema em questão era o gás colorido; Maurício afirmou existirem moléculas no gás colorido, no ar dentro dos balões e também na água, mas somente na explicação da ebulição; Patricia S. utilizou a idéia de "moléculas de hidrogênio e oxigênio" em relação ao gelo, a água e as bolhas formadas na ebulição da água.

Uma questão central emergiu novamente: Por que a variação tão caótica de concepções manifestadas? Isto porque nos três casos não consegui estabelecer relações lógicas entre essas concepções e qualquer parâmetro anteriormente considerado (tipo de estado físico, situação que envolvia processo, situação vivenciada pelo aluno, etc). Ao contrário, o aluno Maurício, que anteriormente manifestara concepção de matéria descontínua nas situações que envolviam processos, não procedeu desta forma na situação ora considerada. Não acreditei, outrossim, que alguma nuance de linguagem nas solicitações tivesse exercido influência nas idéias dos alunos de forma a ter como consequência estas diversidades de manifestações. Isto porque, até aquele momento, todas as solicitações foram feitas no sentido de que os alunos explicitassem "como imaginavam cada sistema por dentro".

Entre os alunos que não consideraram a homogeneidade do sistema, Ana Flávia havia sido a única a demonstrar alguma idéia de descontinuidade anteriormente, notadamente em relação à água (que

ela admitiu como sendo formada de moléculas constituídas de hidrogênio e oxigênio). Considerando que esta idéia estava envolvida na explicação da ebulição da água, permaneceu sem explicação o fato de a aluna não ter feito nenhuma referência à mesma quando o processo analisado foi a dissolução do açúcar em água.

As alunas que destacaram a presença de "pedrinhas" ou "pozinhos" no sistema final não haviam, até aquele momento, manifestado alguma idéia que indicasse presença de descontinuidade da matéria em suas concepções. Tanto Luciana M. quanto Patricia haviam-se valido de referenciais macroscópicos de análise e mesmo as pequenas incursões feitas fora deles (Luciana M. afirmou que a água era formada por vários gases e Patricia que ela continha micróbios) não chegaram a caracterizar uma visão de matéria descontínua. No caso de Luciana M., mesmo a utilização da palavra "partícula" ao explicar a localização do açúcar no sistema final não foi atribuída à explicitação de uma concepção de matéria descontínua uma vez que, neste caso, o estabelecimento de uma relação de sinonímia com "grãos" pareceu-me suficientemente claro.

Ainda entre os alunos que propuseram representações que classifiquei como ambíguas em relação à concepção de matéria presente, vários não conseguiram abolir o caráter ambíguo em suas explicações. Isto ocorreu principalmente por dois motivos. No caso dos alunos Alexandre, Angela, Elisângela e Juliana a ambigüidade se manteve em função da utilização da palavra "partícula" de tal forma que ela pudesse ser interpretada como "grão de açúcar". Foi interessante constatar que todos esses alunos haviam manifestado

alguma noção de descontinuidade da matéria anteriormente. Neste sentido, a possibilidade de que "partícula" fosse sinônimo de "grão" devia ser analisada tomando como referência o contexto de cada caso.

Elisângela, por exemplo, havia utilizado esta mesma palavra apenas em relação aos gases. Suas outras manifestações sempre ocorreram a partir de um referencial macroscópico e demonstrando uma concepção de matéria contínua. Alexandre, por sua vez, utilizou a palavra "partícula" pela primeira vez nesta explicação. Sendo assim, considere-se que pudesse ser possível que estes alunos estivessem atribuindo à "partícula" o significado de "grão".

A possibilidade de que esta suposição fosse verdadeira diminuiu consideravelmente no caso das alunas Angela e Juliana. A primeira delas havia manifestado uma concepção de matéria descontínua - destacando não só a existência das partículas, mas também do movimento dessas - nas explicações dos processos de expansão do gás colorido e ebulição da água. Ela era, inclusive, uma das alunas que manifestavam uma concepção de matéria descontínua apenas a partir da reflexão sobre **processos envolvendo as substâncias**, o que se repetiu na situação ora considerada. Já Juliana havia manifestado uma visão de matéria descontínua em todas as situações que tinham a água como substância presente. Sendo assim, acreditei ser mais plausível admitir que, para elas, "partícula" significava algo menor que grão. Esta idéia tornou-se mais confiável quando analisei mais detidamente o contexto em que a idéia de "partícula" foi utilizada nos dois casos. Angela admitiu a

existência de "partículas invisíveis a olho nu de açúcar, pois ele está dissolvido na água formando uma mistura homogênea", enquanto Juliana afirmou que "tem que haver algum resíduo, mesmo que este tenha que ser visto no microscópio". A partir destas respostas, não considereei muito adequado afirmar que estas alunas admitiam que o açúcar estivesse presente no sistema em forma de grãos. A referência ao microscópio (como instrumento capaz de possibilitar a visão de algo que aparentemente não era visto) e a própria alusão direta às "partículas invisíveis a olho nu" pareciam-me configurar uma situação em que as alunas concebiam a matéria como descontínua, mas não nos termos hoje aceitos cientificamente (especialmente no que concerne à dimensão da partícula).

O outro motivo que sustentou a classificação ambígua para as manifestações dos alunos foi o aspecto já discutido em relação às idéias da aluna Camila, isto é, a utilização de dois referenciais - um externo e outro interno - para análise do sistema considerado. Como destaquei anteriormente, este era, a meu ver, um elemento que caracterizava a coexistência da concepção de matéria contínua com uma concepção de matéria descontínua. As duas explicações que se situavam neste caso - dos alunos Carlos Alberto e Galliana - apresentaram sua ambigüidade, em parte, pela não explicitação do significado atribuído ao verbo **dissolver**. A primeira vista, pareceu-me que ambos utilizaram este verbo como sinônimo de "sumir". No caso de Carlos Alberto não encontrei outros elementos que pudessem alicerçar esta discussão, mas tal hipótese não parecia provável no caso de Galliana, haja vista sua resposta à questão da localização do açúcar no sistema final.

Ainda considerando as respostas de Galliana, outro fato não me permitiu deixar de admitir que as duas concepções de matéria coexistiam em sua estrutura cognitiva: a aluna se referia a "partículas do açúcar", mas à "água". Considerando que em todas as outras situações que envolveram a água anteriormente Galliana nunca escrevera "partículas ou moléculas de água", era possível realmente que ela imaginasse a água como contínua e o açúcar como descontínuo. Neste caso emergiu novamente a dúvida: Até que ponto a consideração da descontinuidade do açúcar não se deu apenas em função de seu estado granular? E, sendo assim, como garantir que o significado de "partícula" não era "grão"? A única indicação contrária a esta suposição era a constatação de que a aluna havia feito referência à existência de partículas nos processos que envolveram os gases e na ebulição da água (apesar de, nesta situação, a referência ter sido feita a partículas de ar que se expandiriam formando as bolhas, e não propriamente às partículas de água). De qualquer forma, acreditei que todos os elementos explicitados até aquele momento, não permitiam mais que a constatação da dualidade de concepções.

Por outro lado, se esta havia sido a indicação sobre as idéias de Carlos Alberto sobre a dissolução do açúcar em água, uma análise de suas respostas anteriores apontava para uma tendência em se conceber a matéria como descontínua (nas representações da pedra, do gelo e da água houve até interpretação correta do conceito de densidade em termos da agregação das partículas constituintes dos materiais). Será que a concepção de densidade foi a responsável pela reflexão "mais profunda" sobre a constituição

dos materiais? Caso contrário, como explicar que a idéia de descontinuidade explicitada para a água não fosse utilizada nas manifestações solicitadas nesta atividade 2? Tais manifestações, inclusive, derrubaram a hipótese levantada quando da análise das respostas da atividade 1, de que Carlos Alberto utilizava um modelo de matéria descontínuo em relação aos materiais que observava, em contraste com aqueles que ele tinha que imaginar, onde o modelo utilizado era o de matéria contínua. Tanto a ebulição da água quanto a dissolução do açúcar foram observados pelos alunos e, no entanto, nenhum dos dois processos suscitou qualquer modelo de matéria descontínua.

Ainda uma última aluna explicitou uma idéia interessante em relação à dissolução do açúcar em água. Apesar de ter representado o fenômeno de modo a indicar uma concepção de matéria contínua e de ter justificado a representação valendo-se de atributos macroscópicos do sistema, ao explicar a localização do açúcar no sistema final, a aluna Cintia afirmou que "as moléculas do açúcar se quebraram e se misturaram com a água". Por um lado, esta idéia poderia ser interpretada como significando a progressiva diminuição do tamanho dos grãos de açúcar à medida em que ocorresse a dissolução. Todavia, minha tendência maior foi por interpretá-la literalmente em função de Cintia já haver demonstrado uma visão de matéria descontínua em relação à água. Neste sentido, permaneceram outras indagações: Como a aluna concebia este processo de "quebra das moléculas"? E, principalmente, o que ela imaginava ser formado no final deste processo? Estas seriam questões importantes de serem

respondidas no sentido de se configurar melhor a concepção de matéria sustentada pela aluna.

Ao final desta análise das concepções manifestadas pelos alunos na atividade 2, três aspectos afloraram como passíveis de destaque. O primeiro situava-se no âmbito das idéias de descontinuidade manifestadas por vários alunos. Foi possível perceber que muitas vezes essas idéias apresentavam um alto grau de idiossincrasia. Entretanto, independentemente desta característica, todos os alunos que tiveram suas concepções classificadas como descontínuas indicaram que percebiam a matéria como sendo constituída de "partículas" ou "moléculas". Todavia, nenhum deles fez referência direta ao espaço existente entre as partículas. Quanto ao movimento intrínseco delas, somente a aluna Angela havia afirmado, quando da explicação da expansão do gás colorido, que "suas moléculas ficam separadas e em constante movimento". Todas as demais referências a movimento de moléculas ocorreram:

. quando da explicação da ebulição da água, com a utilização de verbos tais como agitar, chocar, mexer, separar e subir. Nas proposições em que estes verbos foram empregados, o sujeito sempre era "partícula" ou "molécula", mas o agente causador da ação era, impreterivelmente, o aquecimento do sistema;

. quando da explicação da dissolução do açúcar, com a utilização de dissolver, misturar, diluir e ir para dentro. Nestes casos, o agente causador do movimento raras vezes foi explicitado. Entretanto, a análise das "entrelinhas" das explicações sugeria que o agente causador do movimento fora considerado como sendo a

agitação externa do sistema, apesar de este ter sido objeto de análise após o término da agitação.

Acreditei que a presença de um agente externo ao sistema provocando visivelmente a movimentação do mesmo tivesse sido a responsável maior pelas situações acima configuradas. Como consequência, constatei a necessidade de apresentar aos alunos uma situação que evidenciasse a existência do movimento intrínseco das partículas, como forma de poder verificar se este elemento fazia parte dos diversos modelos de matéria descontínua que eles idealizavam.

O segundo aspecto emergiu da comparação da concepção de matéria explicitada pelos alunos nos dois processos considerados. Foi interessante constatar que as alunas Clarissa, Danielle, Eliene, Juliana G., Rita, Silvia, Soraia e Tatiana manifestaram uma visão de matéria contínua em relação à ebulição da água e descontínua em relação à dissolução do açúcar sendo que, para Clarissa, Eliene e Silvia, esta foi a primeira manifestação de alguma noção de descontinuidade da matéria. Este fato conduziu-me a suposição de que o fenômeno da dissolução possa ter favorecido uma certa compreensão da constituição da matéria, o que talvez tenha ocorrido em função da ausência de elementos externos ao sistema no momento da observação (durante a observação da ebulição o aquecimento permaneceu ligado e os aspectos macroscópicos do sistema como a agitação e a formação de bolhas parecem ter captado grande parte da atenção dos alunos). Em decorrência disto, propus-me a apresentar aos alunos uma outra situação que envolvesse o fenômeno da dissolução, possivelmente de um sólido colorido em

água, visando tentar obter mais subsídios para discutir a concepção de matéria sustentada por eles.

O último aspecto a ser destacado foi a minha percepção de que os alunos manifestaram mais e melhor as suas idéias ao participar da atividade 2, isto é, pareceu-me que as idéias explicitadas eram mais próprias de cada um. É provável que isto tenha ocorrido em função da natureza das solicitações desta atividade: explicação de processos envolvendo as substâncias. De qualquer forma, acreditava que o fato de muitos alunos atenderem a solicitação de escreverem o que eles imaginavam, e não hesitarem em explicitar suas próprias teorias sobre os processos considerados, demonstrava um bom "nível de confiança" dos alunos. Isto, sem dúvida, era essencial i) para um bom andamento dos processos de ensino e aprendizagem - uma vez que não me é possível concebê-los sem levar em conta as idéias dos próprios alunos; ii) para um delineamento mais preciso do trabalho de pesquisa - que ocorreria a partir das idéias explicitadas por eles; e iii) para uma análise mais significativa das mesmas.

2.6 DE IDÉIAS DESENCADEADAS POR SENSações FÍSICAS

Após a realização desta atividade seguiram-se algumas aulas onde os alunos fizeram e discutiram a segunda parte da experiência 2 - relacionada ao conceito de solubilidade de uma substância - e a experiência 3 - relativa aos conceitos de ponto de

fusão e ponto de solidificação. Todas as solicitações feitas aos alunos em termos de explicações atinentes a cada uma das propriedades das substâncias até então estudadas não exigiam a consideração de aspectos relativos à constituição da matéria.

Uma outra propriedade ainda seria objeto de discussão - a densidade - e, apesar de a abordagem metodológica manter-se, a própria natureza do conceito poderia favorecer diretamente algum tipo de reflexão sobre a constituição dos materiais manipulados na experiência. Para isto contribuía o fato de, na elaboração do material instrucional, ter-se optado pela promoção da construção do conceito de densidade a partir da comparação e análise do peso de volumes iguais de diferentes materiais sólidos e líquidos.

Neste sentido, foram apresentados aos alunos tarugos de mesmas dimensões de alumínio, cobre e ferro. Os alunos deveriam manipulá-los, ordená-los tendo como parâmetro o peso que sentiam ao manuseá-los e explicar à que atribuíam a diferença entre os pesos dos sólidos. Na segunda parte da experiência o procedimento foi análogo, mas com a utilização de volumes iguais de ácido sulfúrico, óleo nujol e mercúrio.

Foi interessante observar que além de os alunos manusearem os materiais sólidos, para se certificarem da ordem correta dos pesos eles construíram "balanças" com régua; jogaram-nos a partir de uma certa altura na caixa de areia e observaram qual deles afundava mais; bateram na mesa com eles para escutarem e analisarem o som produzido. Tais fatos, a meu ver, indicavam que os alunos estavam tendo iniciativas próprias com o objetivo de testar

suas idéias e de obter subsídios mais "concretos" para discutirem com os colegas.

Em função da potencialidade das solicitações ora consideradas no sentido de possibilitar a expressão das concepções dos alunos sobre a constituição daqueles materiais - apesar de este não ser o principal objetivo das mesmas - decidi que elas se constituiriam na atividade 3, a ser analisada como parte desta pesquisa. Os dados obtidos através dessas solicitações encontram-se nas Tabelas 19 a 22.

Uma análise geral dessas tabelas evidenciou que grande parte dos alunos manifestou, naquela situação, alguma concepção de descontinuidade da matéria. Como nas atividades anteriores, foi possível constatar que a concepção expressa por um mesmo aluno variou em função da forma de expressão. Assim, entre os 50% de alunos que representaram os materiais sólidos usando elementos que pudessem caracterizar uma concepção descontínua de matéria, Ana Cristina, Cintia, Danielle, Flávia, Juliana, Juliana G., Luciana V. e Tatiana justificaram tal representação analogamente.

Entre essas alunas somente Flávia não demonstrou o mesmo tipo de concepção em relação aos materiais líquidos. Neste caso ela utilizou, como havia feito em todas as situações anteriores, um referencial macroscópico de análise. Neste sentido, julguei importante destacar que a necessidade de refletir sobre a diferença de peso dos materiais sólidos acarretou a explicitação, pela primeira vez até então, de alguma noção de descontinuidade da matéria.

Esta última afirmação também pode ser considerada válida para as alunas Ana Cristina, Cintia, Danielle, Juliana G., Luciana V. e Tatiana. Apesar de todas elas terem feito referência a "moléculas de água", tal referência foi considerada como de caráter mecânico. Todavia, a manifestação da idéia de "estrutura molecular" significando, como pode ser deduzido da explicação de Ana Cristina, "organização das moléculas" pode ser uma indicação de que existia, ou, mais provavelmente, passou a existir a partir daquele momento, alguma noção mais clara de descontinuidade da matéria na estrutura cognitiva daquelas alunas.

No caso da aluna Juliana, a oportunidade de pensar sobre cada um daqueles materiais pareceu ter favorecido a ampliação da concepção de matéria descontínua. Isto porque, além de ter feito referências mais claras à existência de "moléculas de água", ela havia proposto para a pedra uma representação similar àquelas apresentadas para os sólidos. Entretanto, anteriormente à explicação da representação situava-se no âmbito de o material "ser sedimentar" e não no de ele "ter moléculas", como ocorria agora.

As alunas Camila e Soraia também expressaram, em suas justificativas das representações dos materiais sólidos, a idéia de que aqueles materiais seriam constituídos de moléculas (apesar de isto não poder ser verificado diretamente de suas representações). Este fato repetiu-se, no caso de Soraia, na situação dos materiais líquidos. Pareceu-me que, como Juliana, Soraia também ampliou sua concepção de descontinuidade da matéria, expressa anteriormente apenas em relação à água, para materiais sólidos e líquidos em geral.

Por sua vez, a situação de Camila era notadamente diferente. A idéia de que os materiais líquidos também seriam formados de moléculas permaneceu implícita em sua explicação das representações. Assim, a suposição levantada anteriormente - de que as duas concepções de matéria coexistiam na estrutura cognitiva da aluna tendo como parâmetro de determinação da utilização o referencial de análise considerado - pode ser novamente ventilada aqui. Isto porque os materiais foram observados, como haviam sido aqueles utilizados na atividade 1, mas tal observação se deu em função de um aspecto determinado - a diferença de pesos - o que talvez tenha contribuído para a evocação da noção de descontinuidade.

Considerando as justificativas das representações dos materiais líquidos, as alunas Fábria, Patricia S. e Rita também demonstraram alguma noção de descontinuidade da matéria. A retrospectiva das idéias dessas três alunas apontava para movimentações de idéias bastante distintas.

Fábria, apesar de ter-se referido a "moléculas de água" como constituintes do vapor, não havia demonstrado, até aquele momento, conceber a matéria como descontínua. Patricia S. que, como Fábria, não considerou a descontinuidade em suas idéias manifestadas em relação aos materiais sólidos, havia destacado a mesma apenas em situações tais como as representações do gelo e da água e a formação de bolhas e vapor. Já a aluna Rita, havia manifestado a idéia de descontinuidade, e de forma vaga, isto é, considerando apenas a existência de partículas, na dissolução do açúcar em água e nas explicações acerca da constituição interna do gelo e da água.

Entre os alunos que representaram os materiais sólidos e líquidos usando um modelo de matéria descontínua, Luciana M., Luciane e Patricia justificaram suas representações usando uma concepção ambígua de matéria, uma vez que fizeram referência à compressão das "substâncias que compoem cada material". Foi interessante constatar que estas alunas não haviam manifestado, até então, idéias que pudessem constituir parte de algum modelo descontínuo. Esta constatação, aliada ao modo como as alunas se expressaram, conduziu-me à suposição de que talvez tivesse ocorrido naquele momento a elaboração de uma concepção descontínua.

Outros alunos - Ana Paula, Carlos Alberto, Dinah e Luis Antônio - também representaram os materiais valendo-se de elementos que caracterizavam um modelo de matéria descontínua, mas não explicaram tais representações.

Considerando as idéias anteriormente expressas pelas alunas Ana Paula e Dinah - que demonstravam, em sua totalidade, uma concepção de matéria contínua - pareceu-me plausível assumir que talvez a elaboração de uma concepção de matéria descontínua tivesse sido desencadeada pela reflexão sobre os diferentes pesos dos materiais apresentados.

Contrariamente, os alunos Carlos Alberto e Luis Antônio, tendo representado coerentemente os diversos materiais e se referido à diferença de densidade dos mesmos (quando este conceito ainda não havia sido discutido), demonstravam que os elementos do modelo descontínuo que eles expressavam desde a atividade 1 poderiam, muito provavelmente, ser interpretados como indicadores

de que esta era a concepção de matéria sustentada por eles desde o início do processo.

Representações descontínuas dos materiais sólidos também foram acompanhadas de explicações contendo apenas atributos macroscópicos. Elas foram propostas por Alexis, José Eduardo, Luis Felipe e Maurício. Uma análise das idéias manifestadas anteriormente por esses alunos (marcadas, em vários momentos, pela presença de elementos que poderiam caracterizar um modelo de matéria descontínua) conduziu-me a hipótese de que também eles sustentavam um modelo descontínuo de matéria desde o início do processo. Neste sentido, as referências feitas pelos três primeiros a "moléculas de água" não teriam caráter mecânico, como destaquei anteriormente. No mínimo, elas seriam uma maneira mais fácil ou simples de expressar a existência de tal modelo. No caso de Maurício, os elementos de um modelo descontínuo não foram utilizados na manifestação das idéias sobre a pedra, o gelo e a água. Em função disto, a confirmação de tal hipótese ficou numa dependência maior da análise de suas manifestações futuras.

Uma manifestação análoga a esta, isto é, com utilização de um modelo descontínuo na representação e de atributos macroscópicos na justificativa, foi observada, nos sistemas líquidos, apenas no caso do aluno Guilherme. Em relação a este aluno permaneceu, nesta atividade, a hipótese levantada anteriormente, de que ele apresentava alguma idéia de descontinuidade, talvez não muito estruturada. Isto porque tal idéia era manifestada ocasionalmente e nem sempre de forma muito clara, como ocorreu nesta atividade em relação aos materiais

sólidos: os desenhos indicavam uma concepção nitidamente contínua e a explicação destacava a existência de "forças de coesão e repulsão" - mas sem indicar entre que entidades.

Algum outro indício de concepção de matéria descontínua foi encontrado nas explicações propostas pelo aluno Juliano para as representações tanto dos materiais sólidos quanto líquidos. Apesar de tais representações conterem apenas riscos, o aluno fez referência à "constituição" e "composição" dos materiais. Quais seriam, então, os "constituintes" ou "componentes" daqueles materiais? A admissão da existência de constituintes implicaria, necessariamente, em uma visão dos materiais como descontínuos? Uma análise das manifestações anteriores deste aluno não foi capaz de esclarecer a ambigüidade destas respostas uma vez que praticamente todas essas manifestações conduziam à suposição de que a concepção de matéria do aluno era contínua.

Independentemente das particularidades observadas nas idéias de cada um dos alunos destacados na análise desta atividade, configurou-se naquele momento uma tendência por acreditar que pensar na densidade dos diversos materiais constituiu-se num espaço que favoreceu a construção e/ou emergência de alguma concepção de descontinuidade da matéria. A fim de obter subsídios para discutir esta idéia optei pela realização de outra atividade antes que fosse discutida, nas aulas, a questão da constituição dos materiais.

2.7 DA RECONSIDERAÇÃO DE UM SISTEMA

Em seguida às aulas onde foi realizada a experiência sobre densidade, os alunos fizeram exercícios que versavam sobre as propriedades das substâncias e participaram de duas discussões sobre este tema, tendo uma delas ocorrido a partir da construção, por cada grupo de alunos, de um mapa conceitual cujo conceito-chave era o de substância. Era minha intenção promover a construção de novos mapas, ou retomar os já elaborados, em momentos distintos do curso a fim de observar como, em geral, estava-se dando a aprendizagem dos vários conceitos discutidos.

Contudo, antes que se iniciasse a Unidade 2 do "Aprendendo Química" - "De que são constituídas as substâncias" - criei outro espaço extra para que os alunos manifestassem suas idéias. Inicialmente, retomei o sistema béquer com água, um cubo de gelo e uma pedra e solicitei que os alunos representassem, através de desenhos, como cada um daqueles materiais era por dentro. Em seguida, solicitei que eles explicassem as representações propostas.

Na segunda parte da atividade promovi uma discussão sobre as diferenças que os alunos percebiam existir entre materiais sólidos líquidos e gasosos. Como uma das primeiras características citadas foi a constância da forma, solicitei que os alunos tentassem explicar porque os sólidos apresentavam forma definida e os líquidos e gases não. As idéias expressas pelos alunos em cada

uma das solicitações desta atividade encontram-se nas Tabelas 23 a 29.

Foi muito interessante verificar que, apesar de até aquele momento não ter sido discutido nenhum aspecto concernente à constituição dos materiais, as idéias expressas pelos alunos diversificaram-se bastante daquelas manifestadas na atividade 1. Por exemplo, enquanto naquela ocasião apenas 12,5% dos alunos representaram e justificaram a representação da pedra valendo-se de elementos que pudessem caracterizar uma visão de matéria descontínua, nesta atividade 4 este percentual elevou-se a 30%. Entretanto, mais importante que o dado quantitativo foi a constatação de que os alunos que agora se incluíram neste grupo explicitaram idéias que pareciam ter sido diretamente influenciadas pela elaboração e/ou reflexão sobre o conceito de densidade.

Outro aspecto significativo em termos da provável influência da discussão do conceito de densidade foi que, com exceção dos alunos Luis Antônio e Patricia S. (que anteriormente haviam demonstrado uma concepção ambígua de matéria em relação à pedra em função da não explicitação do significado das palavras "elementos" e "partículas", respectivamente), todos os demais alunos que demonstraram uma visão de matéria descontínua na solicitação agora analisada pertenciam ao grupo de alunos que, quando da primeira solicitação envolvendo a pedra, conceberam-na a partir de uma visão de matéria contínua. Entre esses alunos, destacava-se o caso da aluna Sissia que até aquele momento, com exceção de uma referência aos elementos constituintes da água através de sua fórmula, não havia se manifestado com utilização de

qualquer elemento que pudesse indicar uma concepção de matéria descontínua.

Os outros alunos que representaram a pedra demonstrando uma concepção de matéria descontínua mas justificaram tal representação usando atributos macroscópicos puderam ser agregados ao grupo daqueles que, naquele momento, pareciam conceber a matéria como descontínua. Isto porque em suas justificativas aparecia a idéia de "densidade" cujo significado, em termos de modelo de matéria descontínua, havia sido explicitado na atividade anterior. Neste sentido, a aluna Ana Cristina constituiu-se na exceção deste grupo, uma vez que continuou sustentando sua idéia anterior de que a pedra tinha "várias camadas de minerais".

Entre os alunos que representaram a pedra demonstrando uma concepção de matéria ambígua, Cláudia, Galliana, Luciana M. e Rita explicaram sua representação usando um modelo de matéria descontínua, com elementos que indicavam alguma influência da concepção de densidade. A outra aluna que faz parte deste grupo, Elisângela, também explicou sua representação usando um modelo de matéria descontínua, mas com elementos que o caracterizavam como nitidamente distinto daquele hoje aceito pela Ciência. A descontinuidade, neste caso, poderia ser classificada como "macroscópica", uma vez que a aluna demonstrou conceber o material como constituído de partes menores, mas ainda possíveis de serem vistas. Contudo, independente de o modelo descontínuo envolver a idéia de partículas ou não, há que se destacar que, na atividade 1, as idéias manifestadas por todas essas alunas caracterizavam uma visão de matéria contínua, o que persistiu nas demais solicitações

a menos de uma referência a "moléculas de água" durante a ebulição, feita pela aluna Cláudia e de uma referência às "substâncias" que compunham os materiais sólidos e líquidos manuseados na experiência relativa à densidade, feita pela aluna Luciana M.. Nas respostas das demais alunas, outras indicações de concepção da matéria como descontínua foram encontradas com maior frequência, notadamente em relação à água.

A idéia explicitada acima, da existência de uma concepção que demonstrasse uma visão "descontínua macroscópica" do sistema, também se aplicava ao que foi manifestado pela aluna Márcia ao identificar as bolinhas presentes em sua representação como "pedrinhas". Entretanto, no caso de Márcia, tal concepção já havia sido manifestada na atividade 1. A constatação desta reincidência fez ressurgir algumas indagações acerca da dificuldade encontrada por alguns alunos em conceber o abstrato. Afinal, como a aluna deveria imaginar a constituição das "pedrinhas"?

Ainda considerando as representações propostas para a pedra nesta atividade, mereceram destaque aquelas cujas explicações as situavam numa posição intermediária entre uma concepção de matéria contínua e aquela que foi anteriormente classificada como "descontínua macroscópica". Tais explicações foram apresentadas pelos alunos Eliene, Fábila, Juliano, Luciane e Tatiana e nelas foram feitas referências à existência de "lasquinhas", "fragmentos de areia", "pontinhos de um material sólido", "terra" e "camadas", respectivamente. Em cada uma delas ficou claro que a menor parte constituinte era algo visível. Entretanto, a dúvida em relação ao caráter descontínuo da concepção ocorreu-me em função da percepção

de que, pelo modo como cada uma delas foi expressa, não era possível perceber que os alunos concebessem a existência de espaços entre cada um daqueles constituintes. Ao invés disto, pareceu-me que os alunos imaginavam a subdivisão do todo, mas sem que as partes daí resultantes pudessem ser separadas. Tal reflexão foi ao encontro daquela manifestada anteriormente sobre a necessidade de conhecer as idéias dos alunos sobre o "vazio". Acreditei, naquele momento, na necessidade urgente de criar um espaço onde os alunos pudessem refletir se a concepção de matéria "aparentemente" descontínua manifestada por eles implicava ou não na existência de espaços vazios na mesma.

Como havia acontecido na atividade 1, as representações propostas para o gelo diferiram bastante daquelas propostas para a pedra. Em virtude disto, optei por continuar mantendo separadas as duas análises e por buscar perceber com mais clareza as possíveis origens de tal distinção.

Entre os alunos que o representaram demonstrando uma concepção de matéria contínua, todos haviam expressado esta mesma concepção na atividade inicial desta pesquisa e somente Angela demonstrou, ao explicar sua representação, que o modelo que ela idealizava para o gelo era, de fato, descontínuo. Digno de nota também foi o fato de que Angela, mais uma vez, afirmou não só a existência das moléculas e a posição relativa das mesmas, mas que acreditava na ocorrência do movimento dessas partículas. Tais referências haviam também sido consideradas na manifestação de suas idéias sobre a pedra. Os demais alunos deste grupo, Eduardo, Glaucia e Juliano, valeram-se apenas de atributos macroscópicos em

suas explicações, o que havia igualmente acontecido em relação às idéias sobre a pedra de Eduardo e Glaucia. Uma análise de todas as manifestações desses alunos tornou possível afirmar que a visão de matéria sustentada por eles até aquele instante era contínua (mesmo considerando que Glaucia havia se referido a "moléculas de ar").

Praticamente todos os alunos que representaram o gelo demonstrando uma concepção descontínua explicaram-nas utilizando a idéia de ele ser constituído de moléculas direta ou indiretamente (pela utilização do conceito de densidade que havia sido explicitado em termos descontínuos anteriormemnte). Apenas as explicações propostas pelas aluna Ana Cristina e Eliene caracterizaram uma certa ambigüidade em suas concepções uma vez que ambas afirmaram que o gelo tinha "bolinhas" sem especificar o que elas seriam ou como estariam organizadas. Foi interessante constatar, entretanto, que Ana Cristina havia feito referência a "moléculas de água", inclusive na explicação da representação do gelo na atividade 1 e que a idéia expressa nas duas ocasiões onde Eliene se manifestou sobre o gelo foi exatamente a mesma, apesar de, em resposta a uma solicitação intermediária entre essas duas, a aluna ter reconhecido a existência de "partículas de água".

Considerando novamente todo o grupo de alunos que manifestou idéias sobre o gelo caracterizando alguma concepção descontínua, somente no caso da aluna Márcia esta concepção diferia daquela onde o foco de atenção era a pedra. Por que o abstrato - noção de molécula - havia sido utilizado em relação ao gelo e não à pedra? Aliás, foi importante observar que aquela havia sido a primeira vez que a aluna utilizava a palavra molécula. Teria este

conceito sido elaborado naquela ocasião ou, ou que teria provocado ali a sua emergência?

Como havia acontecido na atividade 1, as representações que demonstravam uma visão ambígua de matéria em relação ao gelo superaram aquelas onde a concepção podia ser definida como contínua ou descontínua. Todavia, quase a metade dos alunos que propuseram representações classificadas como ambíguas, como pode ser observado na Tabela 26, justificaram-nas usando elementos de um modelo de matéria descontínua ("partículas do gelo", "moléculas de água" ou "moléculas de hidrogênio e oxigênio"). E, entre esses alunos, somente Patricia não havia utilizado a noção de molécula em qualquer de suas manifestações anteriores. No grupo de alunos cuja justificativa da representação envolvia elementos de um modelo descontínuo foi interessante verificar a presença das idéias de "solidificação de moléculas" nas manifestações das alunas Cintia, Danielle e Luciana V., como havia acontecido na atividade 1, sem que, novamente, fosse explicitado o significado atribuído a elas a tal idéia.

Em relação aos alunos cujas concepções expressas foram classificadas como ambíguas, alguns destaques mereceram ser feitos. O primeiro foi para a aluna Rita que, na situação sob análise, destacou aspectos macroscópicos do gelo (bolinhas e risquinhos) referindo-se a eles como "substâncias separadas" e na atividade 1 afirmou ter imaginado que o gelo tinha moléculas porque a água também as tinha. Qual teria sido a causa desta diversidade de idéias, principalmente considerando-se que em outras situações

entre estas duas a aluna havia-se manifestado com utilização de elementos que apontavam para uma concepção de matéria descontínua?

O segundo destaque foi para a aluna Cláudia que, tendo mantido uma idéia de constituição do gelo que podia ser classificada como "descontínua macroscópica", havia, na explicação da representação da pedra, afirmado que "as substâncias sólidas têm moléculas mais juntas". Da comparação entre essas duas manifestações emergiu a dúvida sobre a veracidade, para a aluna, da generalização anteriormente explicitada, ou sobre a inclusão do gelo na classe dos materiais que ela nomeou "substâncias sólidas".

Finalizando este grupo de alunos, Dinah e Tatiana incluíram em suas manifestações a idéia de "composição da água", sendo que Tatiana citou, inclusive, a fórmula da água. Entretanto, a ausência de outros elementos que pudessem configurar uma concepção descontínua, aliada ao "histórico" das manifestações dessas alunas - notadamente Dinah que só usara a palavra molécula em uma outra ocasião - conduziu-me à suposição de que até aquele momento, se existia uma concepção de matéria descontínua na estrutura cognitiva daquelas alunas, esta era muito pouco estruturada.

As representações propostas para a água, como pode ser constatado na Tabela 27, demonstraram, de maneira similar às propostas para o gelo, elevado percentual de concepções ambíguas. Foi curioso constatar também que o percentual de representações demonstrando este tipo de concepção nesta atividade superou significativamente aquele obtido na representação da água na atividade 1 (57,5% e 42,5%, respectivamente). Entretanto, se

naquela ocasião apenas Ana Cristina, Cintia e Carlos Alberto justificaram suas representações usando um modelo de matéria descontínua, na situação agora sob análise tal procedimento foi adotado por Ana Cristina, Angela, Camila, Dinah, Galliana, Glaucia, Luciana M., Luciane, Luis Felipe, Marcelo, Márcia e Sissia. Todos eles destacaram a presença, no sistema, de "moléculas de água" ou "moléculas de hidrogênio e oxigênio". Esta constatação me despertou para o fato de que, muito provavelmente, esses alunos estavam se valendo das diferentes formas de expressão com propósitos distintos: a representação por desenhos estaria sendo usada para indicar predominantemente os atributos perceptíveis do sistema e a justificativa da mesma para explicitar como os alunos concebiam a constituição de tal sistema.

Há que se relevar ainda que, entre esses alunos, Angela, Camila, Dinah, Galliana, Glaucia, Luciana M., Luciane, Márcia e Sissia haviam explicitado idéias sobre a água na atividade 1 que se fundamentavam numa concepção de matéria contínua. Os momentos durante o processo nos quais algum elemento do modelo de matéria descontínua foi elaborado e/ou explicitado diversificaram-se em cada caso. Todavia, na maioria absoluta dos casos, este elemento constituiu-se na admissão da existência de moléculas. Uma única aluna, Angela, referiu-se ao movimento das mesmas, como já havia feito em respostas anteriores.

Duas outras respostas apresentaram elementos interessantes: as das alunas Luciane e Márcia. A primeira explicitou a idéia de que as moléculas eram "microscópicas", considerando ser esta a causa de não conseguirmos vê-las. Foi

interessante verificar que entre as manifestações anteriores desta aluna não existia nenhuma que caracterizasse claramente uma visão de matéria descontínua. O máximo em termos de abstração que havia sido atingido pela aluna havia sido a suposição de que os materiais sólidos e líquidos eram compostos por "substâncias, umas mais comprimidas que as outras", idéia que pareceu-me ter sido diferenciada em termos da de "moléculas microscópicas".

A outra resposta bastante intrigante foi a da aluna Márcia que afirmou que as moléculas que existiam na água eram "formadas de ar". Provavelmente tal referência ocorreu em função da dificuldade apresentada por esta aluna em conceber o abstrato, aspecto já destacado quando da análise do modelo proposto por ela para a pedra nesta mesma atividade. Neste sentido, o conhecimento do senso-comum de que a água é composta por átomos de Hidrogênio e Oxigênio talvez tenha sido interpretado como se esses elementos fossem gases e, como tais, pudessem ser nomeados "ar". Em ambos os casos pareceu-me relevante buscar acompanhar as outras manifestações destas alunas a fim de tentar perceber outros elementos que pudessem indicar como atributos abstratos seriam assimilados em suas idéias.

Entre os alunos que ao manifestarem suas idéias sobre a água, tanto por desenhos quanto verbalmente, demonstraram uma concepção descontínua da mesma, Alexis, Ana Flávia, Carlos Alberto, Danielle, José Eduardo, Juliana, Luciana V., Patricia S. e Rita haviam, também na atividade 1, feito alguma referência à existência de moléculas na água. Contudo, a maior parte destas referências havia sido considerada, naquela ocasião, como mecânica.

Esta suposição só não parecia ter sido verdadeira no caso dos alunos José Eduardo e Juliana em função de eles terem utilizado um modelo descontínuo de matéria em várias outras ocasiões. Todos os demais alunos só se manifestaram considerando algum atributo de um modelo descontínuo como decorrência das solicitações que implicavam diretamente na reflexão sobre a densidade de algum material.

Por outro lado, as alunas Clarissa, Cláudia e Sissia, que também se manifestaram, por desenhos e verbalmente, de forma a indicar que sua concepção da água nesta atividade era descontínua, não haviam se manifestado desta maneira na atividade 1. Apesar disto, a idéia de que existiam moléculas na água (concebida de acordo com o modelo aceito pela Ciência atualmente ou de forma idiossincrática) foi expressa por elas na explicação dos processos de ebulição da água e/ou dissolução do açúcar em água. Tal fato pode ser interpretado como indicativo de que talvez esta idéia, de alguma forma, já fizesse parte da estrutura cognitiva dessas alunas no início do processo e de que sua explicitação tivesse ocorrido em função da natureza ou contexto da solicitação.

Os demais alunos que representaram a água demonstrando uma concepção descontínua, mas que não o fizeram em suas justificativas, também puderam, a meu ver, ser incluídos no grupo daqueles que concebiam a água como descontínua. Isto porque suas justificativas podiam ser complementadas por idéias explicitadas com maior clareza em outras ocasiões, notadamente em relação à concepção de densidade. Nesta situação encontravam-se os alunos Guilherme, Luis Antônio e Tatiana.

Apenas dois alunos, Juliano e Soraia, representaram a água demonstrando que a concebiam a partir de uma visão de matéria contínua. No caso de Juliano, praticamente todas as suas manifestações anteriores convergiam para uma concepção de matéria contínua. Contrariamente, a situação de Soraia pareceu-me ser mais uma daquelas onde as duas formas de expressão - desenhos e verbal - estavam sendo utilizadas com diferentes propósitos. Isto porque, apesar de ter feito um desenho todo pintado para a água (que, a meu ver, representava seu aspecto macroscópico), a aluna utilizou a idéia, já explicitada de outras vezes, de que existiam moléculas na água, quando se propôs a explicar verbalmente sua concepção.

2.8 DA CARACTERIZAÇÃO DAS IDÉIAS INICIAIS DOS ALUNOS

Como última etapa desta atividade, os alunos deveriam explicar porque, segundo eles, os sólidos tinham forma definida e os líquidos e gases não. Retomando tudo o que foi relatado até aqui foi possível constatar que esta foi a primeira solicitação de ordem geral, isto é, que não envolvia algum material específico. Propositamente ela foi elaborada desta forma naquele momento uma vez que várias haviam sido as oportunidades criadas para que os alunos pensassem em um certo material. Acredito que todas aquelas solicitações envolvendo materiais distintos foram válidas porquanto possibilitaram a elaboração e/ou explicitação de inúmeras idéias dos alunos. Todavia, quando se aproximava os momentos em que seria

discutida a questão da concepção de matéria, julguei oportuno favorecer a elaboração de uma generalização como a que ocorreria na explicação solicitada. Isto porque considerava que, muito provavelmente, os alunos iriam-se valer de elementos de seu modelo de matéria ao elaborarem tal explicação.

Uma análise das explicações propostas, apresentadas na Tabela 29, frente a todas as manifestações anteriores dos alunos aponta predominantemente para esta direção. Senão, vejamos:

Seis alunos - Ana Flávia, Cláudia, Eduardo, Eliene, Marcelo e Sissia - responderam a questão proposta usando atributos macroscópicos do sistema, o que caracterizava afirmativas que, na verdade, não elucidavam a questão, mas sim destacavam algumas características dos materiais nos diferentes estados de agregação. Entre esses alunos, Eduardo havia sido o único a não ter explicitado qualquer elemento que pudesse caracterizar uma visão de matéria descontínua em quaisquer das solicitações anteriores. A situação de Eliene também se aproximava muito da de Eduardo, uma vez que a descontinuidade expressa em algumas de suas manifestações caracterizava-se por ser idiossincrática, principalmente por, quase sempre, refletir uma visão ao mesmo tempo descontínua e macroscópica do sistema considerado. As idéias expressas por Sissia também não divergiam muito dessas no sentido de que, a menos daquelas manifestadas em relação à pedra e à água nesta última atividade analisada, todas as demais conduziam à generalização de que a visão de matéria sustentada pela aluna até então era contínua. Tal generalização pode, a meu ver, ser estendida também ao aluno Marcelo cujas referências feitas a moléculas relacionavam-

se à água. Como discutido em momentos anteriores, o fato de a água ser constituída de moléculas era, no contexto daqueles alunos, um conhecimento de domínio público. Conseqüentemente, não considereei que exclusivamente sua presença pudesse fundamentar a afirmativa de que a concepção de matéria do aluno fosse descontínua. Sendo assim, somente as alunas Ana Flávia e Cláudia, apesar de terem respondido à questão sob análise a partir de um referencial macroscópico, pareciam, naquele momento, conceber a matéria como descontínua, haja vista, principalmente, suas idéias expressas após a discussão do conceito de densidade.

Os alunos Alexandre, Camila, Guilherme, Luciana M., Luciane e Márcia responderam a questão proposta usando concepções ambíguas de matéria que se caracterizavam pela utilização da idéia de "quantidade de massa" sem que qualquer entidade responsável por tal massa fosse identificada ou pela consideração de que os materiais eram formados por "substâncias mais ou menos concentradas e comprimidas".

Tais respostas foram, de uma certa forma, coerentes com as demais manifestações desses alunos, uma vez que nenhum deles assumira completamente uma visão de matéria contínua ou descontínua ao longo do processo. Os alunos Guilherme, Luciana M. e Luciane, por exemplo, somente elaboraram uma visão de matéria descontínua a partir da reflexão sobre a densidade. Nesta visão, entretanto, eles chamaram de "substâncias" os elementos formadores dos materiais e os assumiram passíveis de estarem "comprimidos" de formas diferentes. Por sua vez, o aluno Alexandre concebeu a densidade a partir da idéia de "quantidade de massa". Considerando que em suas

respostas anteriores não havia indicações claras de que a matéria fosse imaginada como descontínua, a probabilidade de esta idéia estar presente nesta expressão diminuiu, mas não pode ser desconsiderada em função da possibilidade de que alguma noção de descontinuidade estivesse sendo elaborada naquela circunstância uma vez que, na resposta sob análise, o aluno afirmou que esta "quantidade de massa" podia ser "concentrada e unida" de diferentes formas.

As outras alunas deste grupo, como já destacado em momentos anteriores, também elaboraram uma trajetória muito interessante e particular para suas concepções. No caso de Camila, esta trajetória foi marcada, a meu ver, pela coexistência das duas concepções, parecendo ser o referencial de observação do material considerado ou de análise do problema proposto, assim como a forma de expressão da idéia, os parâmetros que determinavam qual concepção seria utilizada. A principal particularidade das idéias da aluna Márcia, por outro lado, consistia no fato de muitas delas protagonizarem o que denominei uma "concepção de descontinuidade macroscópica". Parecia-me que era plausível para a aluna aceitar que a matéria fosse constituída de partes menores. Entretanto, ela não admitia que a dimensão de tais partes fosse menor que a de alguma entidade visível.

Face a estas considerações, pareceu-me que realmente a manifestação desses alunos na resposta à questão sob análise em função de uma concepção ambígua, refletia, numa ampla extensão, uma provável síntese de suas idéias elaboradas até então.

Os aspectos que provavelmente conduziram a maior parte dos alunos a elaborarem a generalização sobre a constância da forma dos diferentes materiais com utilização de um modelo descontínuo variaram desde a presença de noções de descontinuidade da matéria no início do processo (situação dos alunos José Eduardo, Juliana, Luis Antônio e Luis Felipe) até a presença predominante de elementos que caracterizavam uma visão de matéria contínua com poucas idéias que apontavam para alguma noção de descontinuidade (situação dos alunos Dinah, Elisângela, Fábila, Glaucia, Juliano e Patricia). Refletir sobre a aparente dicotomia existente entre este último extremo e a utilização de algum elemento de um modelo descontínuo na resposta da questão considerada conduziu-me à suposição de que a utilização dos mesmos tenha-se dado talvez em função de tal resposta constituir-se numa generalização.

Entre esses dois extremos, entretanto, várias posições puderam ser constatadas, a saber:

- . a da aluna Ana Paula, que só explicitou algum elemento de um modelo descontínuo na representação dos materiais de diferentes densidades;
- . a do aluno Maurício, que se manifestou considerando uma concepção descontínua de matéria quando das explicações da expansão do gás colorido e da ebulição da água;
- . a das alunas Ana Cristina, Cintia, Danielle, Juliana G., Luciana V., Rita, Soraia e Tatiana, que se valeram da idéia da existência de moléculas na água em algumas das situações onde esta substância foi envolvida e que, a partir da reflexão sobre a densidade dos

diferentes materiais pareceram conceber que todos eles seriam constituídos de moléculas;

- . a das alunas Angela e Galliana, que explicitaram elementos de um modelo descontínuo na explicação da expansão do gás colorido, de alguns dos processos envolvendo a água e nas solicitações constantes da atividade realizada após a discussão do conceito de densidade;

- . a das alunas Clarissa e Silvia, que consideraram algum elemento de um modelo descontínuo na proposição de uma explicação para a dissolução do açúcar em água e na manifestação de suas idéias sobre a pedra, o gelo e a água após a discussão do conceito de densidade;

- . a da aluna Flávia, que só explicitou alguma noção de descontinuidade da matéria a partir da reflexão sobre a densidade dos diferentes materiais; e

- . a dos alunos Alexis, Carlos Alberto e Patricia S. que, em geral, manifestaram uma concepção de matéria descontínua, permeada, em algumas situações, pela utilização de atributos macroscópicos dos sistemas em questão.

Retornando às generalizações propostas pelos alunos constatei também que a grande maioria delas fazia referência apenas à existência de moléculas mais ou menos separadas em função do estado físico considerado. A possibilidade de que estas moléculas se movimentassem só foi aventada pelos alunos Angela, Juliana G., Luis Antônio e Tatiana - possibilidade expressa pela primeira vez no caso dos três últimos. Uma explicitação clara da existência de **espaços** entre tais moléculas só foi encontrada nas respostas de Galliana (que as identificou como "cavidades não preenchidas") e de

Tatiana (que os caracterizou como "espaços vazios onde as partículas se movimentavam").

Ainda em relação a essas generalizações, julguei importante destacar que, com exceção daquela elaborada pela aluna Clarissa - que se referiu às moléculas "pararem em pé" - nenhuma outra conteve qualquer elemento que pudesse diferenciar a concepção ali expressa daquela aceita pela Ciência atualmente. A hipótese que me pareceu mais confiável para tentar explicar tal fato era a de que o conteúdo básico constituinte dessas generalizações - diferença da distância das partículas de uma substância em função do estado físico da mesma - é bastante difundido nos cursos de Ciências no 1º grau, sendo, a meu ver, em grande parte responsável pela dificuldade encontrada pelos alunos de admitir, e compreender o que significa, o fato de o gelo ser menos denso que a água. Sendo assim, não considereei descartada a possibilidade de que as generalizações propostas tenham, no caso de certos alunos, emergido mecanicamente, isto é, sem o estabelecimento de quaisquer relações entre seus conteúdos e as outras idéias sobre a constituição dos materiais nas quais os alunos acreditavam.

2.9 DAS PRIMEIRAS DISCUSSÕES ACERCA DE MATERIAIS, MOLÉCULAS E VÁCUO

Até então tenho tentado configurar o movimento das idéias dos alunos acerca da descontinuidade da matéria a partir de suas manifestações escritas nas situações específicas criadas com tal

propósito. Considerando que 40 alunos participaram desta pesquisa, a diversidade de situações caracterizadas até então foi enorme, o que não fez com que a riqueza de cada uma delas deixasse de ser singular. Julgo importante destacar, entretanto, que cada uma dessas situações foi o resultado de reflexões dos próprios alunos com eles mesmos. Em função de a forma de expressão escolhida ser a escrita, não ocorreram, durante a realização das atividades, confrontos entre as idéias ali manifestadas.

No ponto em que se situa a análise dessas idéias, uma das generalizações que podem ser estabelecidas relaciona-se com a presença, em muitas delas, da noção da existência de moléculas constituindo os materiais. Como este havia sido o critério adotado para se classificar as idéias dos alunos como representativas de concepções de matéria contínua ou descontínua, a maior parte delas, na última atividade analisada, foi considerada como demonstrando uma visão descontínua de matéria. Todavia, todas as afirmativas acerca da elaboração dessas idéias, assim como todas as relações estabelecidas entre elas de forma a configurar seu movimento, foram estabelecidas, na maior parte das vezes, por inferências minhas sobre o significado das mesmas para cada aluno. É claro que tais inferências se apoiavam em indícios deste significado facilmente percebidos nas idéias explicitadas pelos alunos. Entretanto, afigurava-se como importante a promoção de um espaço onde os elementos mais significativos daquelas idéias fossem oralmente explicitados e confrontados. Isto possibilitaria, além da confirmação de muitas das relações anteriormente estabelecidas, a

abertura de novas perspectivas para a análise das outras idéias a serem manifestadas pelos alunos.

Segundo a estruturação de conteúdo do "Aprendendo Química", após o estudo das propriedades das substâncias, uma questão primordial desencadeia novas discussões: Por que as propriedades são características para cada substância? Ou, em outras palavras, o que existe de diferente nas substâncias que faz com que cada uma tenha as suas propriedades? Foi a partir das posições dos alunos frente a este problema que iniciei o processo de discussão da **constituição das substâncias**. Todas as aulas onde este assunto foi discutido foram gravadas e transcritas imediatamente, o que tornou possível a identificação, na maioria absoluta das vezes, de qual aluno falava. Essas aulas foram marcadas essencialmente pela ocorrência de interações entre os alunos, dos alunos comigo enquanto professora, dos alunos com os fenômenos que eram realizadas experimentalmente. Assim, a transcrição das mesmas constituiu-se no registro de aspectos de relevada importância no processo cognitivo vivido por vários alunos.

Em todas essas aulas, inúmeros foram os momentos onde as discussões foram relevantes em termos da explicitação clara de algum conflito cognitivo vivido por um ou mais alunos, da elaboração ou reestruturação de algum aspecto do modelo de matéria descontínua, ou ainda dos motivos pelos quais os alunos encontravam dificuldades na aprendizagem desses aspectos. Entretanto, como a apresentação da transcrição completa desses momentos tornaria este

relato extremamente extenso, optei por selecionar alguns extratos mais significativos para proceder à análise.

Como citado anteriormente, a discussão se iniciou com o questionamento acerca do fato de as propriedades das substâncias serem características. As respostas permaneceram no âmbito da constituição das substâncias e, no sentido de favorecer a explicitação dos significados atribuídos pelos alunos para "constituição", retomei vários tipos de representações propostas por eles para a pedra. Isto possibilitou, antes de mais nada, certificar-me de que, em muitos casos, os desenhos completamente pintados ou com riscos foram feitos considerando o aspecto visual externo do material, suposição que havia sido levantada frente ao confronto dos mesmos com explicações que destacavam aspectos de um modelo descontínuo não representados.

Seguindo-se à identificação da representação de bolinhas, ocorreram discussões sobre as idéias dos alunos concernentes, principalmente, aos conceitos de **molécula** e **vácuo**. Os principais momentos destas discussões estão apresentados no Anexo 2, sob o título de "Discussões iniciais sobre a concepção da matéria".

Observando esta transcrição, o primeiro aspecto que julguei importante destacar foi a explicitação do significado atribuído por alguns alunos para **molécula**. Na verdade, minha tendência maior foi por acreditar que muitos deles não compreendiam o que significava "conjunto de átomos", uma vez que várias foram as reações de concordância com a aluna Cláudia, quando esta afirmou que acreditava nisto "porque estava nos livros".

Outra generalização que contou com a concordância de grande parte dos alunos foi a que envolvia a diferença de proximidade das partículas de um material em função de seu estado físico. Tal concordância, demonstrada principalmente quando da discussão relativa à diferença de densidade do gelo e da pedra (não apresentada no Anexo 2), apontava para a validade da suposição, levantada quando da análise de algumas atividades, de que seu conteúdo é bem enfatizado nos cursos de Ciências de 10 grau.

Na análise da discussão relativa ao vácuo, foi possível perceber que tanto este conceito quanto o de matéria foram expressos de forma mecânica, aspecto evidenciado pela controvérsia observada ao se tentar relacioná-los e explicitar seus significados. A própria analogia com o "vácuo" relativo às corridas de Fórmula 1 intensificou, de uma certa forma, este aspecto, na medida em que o que ocorre em tal situação não chega a ser realmente um vácuo. De qualquer forma, julgo importante destacar que as dúvidas acerca da concepção de vácuo colaboraram para uma melhor compreensão de idéias consideradas como indicativas de uma visão de matéria descontínua. Pareceu-me correto admitir, por mais estranha que esta idéia possa ser, que os alunos podiam estar concebendo a matéria como formada de partículas, mas com a existência de ar entre uma partícula e outra, o que, na verdade, não configuraria uma visão realmente descontínua. É provável que esta concepção fosse decorrente daquela que aponta para a afirmativa de que "ar não é nada" (também explicitada em outras circunstâncias por vários alunos). Independente disto, entretanto, a observação deste aspecto mostrou-se essencialmente relevante

porquanto sua confirmação poderia modificar significativamente várias das análises das respostas dos alunos realizadas até então, além de confirmar algumas de minhas hipóteses de que, apesar de utilizarem a palavra molécula, vários alunos concebiam a matéria, na verdade, como contínua.

Um dos aspectos mais interessantes verificados na análise de vários daqueles momentos de discussão (inclusive um dos apresentados no Anexo 2) foi a admissão, por parte de vários alunos, de não terem, até aquele momento, pensado no fato de as coisas serem formadas de partículas. Isto não me causaria estranheza se os alunos que fizeram tal declaração tivessem se manifestado anteriormente demonstrando uma visão de matéria contínua ou, no máximo, o que denominei concepção de matéria "descontínua macroscópica". Entretanto, o único caso mais próximo disto foi o da aluna Sissia que, com exceção das manifestações relacionadas à pedra e ao gelo na atividade 4, demonstrou conceber a matéria como contínua. As demais alunas cujas declarações neste sentido estão apresentadas no Anexo 2 (Angela, Cláudia e Glaucia) explicitaram, em situações e formas de expressão variadas, que sabiam da existência de moléculas constituintes dos materiais. Todavia, a maior parte dessas manifestações ocorreu em relação à água, o que pode ser interpretado como indicador da influência do conhecimento público deste fato, e não da compreensão de seu significado (hipótese considerada tão logo foi percebida a alta incidência de utilizações da expressão "moléculas de água").

Outra das hipóteses elaboradas anteriormente, a de que a referência ao microscópio refletia uma certa necessidade de

observar visualmente um material para se fazer predições sobre sua constituição, pode novamente ser considerada em decorrência das manifestações dos alunos concernentes a tal aspecto. A alusão à observação de células ao microscópio, ocorrida no contexto desta discussão, indicava também que as concepções de moléculas e células, assim como de suas dimensões, pareciam não se encontrar completamente diferenciadas na estrutura cognitiva de vários alunos.

Em termos das manifestações individuais nos momentos de discussão agora considerados, julgo relevante destacar aquelas apresentadas pela aluna Angela devido às particularidades das mesmas e das relações que puderam ser estabelecidas entre elas e as idéias anteriormente desenhadas e/ou escritas.

Apesar de as representações propostas por Angela para os diversos materiais considerados até então não conterem elementos de algum modelo de matéria descontínua, ela foi uma das alunas que reconheceu as "bolinhas" da representação da pedra que era discutida como sendo as moléculas que constituíam aquele material. Isto, a meu ver, confirmava minha suposição de que o que ela buscava representar em seus desenhos eram os atributos macroscopicamente perceptíveis dos sistemas. A concepção de matéria descontínua sustentada por ela sempre foi explicitada de forma verbal.

Outro aspecto interessante de sua participação nas discussões foi que enquanto outros alunos explicitavam atributos vagos e abstratos em relação à molécula, ela foi a única que destacou um atributo que expressava a função das moléculas

("constituírem as coisas") e que afirmou não ser possível observar uma molécula ao microscópio em função de sua reduzida dimensão. Por outro lado, na seqüência da discussão, ela conseguiu abalar minha crença em sua convicção acerca do modelo de matéria descontínua ao atribuir, com veemência, a sua origem à autoridade dos cientistas.

Angela havia sido a única aluna a, desde a explicação da expansão do gás colorido na atividade 1, considerar que as moléculas ficavam em constante movimento, aspecto que foi reiterado por ela em um certo ponto da discussão. Todavia, a maneira como a aluna concebia a ocorrência de tal movimento mostrou uma certa ambigüidade quando ela, contrariamente à maioria dos alunos, exclamou "Claro que tem alguma coisa!" (no vácuo) e, principalmente, quando ela reconheceu que sabia que as coisas eram formadas de partículas, "mas não sabia de vácuo". Como seria possível, então, conceber que as partículas se movimentavam? Ou será que esta era uma afirmativa mecânica, decorrente de algum conteúdo ensinado nos cursos de Ciências no 1º grau? A constatação de que houve a citação, mas não a operacionalização deste fato quando da explicação da expansão do gás colorido aumentava, a meu ver, a probabilidade de que esta última hipótese fosse verdadeira.

2.10 DE IDÉIAS DESENCADEADAS POR DISSOLUÇÕES DIFERENTES

Após a ocorrência dessas discussões iniciais, onde algumas das idéias dos alunos anteriormente explicitadas foram

confrontadas, eles realizaram, e discutiram entre si, pequenas experiências introduzidas no "Aprendendo Química" com o propósito de fazer com que os alunos tomassem consciência de alguns aspectos do modelo de matéria descontínua, quais sejam: a dimensão mínima das partículas, a existência de espaços vazios entre elas e a ocorrência do constante movimento dessas partículas.

Na primeira delas, os alunos dissolveram um pequeno grão de permanganato de potássio em uma certa quantidade conhecida de água de forma que o sistema resultante apresentou uma coloração violeta bem intensa. A seguir, eles realizaram sucessivas diluições do sistema original até atingir-se um sistema onde a coloração era praticamente imperceptível. Após algumas questões onde os alunos deveriam calcular a massa de permanganato de potássio nos sistemas obtidos com as sucessivas diluições, perguntei-lhes quantas partículas desta substância eles achavam que existia no último sistema. As respostas obtidas nesta questão encontram-se registradas na Tabela 30.

Uma análise dos dados desta tabela mostra que as respostas variaram desde "uma" até "infinitas partículas", evidenciando, de uma certa maneira, a diversidade de dimensões atribuídas às partículas. Contudo, pude perceber, enquanto os alunos discutiam as respostas que obtinham à medida que realizavam os cálculos das massas de permanganato de potássio em cada sistema, que eles não conseguiam avaliar com precisão o significado de números tão pequenos. De qualquer forma, foi interessante constatar que os alunos Alexandre, Eduardo e Eliene que, em geral haviam demonstrado, em todas as atividades anteriores, conceberem a

matéria como contínua, afirmaram que naquele sistema existia uma única partícula de permanganato de potássio, o que, para mim, foi bastante coerente com suas idéias anteriores. Considero que a admissão de que uma partícula que formasse um material pudesse ter massa inferior ao valor por eles calculado - $1,0 \times 10^{-4}$ gramas - constituir-se-ia num contraste muito extremo com todas as suas idéias anteriormente explicitadas.

Na segunda experiência, os alunos deviam transferir para uma proveta de 100 ml uma quantidade de sal de cozinha equivalente a 20 ml. Este sal deveria ser bem compactado de forma que os grãos ficassem bem próximos uns dos outros. A seguir, o volume da proveta deveria ser completado com água e o sistema deveria ser agitado com um bastão de vidro por três minutos. Após este tempo os alunos observaram uma significativa diminuição do volume total do sistema e eu lhes perguntei como eles explicavam aquele fato. As respostas propostas pelos alunos encontram-se na Tabela 31.

Antes de discutir as respostas apresentadas pelos alunos gostaria de salientar que, quando da proposição desta experiência estava consciente de que, apesar de o sal se compactado, uma parte da diminuição do volume do sistema ocorria devido à ocupação, pela água, dos espaços existentes entre os grãos de sal (fato evidenciado, inclusive, pelo aparecimento de algumas bolhas no sistema). De qualquer forma, uma outra parte desta diminuição ocorre em função da ocupação dos espaços vazios existentes entre as partículas de ambas as substâncias, assim como da solvatação dos íons formados em decorrência da dissolução do sal na água (aspecto que não foi destacado naquela ocasião).

Neste sentido, considero que não podia fazer nenhuma afirmação acerca da concepção de matéria sustentada pelos alunos Cláudia, Glaucia, Juliana, Juliano, Luis Felipe, Marcelo, Maurício, Patricia S., Sissia e Soraia a partir de suas respostas a esta questão. Isto porque todos eles responderam-na em função da ocupação dos espaços entre os grãos de sal. Vários deles referiram-se aos grãos como "partículas", mas considereei válida a relação de sinonímia neste caso devido à ausência de qualquer outro elemento em suas respostas que pudesse configurar a utilização de um modelo de matéria descontínua.

Alguns alunos conseguiram responder esta questão considerando a existência de partículas constituintes do sal e da água, mas sem sugerir explicitamente a existência de espaços entre as mesmas. Eles apenas fizeram referência à "junção das partículas". Dependendo do significado atribuído por cada um deles a "junção" poderia ou não existir a idéia da existência dos espaços. Nesta situação encontravam-se os alunos Alexandre, Ana Flávia, Camila, Eliene, Fábila, Flávia, José Eduardo e Juliana G..

A existência de espaços entre as partículas de água, que seriam ocupados pelas partículas do sal, foi reconhecida pelos alunos Carlos Alberto e Luis Antônio. O aspecto mais intrigante desta concepção era que, apesar de fazerem referência às partículas das duas substâncias, os alunos consideravam a existência de espaços apenas entre as da água. Seria isto uma consequência da visão de sólido como um material constituído de partículas extremamente unidas? A observação de todas as suas manifestações

onde tal idéia pudesse ter sido explicitada apontou para a confirmação desta hipótese.

Considerando esta mesma hipótese foi interessante constatar que as alunas Danielle e Luciana M., que haviam afirmado que as partículas nas substâncias sólidas encontravam-se "mais unidas" que aquelas existentes nas substâncias líquidas sem, entretanto, conceberem-nas como completamente unidas, destacaram, na resposta agora sob análise, a existência de espaços entre as partículas de água e do sal. Todavia, ambas as alunas se referiram a tais espaços como "espaços de ar". Isto novamente suscitou minhas dúvidas em relação à concepção que as alunas tinham de ar. Será que elas faziam parte do grupo de alunos que sustentava que "ar era nada"? Qualquer que fosse a situação, pareceu-me eminente a continuação da discussão sobre vácuo-vazio-ar-espaço iniciada antes da realização daquela experiência, a fim de que ambigüidades como esta pudessem ser esclarecidas e evitadas.

Apenas os alunos Alexis, Angela, Ana Paula, Clarissa, Dinah e Silvia justificaram a diminuição do volume do sistema a partir da consideração da existência de espaços vazios entre as partículas da água (no caso de Angela) e do sal (no caso dos demais). Entre esses alunos, apenas Alexis havia demonstrado, tanto através de desenhos quanto de palavras, uma concepção de matéria descontínua em praticamente todas as solicitações feitas.

No caso de Angela, essas manifestações, não só no sentido da existência de partículas, mas também no de elas se movimentarem, haviam sido veementes nas respostas escritas e em sua participação nas discussões. Foi interessante, ao observar novamente todas as

suas respostas, atentar para a possível existência de relação entre o fato de a aluna nunca ter desenhado as moléculas das quais tanto falava e de ter declarado, nas discussões que precederam a realização daquela experiência, que "não sabia da existência do vácuo". Nesse sentido, e frente à sua resposta sob análise, acredito que o momento da discussão pode, muito provavelmente, ter-se constituído no desencadeador da elaboração da idéia da existência de espaços vazios.

Em situação exatamente oposta, encontravam-se as alunas Ana Paula e Dinah que, a menos da explicação sobre a constância da forma nos sólidos, haviam demonstrado uma visão de matéria descontínua apenas através de desenhos feitos a partir do momento em que a concepção de densidade começou a ser discutida. Sendo assim, pareceu-me provável que a idéia explicitada nesta circunstância - de que os espaços entre as partículas seriam vazios - já existisse quando das reflexões sobre a constituição dos materiais naquela ocasião.

As demais alunas, Clarissa e Silvia, manifestaram-se claramente de forma que pudesse indicar que concebiam a matéria como descontínua na atividade anterior a esta, isto é, aquela que ocorreu após a discussão de todas as propriedades das substâncias. A princípio, minha tendência maior era por acreditar que a atribuição de um significado ao conceito de densidade a partir de considerações sobre a constituição dos diferentes materiais tivesse, de alguma forma, contribuído para a elaboração de um modelo de matéria descontínua. Contudo, a leitura das discussões apresentadas no Anexo 2, e já comentadas, suscitou dúvidas acerca

desta crença, especialmente no caso da aluna Silvia que declarou não haver, até aquele momento, pensado no fato de "as coisas serem formadas por partículas". Além do mais, as duas alunas haviam representado e explicado o processo de dissolução de açúcar em água através de modelos de partículas que podiam "se juntar" ou "entrarem umas dentro das outras" formando, em ambos os casos, uma entidade única. A percepção de tais controvérsias colaborou para intensificar a necessidade de que as discussões acerca do modelo de matéria descontínua continuassem e se ampliassem ao nível de toda a turma (na experiência considerada elas estavam ocorrendo no nível de pequenos grupos).

Na terceira experiência considerada como parte desta atividade 5, os alunos deviam colocar 50 ml de água em um béquer de 100 ml e, mantendo-o em repouso absoluto, deveriam adicionar um pequeno grão de permanganato de potássio, observando a sua lenta dissolução no sistema. A questão que teve suas respostas analisadas foi a que solicitava que os alunos explicassem a ocorrência do fenômeno da dissolução naquele sistema. As explicações propostas encontram-se registradas na Tabela 32.

Assumindo como parâmetro de análise a presença dos elementos fundamentais do modelo de matéria descontínua, as respostas dos alunos puderam ser alocadas em quatro grandes grupos. O primeiro deles era constituído por aquelas respostas que não continham qualquer elemento que pudesse caracterizar uma visão de matéria descontínua. Neste caso, as explicações envolviam a solubilidade do permanganato de potássio (Ana Cristina, Cintia, Elisângela, Galliana e Luciana V.) e a mistura das duas substâncias

(Alexis e Marcelo). Foi interessante observar que as alunas que se referiram à solubilidade também tinham considerado este fenômeno como causa da diminuição do volume do sistema água + sal. Entretanto, em nenhuma das duas ocasiões elas explicaram como ocorria o fenômeno da dissolução. Entre essas alunas, somente Elisângela havia manifestado idéias sobre a água nas quais era considerada a existência de partículas. Nem mesmo na dissolução do açúcar tal idéia havia emergido. Sendo assim, pareceu-me admissível a idéia de que o nível de observação e análise utilizado por esta aluna havia, até aquele momento, sido o macroscópico. As demais alunas que responderam considerando a solubilidade do permanganato de potássio haviam, pelo menos na atividade anterior, explicitado o fato de a água ser formada de moléculas. Qualquer que fosse o caso, entretanto, provavelmente essas alunas idealizavam algum modelo para a dissolução. Todavia, o conhecimento do mesmo iria requerer o acompanhamento de suas manifestações futuras, tanto nas discussões quanto nas atividades escritas.

Em situação bastante análoga encontravam-se os alunos Alexis e Marcelo. A diferença entre eles era que enquanto Marcelo demonstrara, em geral, uma concepção de matéria contínua (apesar de referências a moléculas de água e de açúcar), Alexis sustentara uma visão de matéria descontínua desde o início do processo tendo, inclusive, explicado a diminuição do volume do sistema água + sal como resultado da ocupação dos espaços vazios existentes entre as partículas de sal pela água. Certamente, existia a possibilidade de que esta mesma idéia estivesse por trás da noção de "mistura do permanganato de potássio com a água". Não me foi possível,

entretanto, inferir, a partir das respostas, as causas da diferença de abordagem entre as mesmas.

No segundo grupo de respostas, apresentadas pela maior parte dos alunos, havia a consideração da existência de partículas formando uma ou as duas substâncias. A forma de utilização desta idéia de partícula variou bastante demonstrando, até mesmo, significativas divergências entre os significados atribuídos à mesma. Os alunos Angela, Carlos Alberto, Clarissa, Cláudia, Dinah, Patricia S., Rita e Silvia, por exemplo, responderam basicamente que "as partículas do permanganato de potássio se expandiam". Concernente a esta resposta, duas considerações mereceram ser feitas em função da não explicitação do significado de duas das palavras utilizadas. Em primeiro lugar, no contexto desta resposta era provável que "partícula" tenha sido usada como sinônimo de "grão". Sendo assim, "expandir" poderia estar significando "espalhar". Caso "partícula" tivesse sido empregada a partir de uma visão de matéria descontínua, o significado de "expandir" poderia ser próximo de "aumentar de volume, inchar e dividir em partes menores". A análise das respostas desses alunos mostrou que todos eles haviam, em alguma circunstância, indicado uma concepção de matéria descontínua, especialmente após a discussão sobre densidade e, notadamente, na explicação da diminuição do volume do sistema água + sal (com exceção de Rita). De qualquer forma, a utilização do verbo "expandir" implicava uma certa ambigüidade na resposta cujo esclarecimento, acreditei eu, não poderia ocorrer a partir somente da análise das respostas anteriores dos alunos. No momento em que aquela experiência era realizada, todos os alunos já haviam

participado da discussão sobre os conceitos de molécula e vácuo e o processo cognitivo desencadeado a partir dali não poderia, a meu ver, ser avaliado exclusivamente pela análise dessas respostas.

Considerando que a aluna Angela fazia parte deste grupo, sua resposta não contribuiu no esclarecimento da dúvida levantada anteriormente sobre a sua concepção de espaços vazios.

Nas respostas dos demais alunos que utilizaram a palavra "partícula" não foi percebida nenhuma ambigüidade em termos de seu significado. Entretanto, os processos nos quais os alunos envolveram essas partículas foram múltiplos. Os alunos Eduardo, Juliano e Márcia, por exemplo, destacaram que as partículas das duas substâncias se misturavam, enquanto os alunos Ana Flávia, Fábria e José Eduardo explicitaram suas idéias como se tivesse ocorrido uma absorção das partículas do sólido pelas do líquido. A idéia de que as partículas se uniriam foi manifestada pela aluna Eliene e, como resultado dessa união, os alunos Alexandre, Camila, Flávia e Juliana B. afirmaram que ocorreria a formação de uma única partícula.

Julgo importante destacar que tanto a idéia de "absorção" quanto a de "união com formação de outra partícula" convergiam para uma concepção de partícula como algo que podia ser penetrado, concepção esta que já havia sido manifestada quando da explicação da dissolução de açúcar em água pelas alunas Eliene e Juliana B..

Um outro aspecto interessante foi observado na resposta da aluna Fábria ao afirmar que "o processo (de absorção das partículas) ocorre através da agitação do sistema". Por que a aluna teria feito tal ressalva se, em nenhum momento, o sistema foi

agitado? Será que ela "sentiu" a necessidade da ocorrência do movimento, mas não conseguiu admitir que ele pudesse ser proveniente das próprias partículas? A fim de esclarecer este ponto seria preciso buscar elementos nas possíveis participações desta aluna nas futuras discussões.

Um terceiro grupo de alunos considerou, ao explicar a dissolução do permanganato de potássio em água, a existência de espaços entre as partículas. Como no caso da referência à existência das próprias partículas, não houve uniformidade nas concepções apresentadas. Os alunos Glaucia, Juliana, Luis Felipe, Maurício e Soraia usaram a idéia, já manifestada por eles, dos "espaços entre as partículas de permanganato de potássio que seriam ocupados pela água". Como destacado na discussão da dissolução do sal, esta idéia contém uma certa ambigüidade no sentido de que seria possível que partículas significassem grãos. Por outro lado, como o permanganato de potássio era colorido, os alunos puderam observar nitidamente a diminuição do tamanho, e não apenas o espalhamento, dos grãos daquela substância. Neste sentido, em relação a este sistema, mais do que na solução aquosa de sal, seria possível que os alunos estivessem utilizando a palavra partícula como constituinte de um modelo de matéria descontínua.

A existência do espaço entre as partículas também foi considerada pelos alunos Ana Paula, Luis Antônio e Sissia. Entretanto, eles enfatizaram que tais espaços existiam entre as partículas das duas substâncias e que eles seriam vazios, aspecto que só havia sido destacado na explicação da dissolução do sal pela aluna Ana Paula. Uma análise de todas as respostas daqueles alunos

evidenciou que Sissia, que declarara nas discussões que ainda não havia pensado na existência de partículas, parecia ter elaborado progressivamente, nessas duas últimas experiências consideradas, a idéia dos espaços vazios. Assim, algumas questões essenciais emergiram: Como as evidências experimentais teriam atuado em sua estrutura cognitiva de forma a contribuir para o estabelecimento de relações que culminassem com a elaboração desta concepção? Que etapas teriam sido percorridas neste processo cognitivo? Seria possível obter elementos que respondessem essas questões nas futuras manifestações da aluna?

Ainda um último grupo de alunos, além de considerar a existência das partículas, destacou o fato de elas se movimentarem, apesar de o sistema estar em repouso. Novamente, foi possível constatar algumas variações em relação a mais este elemento do modelo. O aluno Guilherme, por exemplo, destacou apenas o movimento das partículas de água, enquanto as alunas Danielle, Luciana M., Luciane, Patricia e Tatiana afirmaram que as partículas das duas substâncias estavam em movimento. Além disto, Danielle, Luciana M. e Luciane enfatizaram que este movimento ocorria nos espaços vazios existentes entre as partículas. Foi interessante constatar que a idéia da existência de espaços entre as partículas não estava presente nas explicações propostas pelas alunas Luciane, Patricia e Tatiana para a dissolução do sal, sendo provável, portanto, que sua elaboração tivesse sido desencadeada a partir das evidências experimentais observadas na dissolução do permanganato de potássio.

Antes de prosseguir com a descrição do processo, gostaria

de fazer alguns comentários acerca desta experiência de dissolução do permanganato de potássio em água sem agitação externa. Apesar de simples, em termos de procedimento prático, ela se constituiu numa atividade que despertou uma atenção especial dos alunos. A maior parte deles permaneceu por muito mais tempo que o indicado no material instrucional observando o sistema e pensando. Do conteúdo de tais pensamentos certamente muito pouco foi registrado em suas respostas. Mas, por mais limitadas que estas respostas tenham sido, a análise das mesmas permitiu a constatação de que a maior parte dos alunos manifestara-se usando elementos que caracterizavam um modelo de matéria descontínua. Além disso, esses elementos foram usados, na maior parte das vezes, envolvidos em relações que demonstravam um certo "comprometimento" dos alunos com eles. A comparação das respostas propostas pelos alunos para a dissolução do açúcar e para a dissolução do permanganato de potássio evidenciava que, independentemente do modelo de matéria utilizado, as últimas foram muito mais articuladas e elaboradas implicando, conseqüentemente, em um caráter explicativo muito maior. É claro que o momento em que elas ocorreram no processo teve alguma influência nisto pois, à medida que o tempo passava, era crescente o envolvimento dos alunos com o curso(10). Na aula seguinte à que se realizou esta experiência, algumas outras evidências de que ela havia interferido no processo cognitivo dos alunos puderam ser constatadas.

(10) No final do ano letivo esta minha "percepção" pode, mais uma vez, ser confirmada. Ao responderem o questionário de avaliação do curso, a maioria absoluta dos alunos indicou esta experiência como a que mais os havia feito pensar em alguma coisa ou como a que mais contribuíra para modificar alguma idéia que eles tinham.

2.11 DAS DISCUSSÕES ACERCA DA DESCONTINUIDADE DA MATÉRIA

Nas aulas seguintes, cada uma das três experiências relatadas no item anterior foram repetidas demonstrativamente, discutidas por toda a turma e relacionadas umas com as outras. No início da discussão o foco era o tamanho das partículas e, como haviam escrito quando da realização da experiência, os alunos afirmaram que na massa de permanganato de potássio responsável pela cor da solução mais diluída entre as que eles tinham obtido existia entre "uma" e "infinitas" partículas constituintes daquela substância com dimensões bem variadas. Entretanto, o desenrolar da discussão mostrou, como eu chegara a supor após a leitura de suas respostas, que isto não era verdade. Para os alunos qualquer valor de massa em torno daquele que eles haviam calculado correspondia a algo muito pequeno, como evidenciou a aluna Angela em um determinado momento: "Uma grama é pequenininho, imagina 0,000001 gramas!" ou o aluno Alexandre ao afirmar: "Não dá pra imaginar o que é isto." De qualquer forma, não era minha intenção naquele momento que eles avaliassem com precisão a dimensão de uma partícula de permanganato de potássio, mas que percebessem que ela era reduzida o suficiente para não ser enquadrada no foco de nenhum microscópio, como muitos imaginavam.

A repetição da experiência onde era possível observar a contração de volume do sistema água + sal conduziu à discussão sobre a existência de espaços entre as partículas e sobre o fato de estes espaços serem vazios. Algumas partes dessas discussões podem

ser encontradas no Anexo 3. A leitura das mesmas indica que as posições dos alunos em cada um desses aspectos variava entre alunos diferentes e oscilava em momentos distintos para um mesmo aluno.

A princípio, vários alunos consideravam, como haviam demonstrado nas respostas escritas, que admitir a ocorrência da dissolução do sal na água era suficiente para explicar o fenômeno observado. Somente quando conduzi-lhes a pensar no que acontecia por dentro do sistema quando o sal se dissolvia foi que eles começaram a explicitar idéias que envolviam inicialmente a ocupação dos espaços entre os grãos de sal pela água e, posteriormente, a existência de espaços entre uma partícula e outra da água e do sal. Neste ponto da discussão, alguns alunos, como Camila, apesar de não estarem completamente certos sobre a existência dos espaços intermoleculares na água admitiram este aspecto como decorrência lógica do fato de ter ocorrido a dissolução. A recorrência ao exemplo do permanganato de potássio tornou mais contundente esta dedução uma vez que, neste caso, o espalhamento da cor e a diminuição até o completo desaparecimento dos grãos desta substância constituíram-se em evidências claras da ocorrência da dissolução. Neste caso, os alunos não faziam referência ao sólido ter "sumido na água", como ocorrera com alguma frequência quando explicaram a dissolução do açúcar, mas sim à dissolução do próprio permanganato de potássio.

Em um certo momento da discussão, como parecesse existir um consenso acerca da existência de espaços entre as partículas, decidi direcionar as idéias para a constituição desses espaços. Tal decisão enriqueceu significativamente a discussão, que passou a

contar com uma participação mais entusiasta dos alunos que se propunham a defender suas opiniões e contrapô-las às dos colegas. Nesta discussão, a participação de duas alunas - Angela e Silvia - mereceu destaque em função, principalmente, das particularidades manifestadas nas idéias de cada uma delas.

A princípio, ambas concordavam que aqueles espaços que eu havia, seguindo instruções dos próprios alunos, representado na lousa, não eram vazios. Angela afirmava que neles existiam "outras partículas de água, de ar, de tudo" e Silvia, apesar de não arriscar nenhum palpite no sentido de identificar o que ali existia, reagiu, quando Clarissa disse que ali não tinha nada, afirmando enfaticamente que devia ter alguma coisa.

A fim de criar possíveis condições para que o impasse fosse resolvido, optei por começar a considerar cada uma das hipóteses levantadas, iniciando exatamente por aquela defendida por Angela, e por muitos outros alunos, de que existia ar nos espaços. A escolha desta hipótese inicial não se deu ao acaso. Era minha intenção, além de possibilitar que os alunos percebessem sua incoerência, constatar até que ponto alguns deles sustentariam a hipótese de que "ar não era nada".

Antes de prosseguir o relato, julgo relevante lembrar que Angela, apesar de em algumas circunstâncias ter admitido que os materiais considerados eram constituídos de partículas que se movimentavam, não havia representado esta idéia por desenhos. Além disso, nas discussões que precederam a realização das experiências agora consideradas, ela havia, como Silvia, afirmado que "tinha que

existir alguma coisa no vácuo" e, mais ainda, que antes daquelas discussões, não sabia da existência dele.

As posições assumidas nesta segunda etapa de discussões indicavam que ela continuava sem admitir que pudesse existir algum espaço vazio. Mesmo quando vários alunos admitiram que a presença de ar nos espaços impediria a "entrada" ou a "mistura" das duas substâncias, Angela manteve sua posição usando o mesmo argumento de seus colegas. Ficou evidente que, para ela, era necessário que existisse alguma coisa nos espaços para que a outra substância pudesse "entrar lá dentro", isto é, ela concebia uma certa "troca de posição" entre as partículas, mas não que elas pudessem ocupar um lugar onde anteriormente existia nada.

A admissão de que não existia ar nos espaços foi contestada também pelo fato de os peixes respirarem na água. Por alguns instantes pareceu que a lembrança deste fato dera "novas forças" aos que defendiam a hipótese da existência de ar nos espaços. A retomada do conceito de solubilidade contribuiu, então, para uma aparente resolução desta questão. Pareceu-me que vários alunos reconheceram a possibilidade de existir oxigênio (que eles chamavam ar) dissolvido - da mesma forma que existia gás carbônico dissolvido na coca-cola - e de continuarem existindo espaços vazios.

Como alguns alunos insistissem no fato de os espaços serem vazios e outros demonstrassem, até mesmo por suas expressões fisionômicas, que não acreditavam naquilo - apesar de não conseguirem contestar a explicação da ocorrência da dissolução - decidi contribuir para que eles pensassem mais nesta crença

perguntando-lhes se, na verdade, eles conseguiam imaginar um lugar que não tivesse nada. Acredito que esta foi uma das questões-chaves no sentido de propiciar uma maior reflexão, por parte dos alunos, acerca de suas próprias idéias. Tanto os que se manifestavam a favor do vazio quanto os que defendiam outras idéias expuseram suas concepções a um outro nível de análise que, no caso da aluna Silvia, resultou na explicitação de outras dúvidas. Devo reconhecer que no momento da discussão não identifiquei completamente a amplitude de suas dúvidas. Somente quando ela insistiu na questão de "como podiam ficar aqueles espaços no meio" foi que percebi que, pelo menos em parte, suas dificuldades relacionavam-se com a representação gráfica daquela idéia que estava na lousa. Percebi também que dificuldades semelhantes poderiam estar sendo encontradas por aqueles alunos que desenhavam bolinhas completamente unidas formando um contínuo. Em função disto, mudei o foco da discussão para que os alunos pudessem explicitar o significado que atribuíam aos elementos gráficos da representação, notadamente o contorno das bolinhas.

Neste ponto, uma das manifestações mais interessantes foi protagonizada exatamente pela aluna Angela ao afirmar que "fora do contorno não é mais partícula". Confrontar esta idéia com aquela, defendida com tanta veemência por ela, de que os espaços não eram vazios, certificou-me de que o modelo idealizado por ela era, muito provavelmente, este: a matéria seria constituída de partes que ela denominava partículas ou moléculas que se movimentavam em um "meio fluido" diferente das tais partículas, mas que também tinha uma existência material. Era possível que esta concepção também

estivesse próxima daquela sustentada por Silvia na medida em que um dos grandes obstáculos que pareciam existir para ela era a aceitação de que as partículas pudessem existir "soltas", isto é, fora de algum meio material. Se o caso fosse esse, ou outro bem próximo dele, do modelo idealizado por aquelas alunas poderia ser inferido o significado da palavra "vazio" utilizada por ambas ao afirmarem que a água havia preenchido os "espaços vazios existentes entre as partículas de sal". "Vazio" poderia, então, estar significando "não ocupado com partícula", e não "desprovido de qualquer matéria".

Como explicitiei acima, a questão da representação provavelmente constituía apenas parte das dificuldades da concepção de espaços vazios demonstradas pela aluna Silvia. Isto porque na sequência da discussão, quando foi abordada a constituição do permanganato de potássio e, em função disto, as propostas de explicação da dissolução desta substância em água, Silvia tentou recolocar suas discordâncias (que tentavam ser respondidas por outros alunos com a argumentação de que "se não existissem os espaços, não iria ocorrer dissolução"). Todavia, aquela argumentação era ineficaz porquanto não atingia realmente o cerne da dúvida.

Em um certo ponto da discussão, retomei a questão da dimensão das partículas e, como decorrência disto, perguntei aos alunos como eles concebiam os espaços em termos de tamanho. A consideração de que eles também seriam bem pequenos, isto é, de que, como as partículas, não poderiam ser vistos ao se observar um material, pareceu ter "aliviado" alguns alunos e despertado a

necessidade de confirmação da existência de espaços em materiais sólidos como as mesas que eles ocupavam, o ferro dos suportes metálicos que se encontravam em um canto do laboratório e o concreto das paredes externas do mesmo. Enquanto esta discussão transcorria, Silvia deixou de se manifestar verbalmente. Sua fisionomia, entretanto, demonstrava que ela continuava pensando... talvez até buscando estabelecer alguma relação entre o que havia sido discutido e suas idéias anteriores ou buscando entender melhor novas relações que poderiam estar sendo elaboradas. Afinal, o fato de existirem espaços vazios entre as partículas era capaz de contribuir para a explicação da dissolução, o que não ocorria com a utilização de seu modelo.

Tendo assumido que a maior parte dos alunos entendera a necessidade de se considerar que a matéria era formada por partículas e espaços, abordei novamente o fenômeno da dissolução do permanganato de potássio a fim de que os alunos concebessem a importância do movimento das partículas na ocorrência do mesmo. Inicialmente esta idéia pareceu muito estranha a muitos alunos que, progressivamente, passaram a admiti-la em relação à água. Esta não era uma admissão difícil de ocorrer uma vez que na maioria absoluta das situações cotidianas em que a água está envolvida ela se encontra em movimento. Foi possível perceber que era esta a relação que os alunos estabeleciam quando o aluno Alexandre perguntou: "E se a água estiver parada?"

Neste momento, percebi a necessidade de repetir, junto com os alunos, a dissolução do permanganato de potássio. Foi muito interessante verificar que a tendência inicial dos alunos foi por

aceitar que as partículas do permanganato de potássio estavam em movimento, mas que o movimento que consideravam era aquele que ocorria como decorrência da ação da força de gravidade nos grãos da substância. A contraposição a esta idéia se deu pelo prolongamento da observação até que todos os grãos atingissem, com certeza, o fundo do béquer e a cor começasse lentamente a se espalhar a partir dali, assim como pela observação subsequente de um dos sistemas feitos pelos próprios alunos quando da realização da experiência e deixado em repouso desde então em um canto do laboratório. Frente a tais observações nenhum aluno conseguiu elaborar uma explicação que não levasse em conta a existência de algum movimento naquele sistema.

Todavia, as dúvidas frente à ocorrência de movimento das partículas ainda persistiriam, notadamente em relação a materiais sólidos. A capacidade de abstração requerida para se admitir que, por exemplo, as partículas constituintes das mesas do laboratório estavam se movimentando, era muito grande. Muitos alunos simplesmente "bloqueavam" este raciocínio frente à impossibilidade de observação de qualquer movimento naquele ou em outros sistemas sólidos. Eu mesma propus a discussão de alguns sistemas, como o gelo, onde as dúvidas podiam ser maiores ou de outra natureza.

Mesmo após a discussão e a explicitação clara por parte de alguns alunos do fato de as partículas constituintes dos materiais sólidos estarem em constante movimento, eu tinha certeza, em função das expressões fisionômicas e das questões elaboradas por outros alunos, que estes não conseguiam relacionar esta idéia com outras já constituintes de sua estrutura cognitiva. Percebi também

que qualquer esforço no sentido de propiciar condições para que ocorresse o estabelecimento de tais relações seria, naquele momento, muito pouco profícuo. Parecia-me clara a necessidade de que os alunos tivessem algum tempo para pensarem em tudo o que havia sido discutido, para confrontarem suas idéias antigas e as que naquele momento estavam sendo apresentadas e/ou elaboradas com outras situações, dentro e fora da sala de aula, a fim de decidirem que idéias constituiriam o modelo de cada um para explicar, em termos básicos, a constituição e o comportamento dos diversos materiais. Afinal, considerando que os vários elementos do modelo de matéria descontínua foram, muitas vezes, tão difíceis de serem aceitos pelos próprios cientistas, seria, no mínimo, ingenuidade de minha parte pretender que todos os alunos modificassem o seu sistema de crenças no tempo recorde de seis horas de discussão (Marimon, 1986).

2.12 DAS REFLEXÕES ADVINDAS DA EBULIÇÃO DA ÁGUA E DO CHEIRO DAS FLORES

Na aula que se seguiu a essas discussões foi realizada uma experiência onde algumas substâncias (inclusive a água) foram decompostas. Naquela circunstância os alunos observaram o despreendimento de substâncias gasosas da água que, logo após, foram identificadas como sendo os gases hidrogênio e oxigênio através de propriedades características dos mesmos. Parecia-me

plausível que a observação daquela experiência exerceria alguma influência na concepção que os alunos tinham da água. Por outro lado, eu acreditava também que tal influência talvez não se desse no sentido de evidenciar a constituição da água como aceita cientificamente, uma vez que não se havia discutido ainda o conceito de reação química. De qualquer forma, considerando os objetivos do presente trabalho, a importância daquela experiência residia principalmente no fato de ela se constituir em um espaço para que os alunos pensassem sobre as partículas de água. A partir dessa experiência foram discutidas as existências de átomos e elementos químicos, assim como o significado das fórmulas de elementos químicos e substâncias e a ocorrência de diferentes elementos e substâncias na natureza.

Ao final dessas discussões, havia transcorrido um mês desde a realização das experiências que buscavam evidenciar os aspectos do modelo de matéria descontínua. Decidi, então, que aquele seria um bom momento para investigar novamente como os alunos estavam concebendo a constituição de diferentes materiais, isoladamente ou envolvidos em processos.

Sendo assim, a atividade 6 se iniciou com a retomada da discussão da ebulição da água. A escolha deste processo se deu por dois motivos principais: os alunos já terem se manifestado sobre ele no início do ano letivo e a substância envolvida ser a água. Assim, poderia também ser possível estabelecer algumas relações entre as idéias expressas naquela ocasião e aquelas manifestadas anteriormente e discutidas durante a realização da eletrólise da água. Desta vez não solicitei a representação por desenhos, mas

pedi que os alunos explicassem o que ocorria quando a água entrava em ebulição e como se dava a formação das bolhas e do vapor.

Na segunda parte da atividade solicitei que eles representassem como imaginavam ser constituídos os seguintes sistemas: um pedaço de madeira, uma gota de água, um cubo de gelo e 10 ml de gás carbônico. Não foi solicitada a explicação dos desenhos principalmente porque como a proposição envolvia, pela primeira vez, a idéia de "constituição", desejei observar como tal idéia se manifestaria através unicamente daquela forma de expressão.

Na terceira parte da atividade os alunos deveriam explicar como o cheiro das flores se espalha. A opção por tal fenômeno se deu em função de ele nunca ter sido discutido nas aulas, de envolver o ar e de possibilitar a emergência de todos os aspectos básicos do modelo de matéria descontínua discutidos anteriormente. Os resultados obtidos em cada uma das solicitações desta atividade encontram-se nas Tabelas 33 a 39.

Analisando conjuntamente as Tabelas 33 e 34 foi possível perceber que, independentemente da idéia expressa em relação ao fenômeno da ebulição, a concepção de matéria dos alunos naquele momento foi explicitada de maneiras diferenciadas no que tange à presença de elementos de um modelo descontínuo. Por exemplo, os alunos Alexis, Angela, Carlos Alberto, Danielle, Flávia, Luciana M., Luis Antônio e Tatiana manifestaram-se considerando a existência de partículas que se movimentavam nos espaços vazios existentes entre elas. Entre eles, Angela e Tatiana haviam participado intensamente das discussões ocorridas um mês antes

explicitando dúvidas e contrapondo seus argumento a todas as idéias que não lhes pareciam claras ou corretas. Entre os demais, Alexis, Carlos Alberto e Luis Antônio haviam demonstrado conceber a matéria como descontínua desde o início do processo, sendo que este último havia, um pouco antes da realização da experiência de dissolução do permanganato de potássio, feito referência também ao movimento das moléculas. Independente disto, a utilização de todos os elementos do modelo discutido parecia indicar que ele constituia parte da estrutura cognitiva de todos aqueles alunos naquele momento. Entretanto, com outros grupos de alunos a situação era diferente.

O grupo cujas idéias mais se aproximavam das deste era constituído pelos alunos Cintia, Eduardo, Guilherme, Juliana G. e Juliano. Eles haviam explicitado claramente a idéia de que na água existiam partículas que se movimentavam sem que, entretanto, fosse feita qualquer referência à existência dos espaços vazios entre as partículas. Duas hipóteses pareceram-me igualmente prováveis para justificar tal fato: a noção de espaços vazios poderia estar implícita na resposta devido ao seu caráter óbvio na medida em que não seria possível que as partículas se movimentassem sem que existisse espaço para tal ou os alunos poderiam não ter admitido a existência daqueles espaços. Neste segundo caso, os alunos poderiam estar considerando a existência de um certo "fluido" onde as partículas se movimentariam ou a referência ao movimento das mesmas teria advindo do fato de a água ser um líquido que na maior parte das vezes se encontra em movimento. A dúvida acerca da real situação de cada aluno se justificava em função de aquela ter sido a primeira ocasião na qual eles se manifestaram após a discussão do

modelo de matéria descontínua. Outras manifestações teriam que ser examinadas para que a concepção daqueles alunos pudesse ser melhor caracterizada. Entre esses alunos foi interessante constatar que Eduardo, Guilherme e Juliano haviam, antes das discussões sobre o modelo de matéria descontínua, manifestado-se quase que exclusivamente demonstrando uma visão de matéria contínua. Sendo assim, era grande a possibilidade de que a presença de tais elementos na estrutura cognitiva daqueles alunos se desse como decorrência das discussões sobre os mesmos.

Considerações de uma certa forma análogas a estas puderam ser feitas em relação às respostas dos alunos Alexandre, Ana Flávia, José Eduardo e Juliana. Todos eles propuseram uma explicação para a ebulição da água que destacava a presença de partículas e espaços vazios, mas não de movimento das partículas. Entretanto, podia ser que esta última concepção estivesse implícita em suas idéias de "afastamento das partículas" e "aumento dos espaços vazios". Todavia, como no grupo anterior, a concepção daqueles alunos só poderia ser caracterizada com maior precisão a partir da análise de outras manifestações. Um aspecto, porém, mereceu ser destacado: com exceção de Alexandre, os outros alunos já haviam representado vários materiais como constituídos de partículas separadas por espaços. Sendo assim, era provável que as discussões, pelo menos em relação a esses elementos, tivessem apenas reafirmado para eles a validade dos mesmos.

Um quarto grupo de alunos apresentou, em suas respostas, apenas o elemento "partícula". Todavia, esta presença se deu de formas sutilmente diferentes. As alunas Clarissa, Luciane, Márcia e

Soraia, por exemplo, consideraram unicamente a existência de partículas na água chegando, em alguns casos, a fazerem referência à constituição da mesma em termos de elementos químicos. Entre essas alunas, apenas Márcia não havia explicitado a idéia da existência de espaços entre as partículas em ocasiões anteriores. Por outro lado, as alunas Patricia e Patricia S. consideraram a ocorrência de "separação das partículas da água" durante a ebulição. Será que todas essas alunas não admitiam a existência dos espaços vazios entre as partículas e do movimento delas? Não acreditei completamente nesta hipótese, principalmente em relação à aluna Clarissa que, durante as discussões havia demonstrado, em várias ocasiões, que considerava óbvia a existência dos espaços vazios como fundamento da explicação da dissolução de uma substância em outra.

Os demais alunos explicaram a ebulição da água considerando apenas atributos macroscópicos do sistema ou, no máximo, fazendo alguma referência à constituição desta substância. Como consequência disto, julguei que não seria oportuno fazer qualquer afirmação a respeito do modelo de matéria idealizado por eles. Era preciso que outras solicitações suscitassem a explicitação do mesmo para que eu tentasse estabelecer novas relações entre suas idéias.

As representações propostas para os diferentes materiais solicitadas na segunda parte desta atividade foram concebidas por 70% dos alunos a partir de um modelo de matéria descontínua que envolvia essencialmente as idéias da existência de partículas e de espaços entre elas. A questão do movimento das mesmas só foi

abordada pelo aluno Eduardo em todas as representações e pelos alunos Cláudia e Guilherme nas representações do gás carbônico e da madeira, respectivamente.

Na explicação da ebulição da água, Eduardo havia considerado o movimento das partículas sem, contudo, destacar a existência dos espaços vazios. Uma das hipóteses que elaborei naquela ocasião era a de que a referência ao movimento tivesse se dado em função de a água ser líquida. As representações propostas para a madeira, o gelo e o gás carbônico fizeram com que eu deixasse de acreditar nesta hipótese uma vez que nelas, como na da água, havia indicações de que as partículas se movimentavam. A suposição de que o aluno poderia, na explicação da ebulição, ter considerado a existência de um "fluido" onde as partículas se movimentassem não pode ser completamente refutada pelas representações dos diferentes materiais. Isto porque, apesar de nelas existir um espaço em branco entre as partículas, tal espaço poderia estar significando "ar". Somente a consideração de outras respostas futuras do aluno poderia contribuir para elucidar este aspecto.

Considerações praticamente análogas eram válidas para as manifestações do aluno Guilherme. Todavia, no seu caso, outra dúvida permaneceu: Por que a indicação do movimento teria ocorrido justamente em relação às partículas da madeira e não em relação às outras (inclusive as de água que já haviam tido seu movimento reconhecido quando da explicação da ebulição)?

Por outro lado, as representações propostas pela aluna Cláudia demonstravam que ela concebia a matéria como constituída de

partículas separadas por espaços e que estas partículas, pelo menos no estado gasoso, estavam se movimentando. Como no caso de Eduardo, não era possível, apenas a partir das representações, definir como a aluna concebia a constituição dos espaços. De qualquer forma, todos os espaços foram representados da mesma maneira. Sendo assim, outra dúvida permanecia: Por que o movimento só foi indicado como atributo das partículas que constituíam o gás?

Entre os alunos que não destacaram o movimento das partículas, Ana Paula, Camila, Elisângela, Fábiana, Galliana, Luciana V., Luis Felipe, Marcelo e Silvia haviam explicado a ebulição da água considerando apenas atributos macroscópicos do sistema. Entretanto, a partir de suas representações foi possível considerar que o modelo de matéria concebido por eles envolvia a existência de partículas separadas por espaços. Similarmente aos casos comentados anteriormente, julguei que não seria adequado considerar que os alunos concebiam os espaços como vazios apenas a partir da representação.

Um aspecto interessante mereceu ser destacado acerca da situação da aluna Silvia. Ela, que nas discussões manifestara-se veementemente contra a existência dos espaços vazios, agora havia representado os espaços entre as partículas. Será que o fato de ela própria representar esses espaços poderia ser considerado como indicador de que assumira como verdadeira a existência dos mesmos? Ou será que ela ainda continuava pensando que "tinha que existir alguma coisa" neles?

Nas explicações propostas pelos alunos Cintia, Clarissa, Juliano, Patricia S. e Soraia para a ebulição da água, a admissão

ou não da existência dos espaços vazios não havia ficado clara. Considerando que suas representações para a constituição dos diversos materiais indicava a presença de espaço entre as partículas, parecia-me bastante provável que aqueles alunos concebessem sua existência. A incerteza, como nos casos dos outros alunos já comentados, continuava sendo a constituição daqueles espaços.

Um outro grupo de alunos - Alexandre, Ana Flávia, José Eduardo e Juliana - já havia expressado uma concepção de matéria como formada de partículas separadas por espaços na explicação da ebulição da água. A repetição de tal concepção, agora através de desenhos, apontava para a confirmação da mesma e, simultaneamente, reativava a dúvida acerca da consideração do aspecto de as partículas se movimentarem. A ausência de tal aspecto em suas representações indicava que os alunos não acreditavam nele ou que a forma de expressão - desenhos - não favorecia a manifestação do mesmo? Apesar de esta segunda hipótese poder ser válida, minha tendência maior era por acreditar na primeira, uma vez que durante a discussão sobre esta questão do movimento, alguns desses alunos se manifestaram claramente contrários à aceitação de sua validade.

Por outro lado, os alunos Alexis, Angela, Carlos Alberto, Danielle, Flávia, Luciana M., Luis Antônio e Tatiana, que haviam utilizado todos os elementos do modelo de matéria descontínua discutido anteriormente para explicarem a ebulição da água, também não representaram a constituição dos diversos materiais indicando que as partículas estariam em movimento. Neste caso, como a idéia havia sido expressa imediatamente antes, acreditei ser mais

provável que a característica de estaticidade da representação por desenhos tenha inibido a manifestação deste elemento do modelo.

Considerando especificamente as representações do gelo e da água foi possível constatar que apenas três alunos - Camila, Luis Antônio e Luis Felipe - indicaram o tamanho relativo dos espaços entre as partículas desses materiais de forma coerente com a observação da densidade dos mesmos. Todos os demais alunos que indicaram a existência de espaços em suas representações o fizeram a partir da generalização de que as partículas nos sólidos se encontram mais próximas que nos líquidos. Em decorrência disto, algumas dúvidas emergiram novamente: Por que tantos alunos acreditavam tão veementemente no conteúdo daquela generalização? Por que a evidência experimental de que o gelo flutuava na água, situação presente na vida cotidiana de todos eles, parecia não exercer influência na concepção da constituição daqueles materiais?

Entre os alunos que explicaram a ebulição da água considerando apenas atributos macroscópicos do sistema, Ana Cristina, Dinah, Eliene, Maurício, Rita e Sissia continuaram sem ter sua concepção de matéria mais claramente caracterizada a partir das representações dos diferentes materiais. Isto porque alguns manifestaram uma concepção ambígua em todas as representações, enquanto outros expressaram diferentes tipos de concepção de acordo com o material considerado. Foi interessante constatar que antes das discussões sobre o modelo de matéria descontínua, Dinah, Eliene e Sissia haviam expressado idéias que convergiam para a caracterização de uma concepção de matéria essencialmente contínua. Sendo assim, como elas teriam articulado as idéias que foram

discutidas com aquelas que edificavam suas visões de mundo anteriormente? Que relações teriam sido estabelecidas entre tais idéias de forma a resultar numa concepção que apresentava simultaneamente elementos de modelos de matéria descontínuos e do modelo de matéria contínuo?

Os outros alunos em cujas representações foi possível identificar elementos que caracterizavam a coexistência dos dois modelos de matéria (Glaucia, Juliana G., Luciane, Márcia e Patricia) haviam, na explicação da ebulição da água, considerado a existência de partículas na mesma. Entretanto, a própria representação da água proposta por muitos deles continha, além das partículas, elementos - como, por exemplo, um fundo todo pintado - que apontavam para uma visão ambígua da constituição dos materiais. Em função disto, decidi aguardar outras manifestações daqueles alunos a fim de poder obter outros elementos que contribuíssem mais para a configuração de suas idéias.

Analisando a Tabela 39, onde se encontram as explicações propostas pelos alunos para o espalhamento do cheiro das flores, foi possível verificar que a maioria absoluta dos alunos utilizou um modelo de matéria descontínua. Nessas explicações algumas vezes os alunos faziam referência explícita ao fato de as partículas do ar e aquelas responsáveis pelo cheiro das flores se movimentarem nos espaços vazios existentes entre cada uma delas. Outras vezes, a referência a algum desses elementos não foi tão direta. Isto ocorreu, por exemplo, quando os alunos manifestaram as idéias de as partículas "se espalharem pelo ar", "se misturarem com as do ar", ou ainda de "ocuparem os espaços vazios existentes entre as

partículas do ar". Entretanto, será que isto significava que todos aqueles alunos concebiam a matéria com todos aqueles atributos? Não julguei conveniente admitir tal hipótese como válida antes de tentar relacionar essas explicações com as idéias manifestadas anteriormente.

Um grupo considerável de alunos (Alexis, Angela, Carlos Alberto, Danielle, Flávia, Luciana M., Luis Antônio e Tatiana) havia utilizado todos os elementos do modelo de matéria descontínua quando da explicação da ebulição da água e só não havia indicado o movimento das partículas nas representações dos materiais. Com exceção de Alexis, Carlos Alberto e Luis Antônio, todos os outros alunos retomaram todos os outros elementos do modelo na tentativa de explicar aquele fenômeno. As explicações propostas pelos alunos Carlos Alberto e Luis Antônio, apesar de não destacarem a existência de partículas podiam, a meu ver, ser consideradas compatíveis com uma visão de matéria descontínua uma vez que envolviam a idéia de as substâncias se misturarem em função de seu movimento. Por outro lado, Alexis parecia negar exatamente a existência desse movimento das partículas na medida em que afirmava que o vento seria o responsável pelo espalhamento do cheiro.

Um outro grupo de alunos não havia expressado claramente a existência dos espaços vazios, apesar de terem feito referência ao movimento das partículas e de, na representação dos materiais, indicarem a presença de espaços entre as partículas. Deste grupo de alunos, Eduardo e Glaucia reconheceram que estes espaços eram vazios, enquanto Cintia, Juliana G. e Juliano, apesar de, de alguma forma, considerarem a existência dos mesmos, continuaram sem fazer

qualquer referência à sua constituição. O outro aluno que fazia parte deste grupo, inexplicavelmente não respondeu esta questão. Pode ser que ele não tenha conseguido articular os elementos presentes nas respostas anteriores de forma a explicar o fenômeno considerado, ou que não tenha percebido a utilidade daqueles elementos em tal explicação. Qualquer que fosse o caso, para mim a ausência de resposta naquela situação poderia ser interpretada como uma indicação de que, na verdade, o aluno não teria assimilado as idéias do modelo de matéria descontínuo. Era possível ainda que, numa atitude nitidamente adolescente, ele simplesmente não tivesse querido pensar na questão e, sendo assim, nenhuma hipótese poderia ser elaborada acerca de sua concepção de matéria.

Entre os alunos que não haviam explicitado, na explicação da ebulição da água ou nas representações, a idéia do movimento das partículas, somente Alexandre o fez claramente na explicação sob análise. Os demais alunos propuseram explicações que, em maior ou menor grau, se afastavam deste aspecto. Assim, Ana Flávia fez referência ao preenchimento dos espaços vazios, José Eduardo invocou as partículas como responsáveis pelo fenômeno, mas sem explicar como e Juliana afirmou que as partículas eram espalhadas pela circulação do ar. O fato de a aluna ter usado a idéia de circulação do ar configurou, a meu ver, um quadro de idéias onde não se destacava aquela referente ao movimento das partículas.

Na explicação da ebulição da água, uma certa visão de descontinuidade da matéria foi expressa por alguns alunos exclusivamente pela consideração de que a substância em questão - água - era formada de partículas. Alguns desses alunos conseguiram

ampliar esta visão - ou a expressão dela - ao explicarem o fenômeno do espalhamento do cheiro. Clarissa e Soraia, por exemplo, consideraram a existência de espaços vazios entre as partículas, mas não fizeram qualquer referência ao movimento das mesmas, a menos do que se podia inferir das idéias de as partículas "ocuparem os espaços vazios", "se misturarem" ou "se espalharem rapidamente". Parecia provável que o significado dessas expressões implicasse na concepção do movimento das partículas o que, entretanto, só poderia ser confirmado em outras situações.

Uma concepção particularmente interessante foi expressa pela aluna Márcia ao afirmar que "o ar que existe entre as partículas do cheiro está em constante movimento". Como algumas de suas representações anteriores indicavam a presença de espaços entre as partículas era provável que ela estivesse reconhecendo a existência de "ar" naqueles espaços. Todavia, a idéia de movimento do ar poderia também estar sendo empregada em seu significado usual e, neste caso, persistiria a dúvida sobre a constituição dos espaços.

As demais alunas que anteriormente haviam considerado a existência de partículas, Luciane, Patricia e Patricia S., não explicitaram outro elemento do modelo descontínuo ao tentarem explicar o espalhamento do cheiro, apesar de Patricia S. afirmar que "as partículas se espalham pelo ar", o que poderia conter a idéia de que elas se movimentavam. Por sua vez, a proposição de Patricia, de que "o ar circula espalhando as partículas" posicionava-se em direção exatamente oposta na medida em que não

admitia que as chamadas "partículas do cheiro" tivessem alguma contribuição na dinâmica do sistema.

Quando da explicação da ebulição da água, vários alunos haviam utilizado apenas atributos macroscópicos do sistema. Entre eles, apenas Luciana V. valeu-se exclusivamente desses atributos nesta segunda explicação, o que não contribuiu para discutir a indicação, elaborada a partir da análise de suas representações, de que ela concebia a matéria como constituída de partículas separadas por espaços.

As alunas Ana Paula, Camila, Elisângela e Galliana, que através das representações também demonstraram esta mesma concepção de matéria, confirmaram-na e ampliaram-na na explicação do espalhamento do cheiro ao considerarem a ocorrência do movimento das partículas entre os espaços vazios.

Em situação similar encontravam-se as alunas Fábria e Silvia que reconheceram a existência de espaços que seriam "preenchidos" ou "ocupados" pelas partículas, idéias que, como comentado anteriormente, poderiam conter implícita a concepção do movimento. Foi muito interessante e importante observar que a aluna Silvia escreveu as palavras "partícula" e "vazio" entre aspas. Qual seria, para ela, o significado daquelas aspas? Uma retrospectiva em suas idéias fez com que eu acreditasse que as aspas podiam indicar que, na verdade, ela ainda não compreendera plenamente o significado das mesmas no modelo, ou que ela ainda não tinha estabelecido relações entre estes significados e suas idéias anteriores que implicassem no fato de ela passar a acreditar na concepção de matéria descontínua proposta pela Ciência. Uma

terceira hipótese poderia ser a de que, mesmo não tendo assimilado tais idéias, a aluna tivesse, pelo menos parcialmente, reconhecido a utilidade das mesmas na explicação do referido fenômeno. De qualquer forma, era certo que o movimento que se podia perceber nas idéias expressas por Silvia caracterizava, de forma primorosa, a não linearidade do processo de construção de conhecimento.

Os alunos Cláudia e Marcelo, que também haviam indicado em suas representações a existência de partículas e espaços destacaram, na explicação ora considerada, a ocorrência do movimento dessas partículas. Por outro lado, suas respostas não esclareceram a dúvida levantada anteriormente sobre a constituição dos espaços.

Deste grupo de alunos que haviam explicado a ebulição da água a partir de atributos macroscópicos do sistema e que haviam representado os materiais como constituídos de partículas e espaços, fazia parte ainda o aluno Luis Felipe. Entretanto, nenhum comentário adicional pode ser feito às concepções que ele parecia sustentar nas outras respostas uma vez que ele deixou em branco a explicação solicitada nesta terceira parte da atividade. Isto poderia conduzir aos mesmos questionamentos suscitados no caso do aluno Guilherme. Todavia, a retrospectiva das idéias dos dois era bem diferenciada pois Luis Felipe havia explicitado a idéia de a matéria ser constituída de partículas e espaços em várias das solicitações propostas antes das discussões, o que não ocorrera com Guilherme. Sendo assim, considereei praticamente desprezível a possibilidade de que não tivesse ocorrido um relacionamento entre as idéias discutidas nas aulas e as concepções anteriores do aluno.

Ainda uma última parte dos alunos havia explicado a ebulição da água valendo-se apenas de atributos macroscópicos mas, em suas representações dos diferentes materiais, havia explicitado elementos característicos das duas concepções de matéria. Entre esses alunos Eliene e Sissia - exatamente aquelas cujas manifestações antes das discussões demonstravam, predominantemente, uma concepção de matéria contínua - utilizaram todos os elementos do modelo de matéria descontínua discutidos anteriormente em suas explicações para o espalhamento do cheiro. Em função das idéias anteriores dessas alunas, não julguei válido admitir que a utilização integral do modelo de matéria descontínua exclusivamente nesta situação configurasse uma modificação tão radical em suas concepções. Por isso adiei a expressão de meus comentários sobre o movimento de suas idéias para quando outras evidências pudessem fundamentá-los melhor.

Os demais alunos que antes da consideração desta explicação se encontravam na mesma situação de Eliene e Sissia - Ana Cristina, Dinah, Maurício e Rita - utilizaram apenas parcialmente os elementos do modelo de matéria descontínua. Ana Cristina e Maurício fizeram referências explícitas à existência de partículas e espaços sem, entretanto, destacar a constituição dos mesmos, enquanto Dinah e Rita consideraram apenas o fato de as partículas se espalharem. Também no caso desses alunos julguei oportuno aguardar outras manifestações antes de tecer comentários mais abrangentes acerca do movimento de suas idéias.

2.13 DA CARACTERIZAÇÃO DAS IDÉIAS DOS ALUNOS NO FINAL DO PROCESSO

Dando prosseguimento à proposta do "Aprendendo Química" são discutidos alguns aspectos do comportamento de substâncias gasosas a fim de se introduzir a Hipótese de Avogadro(11). Nesta discussão sobre as substâncias gasosas são realizadas experiências das quais extrai algumas questões para constituir a atividade 7. A escolha dessas questões se deu em função de ser possível a utilização de todos os elementos do modelo de matéria descontínua em suas respostas.

Inicialmente uma seringa plástica foi enchida com ar e, após sua extremidade ter sido vedada, o êmbolo foi pressionado. Desta experiência a questão considerada foi aquela onde os alunos deveriam explicar a ocorrência do fenômeno observado, isto é, a compressão do ar.

Na segunda experiência, um balão plástico foi encaixado na boca de um recipiente metálico que foi colocado em um banho de água fervente e, imediatamente depois, em um banho de gelo. Novamente a questão considerada foi aquela onde os alunos deveriam explicar a ocorrência de um dos fenômenos considerados: o aumento do volume do balão. A explicação da diminuição do volume não foi considerada uma vez que constatei, pela análise das mesmas, que as

(11) Segundo a qual, estando nas mesmas condições de temperatura e pressão, um mesmo volume de substâncias gasosas diferentes apresenta o mesmo número de partículas de massas diferentes.

idéias ali expressas foram as mesmas usadas para explicar o fenômeno inverso.

As explicações propostas para os dois fenômenos considerados, apresentadas nas Tabelas 40 e 41, evidenciaram que todos os alunos usaram um modelo de matéria descontínua em pelo menos uma das explicações. Isto não acarretava, entretanto, que todos eles estivessem com a mesma concepção de matéria. A percepção de algumas particularidades nas manifestações dos alunos permitiu distinguir concepções mais ou menos amplas e com maior ou menor "grau de idiosincrasia".

Uma dessas concepções foi expressa pela aluna Eliene que, na atividade anterior havia manifestado várias concepções de matéria (chegando, inclusive, a usar todos os elementos discutidos do modelo de matéria descontínua na explicação do espalhamento do cheiro). Nesta atividade, ao explicar a relação entre a variação do volume do gás em função da pressão exercida sobre o mesmo, a aluna afirmou que "diminuiu o volume das partículas". Até que ponto essa aluna, que na explicação da dissolução do permanganato de potássio já concebera as partículas como entidades capazes de serem penetradas por outras partículas, havia feito referência ao modelo de matéria descontínua proposto pela Ciência de forma mecânica? Ou seria possível que as partículas às quais ela se referia dentro da concepção identificada com o modelo proposto pela Ciência tivessem também as capacidades de "serem penetradas por outras" e "diminuírem de tamanho"? A maneira como as idéias foram expressas não permitiu a definição da situação.

A maioria absoluta dos alunos propôs explicações que se fundamentavam na variação da distância entre as partículas. Alguns deles, entretanto, não explicitaram em suas respostas, a existência de espaços entre elas. Nesta situação encontravam-se os alunos Ana Flávia, Ana Paula, Angela, Cláudia, Dinah, Glaucia, José Eduardo, Luis Felipe, Marcelo, Maurício, Patricia S., Rita, Silvia e Sissia.

Entre eles, Dinah, Rita e Sissia eram as únicas cujas manifestações na atividade anterior não haviam possibilitado a caracterização de suas concepções de matéria devido aos fatos de elas terem explicado fenômenos valendo-se apenas de atributos macroscópicos dos sistemas em questão e de terem, em outras circunstâncias, utilizado, simultaneamente, elementos dos dois modelos de matéria. A reincidência da idéia da existência de partículas e, mesmo que implicitamente, da existência de espaços indicava, a meu ver, que esses elementos faziam parte da concepção de matéria daqueles alunos.

Acreditava que o mesmo era verdade também em relação aos alunos Cláudia, José Eduardo, Luis Felipe, Marcelo, Maurício e Patricia S. cuja concepção delineada na atividade anterior apontava exatamente para a que fora expressa nas explicações agora consideradas: matéria constituída de partículas e espaços.

Numa situação um pouco diferente encontravam-se as alunas Ana Flávia, Ana Paula, Angela, Glaucia e Silvia. Isto porque, em algum momento da atividade anterior, elas haviam feito referência ao fato de os espaços serem vazios, fato este que não foi retomado nas explicações da variação de volume do gás. Sendo assim, minha tendência foi pela não confirmação de que elas concebessem os

espaços como vazios. Convergindo para isto havia também a constatação de que, explicitamente, as alunas Angela e Silvia haviam contestado e demonstrado resistência à compreensão do fato de os espaços serem vazios, assim como a observação de que elas se manifestaram em termos de "dilatação dos espaços". O contexto em que tal idéia foi usada por essas alunas indicava, a meu ver, que elas não imaginavam o espaço entre as partículas como realmente vazio.

Um outro grupo de alunos que também usou a idéia da existência das partículas, contrariamente ao grupo cujas idéias foram comentadas acima, fez referência explícita à existência dos espaços entre as partículas. Neste grupo, Guilherme e Patricia, a menos da presença de espaços em algumas das representações, não haviam manifestado claramente a existência dos mesmos em outras situações. Entretanto, dessas manifestações anteriores faziam parte referências ao movimento das partículas, as quais poderiam ser interpretadas como implicando, necessariamente, na presença de espaços. Neste sentido, a situação desses alunos se assemelharia à dos alunos Alexandre, Ana Cristina, Juliana e Juliano, que já haviam demonstrado conceber a existência dos espaços e voltaram a fazê-lo na situação ora considerada. Os outros alunos deste grupo, Eduardo e Galliana, haviam, além da referência anterior à existência dos espaços, afirmado que eles eram vazios, consideração que não voltou a se repetir nessas explicações da variação do volume do gás. De qualquer forma, julguei pertinente considerar que todo esse grupo de alunos concebia, naquele momento, a existência dos espaços entre as partículas.

A constatação de que mais da metade dos alunos tinha, naquele momento, pelo menos essa concepção - matéria formada de partículas e espaços - não significava que o modelo de cada um deles coincidia com as bases daquele proposto pela Ciência, particularmente na questão da constituição dos espaços. A ausência de indicações em contrário fazia com que persistisse minha suposição de que os alunos poderiam estar considerando aqueles espaços como um certo "meio fluido" onde as partículas se localizavam e, às vezes, até se movimentavam.

A idéia de que os espaços entre as partículas são vazios só foi explicitada, e sem a consideração de outros aspectos do modelo de matéria descontínua, pelas alunas Clarissa, Luciana M., Luciane e Soraia. Entre elas, pareceu-me que, no caso de Luciane, a referência aos espaços vazios foi, em grande parte, mecânica. Isto porque suas manifestações na atividade anterior, inclusive as representações, demonstravam, em grande parte, uma visão de matéria contínua ou, no máximo, uma tentativa de "combinação" das duas visões. A situação das outras alunas era diferente, pois todas três já haviam atribuído a característica de "ser vazio" aos espaços entre as partículas em outras explicações. Sendo assim, minha tendência era por acreditar que aquelas alunas realmente concebiam os espaços como vazios.

Outro elemento básico do modelo de matéria descontínua - o movimento das partículas - não foi abordado nas explicações ora consideradas por nenhum dos alunos cujas respostas já foram comentadas. Apesar disto, alguns deles - Alexandre, Ana Paula, Angela, Eduardo, Eliene, Galliana, Glaucia, Guilherme, Juliano,

Luciana M., Marcelo, Patricia e Sissia - haviam se manifestado claramente acerca do mesmo em atividades anteriores. Refletir sobre este fato conduziu-me à elaboração de duas hipóteses. Como nos dois fenômenos estavam envolvidos elementos externos que provocavam movimento nas sistemas, o movimento intrínseco das moléculas não foi nitidamente evidenciado neles. Sendo assim, era provável que os alunos não o tivessem destacado por não o considerarem importante naqueles fenômenos ou por este elemento realmente não constituir parte, naquele momento, do modelo de matéria idealizado por eles. Tais hipóteses poderiam ser aplicadas também àqueles alunos que, em algumas manifestações anteriores, haviam utilizado, sem explicitar claramente, a idéia de que as partículas se movimentavam. Neste caso encontravam-se os alunos Ana Flávia, Clarissa, Cláudia, Dinah, Maurício, Patricia S., Rita e Soraia.

Outros alunos, entretanto, destacaram a ocorrência do movimento das partículas em suas explicações das variações de volume dos sistemas. Alguns deles - Cintia, Elisângela e Luciana V. - fizeram isto sem explicitar a existência dos espaços vazios. Tal aspecto só aparecera anteriormente nas respostas de Elisângela. Os outros alunos, apesar de terem demonstrado que concebiam a existência de espaços entre as partículas, não haviam feito qualquer referência à constituição dos mesmos. Sendo assim, parecia-me evidente que pelo menos a noção da existência dos espaços fazia parte do modelo de matéria daqueles alunos.

Os outros alunos que fizeram referência ao movimento das partículas em suas explicações, apresentaram posições distintas em relação à explicitação ou não da existência dos espaços e da

constituição dos mesmos. A maior parte deles considerou os espaços sem afirmar se eles eram ou não vazios. Minha tendência, então, foi por considerar que tanto os alunos que em suas respostas anteriores não haviam destacado a constituição dos espaços - Carlos Alberto, Fábila, Flávia e Márcia - quanto aqueles que já o tinham feito - Alexis, Camila, Danielle e Luis Antônio - poderiam estar assumindo que os espaços eram vazios em função das idéias subjacentes em suas explicações e das manifestações das mesmas em sala de aula. O mesmo considerei válido em relação às alunas Juliana G. e Tatiana que nas explicações ora analisadas, como em outras circunstâncias, afirmaram o atributo de "ser vazio" apresentado pelos espaços entre as partículas constituintes das substâncias.

Um último aspecto chamou-me a atenção nas explicações propostas pelos alunos especificamente em relação ao aumento do volume do gás contido no recipiente metálico com a elevação da temperatura do mesmo. Alguns deles - Camila, Eduardo, Elisângela, Juliana G., Juliano, Patricia e Soraia - consideraram em suas explicações a possibilidade de as partículas "se expandirem", "se dilatarem" ou "aumentarem de tamanho". Considerei que tais manifestações podiam ser interpretadas como evidências de que os modelos de matéria sustentados pelos alunos, por mais que se aproximassem das bases daquele proposto pela Ciência, apresentavam características muito particulares, como esta manifestada por esses alunos, ou outras que poderiam estar implícitas em outras respostas, ou mesmo poderiam estar fundamentando ou permeando suas concepções sem serem explicitadas.

Considerando que estas duas últimas atividades foram realizadas quando pouco mais de um mês havia transcorrido desde a ocorrência das últimas discussões do modelo de matéria descontínua, julguei plausível admitir que as idéias nelas manifestadas pelos alunos constituíam, pelo menos em grande parte, aquelas resultantes das interações de suas idéias anteriores com as discutidas nas circunstâncias já consideradas e do estabelecimento de relações entre todas essas idéias que, provavelmente, se desencadeou a partir dali. Como frutos destes processos de confronto e relacionamento de idéias, assumi que estas concepções refletiam o modelo de matéria elaborado pelos alunos em decorrência, não exclusiva, é claro, do processo de ensino que havia sido conduzido por mim. Reconheço que, com o passar do tempo, estas concepções poderiam se alterar em função do processo contínuo de reconstrução às quais, como qualquer conhecimento, elas estavam submetidas. Todavia, era necessário, tendo em vista a elaboração desta dissertação, definir um momento que configurasse o final do processo de coleta de dados e, tendo em vista suas características contextuais, este foi o momento escolhido.

CAPITULO 3 . ESPAÇO PARA A MOVIMENTAÇÃO DE OUTRAS IDÉIAS

3.1 DA NECESSIDADE DE UM OUTRO ÂNGULO PARA OBSERVAÇÃO DO MOVIMENTO DAS IDÉIAS DOS ALUNOS

Que os seres humanos aprendem é evidente. Também é obvio que os seres humanos constroem novos conhecimentos e que os conhecimentos de qualquer cultura aumentam com o passar do tempo. O conteúdo de tais afirmativas, expresso de forma tão contundente em publicações recentes (Novak, 1987; Novak, 1988a), pode, a meu ver, ser considerado a base a partir da qual toda a pesquisa educacional nos últimos tempos se desenvolveu (Strike, 1987). Todavia, um dos aspectos que possibilitou a emergência de distintas correntes desta pesquisa foi a reflexão sobre os processos através dos quais ocorre tal construção de conhecimento. Isto porque, diferentemente das proposições inicialmente explicitadas, estes processos não podem ser adjetivados como óbvios, aspecto que se manifesta, inclusive, na expressão da idéia em sua forma plural.

Que os alunos envolvidos nesta pesquisa aprenderam várias coisas, construíram inúmeros novos conhecimentos, parece-me também evidente a partir da análise de suas concepções apresentada no

capítulo anterior. Entretanto, a constatação deste fato e as reflexões advindas da análise do movimento dessas concepções tendo como parâmetro o conteúdo científico nelas expresso não elucidaram, de forma abrangente, aspectos essenciais na caracterização dos processos vividos pelos alunos na construção do conhecimento aqui considerado. Neste sentido, acredito na necessidade de analisar novamente as idéias dos alunos, o movimento dessas idéias e a situação de ensino ocorrida assumindo como parâmetro as concepções acerca dos processos de ensino e aprendizagem nas quais atualmente acredito. Para que esta nova análise possa ser elaborada, julgo necessário explicitar os fundamentos teóricos que sustentam minhas concepções. Todavia, tal explicitação não se dará desvinculada da elaboração da referida análise uma vez que acredito que, desta forma, a fluidez e a clareza da análise poderão ser favorecidas.

3.2 DE UMA CONCEPÇÃO FILOSOFICA EM QUE ACREDITO

Atualmente, considero que a base que fundamenta minhas crenças sobre os processos educativos e, em grande parte, sobre a vida, encontra-se na posição filosófica assumida por George A. Kelly e por ele denominada **alternativismo construtivo**. Tal posição, como indicado pelo próprio nome, insere-se no âmbito daquelas conhecidas como "construtivistas" e apresenta como postulado fundamental a consideração de que "os processos de uma pessoa são psicologicamente orientados pelos modos através dos quais ela

antecipa eventos" (Kelly, 1963, p.46). Deste postulado fundamental alguns aspectos merecem ser comentados.

O primeiro se refere à natureza claramente dinâmica presente na expressão "processos de uma pessoa". Nesse sentido, a pessoa humana não é considerada como uma entidade que possa, momentaneamente, estar em situação de movimento, mas sim como uma forma de movimento. E a relevância desta consideração pode ser melhor compreendida a partir da interpretação do segundo aspecto que destaco no postulado: a "antecipação de eventos". Isto porque, segundo Kelly, esta antecipação de eventos se dá pela construção das idéias, pela formulação de uma interpretação. Sendo assim, ela requer o uso dos "constructos" de uma pessoa, isto é, das representações do universo elaboradas por ela e testadas contra a realidade deste universo. E, ainda de acordo com Kelly, "uma vez que o universo é essencialmente um curso de eventos, o teste de um constructo é um teste contra eventos subseqüentes, isto é, um constructo é testado em termos de sua eficiência preditiva" (Kelly, 1963, p.12). Assumindo ainda a impossibilidade de uma representação absoluta do universo, há que se destacar a ocorrência de uma série de aproximações sucessivas que, gradualmente são avaliadas em termos de sua eficiência preditiva. Sendo assim, fica claro que não existe sentido em se considerar um constructo isolado. Eles existem organizados em conjuntos hierarquizados e esta organização é dinâmica (Pope and Gilbert, 1985; Driver and Bell, 1986). Sumarizando, poderíamos considerar que os constructos de uma pessoa seriam hipóteses constantemente passíveis de modificações em função da ocorrência de novas reconstruções.

Conseqüentemente, as pessoas podem diferir umas das outras em função não só dos diferentes eventos que elas buscam antecipar, mas também das diferentes abordagens das quais elas se valem neste processo, uma vez que ele ocorre a partir do sistema de constructos de cada pessoa, isto é, dos constructos e das diversas relações estabelecidas entre eles. O estabelecimento dessas relações pode ser visto como o responsável pela atribuição de significados na medida em que ele decorre da contraposição de concepções sustentadas pela pessoa com novas situações.

Importante considerar também que o sistema de constructos de uma pessoa varia à medida que novos eventos são adicionados ao repertório antigo, isto é, à medida que ela experiencia uma construção sucessiva de eventos. Convém relevar que, mais uma vez, o destaque é feito para a atuação da pessoa. Portanto, o que caracteriza essencialmente o processo é o fato de a própria pessoa conduzir as sucessivas reconstruções de eventos.

Contudo, para que ocorram reconstruções no sistema de constructos de alguém, é necessário que eles sejam "permeáveis", ou seja, admitam novos elementos em seu espectro de conveniência. Assim, a vivência de uma nova experiência pode conduzir a variações no sistema de constructos de uma pessoa sem que ocorra o desabamento completo do mesmo. Isto não quer dizer que tais variações possam se resumir apenas em derivações diretas ou casos especiais de um certo constructo. É possível até que os constructos novos e antigos sejam incompatíveis uns com os outros - o que reflete a ausência de completa logicidade e consistência interna do sistema de constructos em termos do modo como os eventos são

antecipados. Qualquer que seja o caso, o importante é que as modificações dos constructos ocorrem dentro de um sistema mais amplo que pode até ter sido alterado pela força dos constructos antigos.

Até então, uma ênfase na individualidade na construção de eventos permeou a maioria das asserções apresentadas. Entretanto, torna-se importante destacar que Kelly considera a possibilidade de os processos psicológicos de uma pessoa serem similares aos de outra na medida em que ocorram similaridades nas construções de suas experiências, uma vez que elas ocorrem no âmbito social. Isto não implica na necessidade da existência de eventos idênticos na vida de duas pessoas; ações similares são desencadeadas por construções de eventos similares contextualizados. Retomando o significado de construir experiência como estabelecer um equilíbrio entre os resultados dos sucessivos processos de construção, podemos considerar que quanto mais próximos forem os equilíbrios estabelecidos por duas pessoas, mais características similares seus comportamentos irão exhibir. Não é necessário também que existam semelhanças no desenvolvimento histórico dos pensamentos dessas pessoas, pois a base para a similaridade de ação encontra-se na similaridade de suas construções presentes da experiência (Kelly, 1963).

Outro aspecto importante é que Kelly não admite que construção seja considerada como formulação verbal, uma vez que uma pessoa pode não decodificar muitos de seus constructos no discurso simbólico. Nesse sentido, quando se faz referência à "construção de experiências" não se considera, necessariamente, interpretações

verbalizadas. Sendo assim, é possível que duas pessoas usem essencialmente as mesmas construções de suas experiências e as expressem através de termos diferentes.

Um último aspecto entre as proposições básicas da visão teórica de Kelly parece-me merecer destaque em função da situação de pesquisa aqui estabelecida: a consideração de que uma pessoa pode exercer um papel em um processo social envolvendo outra pessoa na medida em que constroa os processos de construção desta outra pessoa (Kelly, 1963, p.95). Nesse sentido, pode-se admitir que o sistema de constructos de uma pessoa subsuma o de outra e vice-versa, o que acarretaria o fato de suas pessoas se compreenderem.

Todas essas idéias básicas da posição filosófica de George Kelly foram discutidas e interpretadas em termos dos processos de ensino e aprendizagem por inúmeros pesquisadores desta área, tendo dado suporte a diversos projetos de pesquisa (por exemplo, Champagne et al., 1981; Gilbert et al., 1983; Driver and Erickson, 1983; Osborne and Wittrock, 1983; Osborne and Freyberg, 1985; Osborne and Wittrock, 1985; Driver, 1986; Driver and Bell, 1986; Driver and Oldham, 1986; Hewson, 1986; White, 1988; Millar, 1989). Nesta perspectiva, existe uma certa unanimidade entre os pesquisadores em considerar a aprendizagem como um processo ativo no qual o aprendiz promove a interação de seu sistema de constructos prévio com o ambiente. Pode-se depreender desta afirmativa que a aprendizagem depende de três grandes conjuntos de fatores: o sistema de constructos prévio do aprendiz, as características da situação de aprendizagem em si (Millar and Driver, 1987) e a natureza da interação.

3.3 DA CONSIDERAÇÃO DE ALGUMAS IDÉIAS DE KELLY NO CONTEXTO DESTA PESQUISA

Porque os alunos são seres humanos que constantemente constroem experiências, eles trazem para a sala de aula as idéias que elaboraram em seu contexto social na tentativa de compreender o mundo. Considerando que diferentes pessoas podem experienciar de formas diferentes um mesmo evento, suas compreensões do mundo podem ser bastante diversificadas. Nesse sentido, assume-se que as idéias de cada aluno são idiossincráticas. Várias denominações têm sido atribuídas a essas idéias dos alunos nos últimos anos como, por exemplo, "misconceptions" (Nussbaum, 1979; Feldsine, 1987), "misunderstanding" (Brumby, 1979), "existing conceptions" (Nussbaum, 1979), "preconceptions" (Novak, 1981), "pre-instructional ideas" (Gunstone et al., 1981), "alternative frameworks" (Driver and Easley, 1978), "children's viewpoints" (Erickson, 1980), "alternative conceptions" (Hewson, 1981) e "children's science" (Gilbert et al., 1982) (12). Entretanto, independentemente da denominação utilizada, todos esses pesquisadores reconhecem a importância dessas idéias nos processos de ensino e aprendizagem (Driver and Oldham, 1986; Hills, 1989).

No contexto escolar estes processos decorrem, freqüentemente, de interações entre os alunos e dos alunos com o

(12) As denominações usadas pelos diversos pesquisadores não foram traduzidas porque algumas delas não possuem uma expressão correspondente em português que mantenha exatamente seu significado original.

professor e com o material instrucional utilizado. Interpretando as posições de Kelly, podemos afirmar que a comunicação efetiva entre duas pessoas depende não da comunalidade dos constructos, mas da "extensão na qual as pessoas possam construir o sistema de constructos do outro, isto é, do grau de empatia e entendimento dos constructos de qualquer pessoa que não necessariamente construiu os mesmos constructos" (Gilbert, 1982). Sendo assim, considereei como ponto fundamental inicial deste trabalho de pesquisa a tentativa de caracterização dos sub-sistemas de constructos prévios dos alunos acerca da constituição da matéria. Para mim, era essencial que eu conhecesse, da forma mais ampla possível, as concepções dos alunos sobre este tema a fim de que pudesse planejar, com maior segurança, o processo de ensino do mesmo que conduziria dentro em breve. Por outro lado, uma das condições que considero indispensáveis para que os alunos reflitam sobre um determinado tema é que eles tomem consciência de suas próprias idéias atinentes ao tema. Sendo assim, acreditava que explicitar suas idéias em cada uma daquelas atividades escritas poderia estar-se constituindo, para cada um dos alunos, num espaço para tomada de consciência das mesmas.

Na maioria absoluta das pesquisas que envolvem a detecção das concepções prévias dos alunos promove-se a realização de uma determinada atividade com este fim. Como consequência, é possível perceber que, muitas vezes, as informações obtidas são um tanto quanto fragmentadas. Para tentar evitar que isto ocorresse, optei pela realização de várias atividades iniciais e, mais que isto, pela diversificação das solicitações e dos contextos nos quais o tema estava envolvido. Em função disto, julgo que pude obter um

quadro mais completo das visões que os alunos sustentavam e dos modos pelos quais tais visões eram usadas, o que vem ao encontro a reflexões críticas atuais de alguns pesquisadores (por exemplo, Gilbert et al., 1982; Hashweh, 1986 e Hills, 1989).

Outro aspecto que veio ao encontro de sugestões apontadas por eminentes pesquisadores da área foi o fato de grande parte das solicitações terem-se originado de experiências realizadas pelos próprios alunos ou interações com alguns objetos. Acredito, como outros pesquisadores (por exemplo, Champagne et al., 1985), que realizando experiências e/ou manipulando objetos os alunos têm condições mais propícias para derivar relações qualitativas entre variáveis relevantes, para associar essas relações com outras já presentes em suas estruturas cognitivas e para estabelecer um certo contexto em referência ao qual eles podem relacionar novas informações. Além do mais, este fato parece ter contribuído para que as questões propostas fossem mais simples e/ou naturais na medida em que tinham como objetivo não propiciarem a ocorrência de dúvidas além daquelas inerentes aos assuntos nelas envolvidos (Johansson et al., 1985; Hills, 1989). Aliando a este aspecto a atenção e a sensibilidade que busquei manter ao longo da análise das respostas dos alunos, considero que o meu nível de entendimento de como os alunos compreendam os fenômenos a eles apresentados pode ser considerado bom.

É importante relevar, é claro, que tal entendimento adveio da minha atribuição de significados às proposições e representações propostas pelos alunos e que estes significados podiam, muitas vezes, não corresponder exatamente à compreensão

privada do aluno (West et al., 1985). Todavia, acredito que esta diferença pode ter sido amenizada, em grande parte, pelo fato de terem sido várias as oportunidades para os alunos expressarem suas idéias e de formas diferenciadas. Sendo assim, caso tivesse ocorrido alguma grande divergência de interpretação da minha parte, ela provavelmente teria resultado em algum descompasso ao longo da análise de todas as manifestações de cada aluno. Por outro lado, esta pode ter sido a causa de algumas das dúvidas que manifestei quando da análise principalmente de situações onde palavras do vocabulário cotidiano que também são usadas em Ciências, mas com significados diferentes, foram empregadas pelos alunos. Um exemplo pode ter decorrido da primeira manifestação do aluno Luis Antônio sobre a pedra. Naquela ocasião, ele a representou como bolinhas de tamanhos diferentes e bem unidas e afirmou que ela era "composta de elementos diversos e desordenados". Como aquela era a primeira vez que o aluno usava a palavra "elemento" e como suas manifestações anteriores não demonstravam que ele concebesse a matéria como descontínua, não considereei que tal palavra estivesse sendo usada com seu significado químico. Entretanto, as outras manifestações do aluno - características de uma visão de matéria descontínua - indicaram que esta provavelmente era a interpretação correta. Outro exemplo pode ter ocorrido em relação à aluna Fábria e também na primeira representação da pedra. Ela a desenhou como bolinhas e pontinhos e afirmou que ela era "feita de areia. Assim eu fiz as partículas dentro dela". A consideração simultânea da composição de areia e da existência de "partículas" conduziu-me à suposição de que para Fábria "partícula" era sinônimo de "grão". Mesmo levando em

conta o fato de na segunda representação da pedra a aluna ter afirmado que ela era "feita de vários fragmentos de areia", não considero que eu pudesse assumir com certeza que do significado atribuído à palavra partícula não constasse alguma noção de descontinuidade.

Uma outra situação onde pode ter ocorrido divergência de atribuição de significados envolveu muitos alunos quando eles se referiram ao espalhamento ou dispersão do gás colorido sem assumirem, explicitamente, a existência de alguma entidade que pudesse se espalhar ou se dispersar. Tendo observado a ausência de referência a tais entidades, não considerei que aqueles alunos concebessem a matéria como descontínua. Todavia, alguns daqueles alunos, como, por exemplo, Alexis, Ana Flávia e Luis Felipe, demonstraram nas outras solicitações daquela mesma atividade que tinham alguma noção de descontinuidade da matéria, o que fazia com que fosse possível que eles estivessem imaginando o espalhamento ou a dispersão das moléculas do gás.

Mesmo reconhecendo a possível ocorrência de situações como estas, considero pertinente assumir que as eventuais divergências na atribuição de significados não comprometeram a elaboração de uma visão geral das idéias de cada aluno na medida em que tal elaboração ocorreu a partir de várias solicitações. Concernente a este fato, julgo importante relevar ainda que, durante o processo de elaboração desta visão geral, somente em três circunstâncias percebi que alguma manifestação dos alunos destoava significativamente das outras que aqueles mesmos alunos apresentavam. Isto ocorreu quando os alunos Luis Felipe, Maurício e

Patricia S. explicaram, no final da atividade 2, o processo de dissolução do açúcar em água. Considerando todas as manifestações daqueles alunos até então, não consegui estabelecer relações entre as concepções que eles expressaram naquela situação e as expressas anteriormente a partir da utilização de parâmetros tais como tipo de estado físico, situação que envolvia processo, situação vivenciada pelo aluno, por exemplo. É provável que isto tenha ocorrido em função de uma certa divergência no significado por mim atribuído a alguma das manifestações daqueles alunos e no que eles pretendiam expressar. Contudo, é igualmente provável que isto tenha sido uma consequência de fatos apontados por alguns pesquisadores (como, por exemplo, Champagne et al., 1982 e Solis Villa, 1984) de que os alunos tenderiam a fornecer explicações isoladas de fenômenos específicos e não a elaborar explicações gerais e de que eles não estariam preocupados por existirem inconsistências e/ou contradições entre as diversas explicações isoladas. Não obstante a constatação destes três casos, minha tendência é por não acreditar que os aspectos elucidados pelos referidos pesquisadores possam ser generalizados. Isto porque, em todos os outros momentos do processo de elaboração de uma visão geral sobre as idéias de cada aluno, não aconteceram outros casos similares. Ao contrário, na maioria absoluta das vezes foi possível perceber que as sucessivas concepções expressas pelos alunos podiam ser consideradas indicativas de um desenvolvimento conceptual e que, se, muitas vezes, vários constructos não se aproximavam daqueles formalizados pela Ciência, eles não demonstravam arbitrariedade e/ou irracionalidade em relação ao todo do sistema de constructos de

cada aluno (Strike and Posner, 1985). Isto vem ao encontro da concepção de estrutura cognitiva em que acredito, segundo a qual nenhuma relação significativa simples existe independente na mente de um indivíduo, ou seja, seus elementos são inter-relacionados e, como tais, apresentam consistência interna e externa (White, 1985).

3.4 DA CONTRAPOSIÇÃO DAS IDÉIAS DE MEUS ALUNOS COM AS DE ALUNOS DE OUTRAS PARTES DO MUNDO

Em termos do conteúdo expresso nas primeiras manifestações dos alunos - que caracterizavam suas visões de matéria antes que ocorresse a discussão deste tópico em sala de aula - em alguns casos foi possível estabelecer um paralelo com idéias de alunos de diferentes localidades do mundo relatadas na literatura.

Um dos aspectos essenciais percebidos ao longo deste trabalho foi que independentemente da concepção de matéria demonstrada nas representações dos diversos sistemas considerados, vários alunos, em várias circunstâncias, valeram-se de atributos macroscópicos nas explicações das representações e/ou dos fenômenos. Este parece-me ser um procedimento trivial entre os alunos uma vez que a ele foi atribuída ênfase em muitos relatos de pesquisa (Happs, 1980; Cosgrove and Osborne, 1981; Brook et al., 1984; Driver, 1985; Scott, 1987 e Stavy, 1988). Concernente a tal procedimento, mas de maneira mais abrangente, encontra-se o fato de

os alunos não relacionarem suas respostas com o modelo de matéria que usam nas explicações. Tal fato, constatado diversas vezes ao longo desta pesquisa, foi também destacado em González et al., 1989.

Em termos da existência de partículas ou moléculas, alguns aspectos destacados por meus alunos emergiram também em outras pesquisas, tais como: comparação de partículas com células (Berkheimer et al., 1988); afirmação de que as partículas se expandem (Happs, 1980; Brook et al., 1984); afirmação de que todas as coisas são feitas de partículas (Happs, 1980); comparação de partículas a grãos (Stavy and Stachael, 1985); consideração do maior afastamento das partículas à medida que o estado físico do material varia de sólido para líquido e gasoso (Dow et al., 1978; Selley, 1982; Driver, 1985 e Stavy, 1988). A utilização das palavras partícula ou molécula sem explicitação de seu significado ou sem convicção acerca do mesmo, como destaquei muitas vezes, principalmente em relação à água, também foi relevada em Happs, 1980.

A questão que, para mim, constitui-se no cerne da compreensão do modelo descontínuo de matéria — a existência dos espaços vazios — parece não ter sido considerada como tal por muitos dos pesquisadores que trabalharam com este tema anteriormente. Todavia, entre aqueles que, de alguma forma, buscaram conhecer as concepções dos alunos sobre o espaço entre as partículas, alguns obtiveram resultados semelhantes àqueles que obtive ao longo deste trabalho de pesquisa. Os que considerei mais significativos foram: existem outras partículas e impurezas nos

espaços (Novick and Nussbaum, 1978; Novick and Nussbaum, 1981; Nussbaum and Novick, 1981) e existe ar nos espaços (Scott, 1987). A consideração da existência de alguma coisa no espaço entre as partículas também foi demonstrada por meus alunos quando eles representavam algum material como um desenho todo pintado com bolinhas espalhadas e justificavam tal representação com utilização de um modelo descontínuo. Tal forma de expressar esta idéia também foi relatada em Nussbaum and Novick, 1981 e Renström, 1987.

Contrariamente à consideração dos espaços entre as partículas, a questão da movimentação das mesmas mereceu a atenção de maior número de pesquisadores. Novamente algumas das idéias expressas por meus alunos também estiveram presentes nas respostas de outros alunos pesquisados como, por exemplo: as moléculas não se movimentam (Nussbaum and Novick, 1978; Nussbaum and Novick, 1981; Brook et al., 1984; Driver, 1985 e Stavy, 1988); as moléculas não se movimentam, especialmente quando constituem um material no estado sólido (Dow et al., 1978; Berkheimer et al., 1988); as moléculas começam a se movimentar quando são aquecidas (Berkheimer et al., 1988) e as moléculas se movimentam pela ação da força de gravidade (Novick and Nussbaum, 1978).

Entre as propriedades das substâncias, duas foram evocadas em diversas situações neste trabalho de pesquisa com o propósito de favorecer a elaboração e/ou explicitação de elementos de algum modelo descontínuo de matéria: a densidade e a solubilidade. Em algumas dessas situações tal propósito não foi alcançado, pois certos alunos não utilizaram a concepção de densidade a fim de estabelecer distinções entre a organização das

partículas em materiais em diferentes estados físicos ou em um mesmo estado, mas apresentando densidades nitidamente diferentes, enquanto outros demonstraram uma visão de matéria contínua tanto ao desenhar quanto ao explicar o processo de dissolução. Resultados análogos foram relatados em Hibbard and Novak, 1975 e Prieto et al., 1989, respectivamente.

Inúmeras outras idéias foram expressas pelos alunos nas diversas solicitações que antecederam a discussão da descontinuidade da matéria. Buscando analisar essas idéias em termos de similaridades e diferenças entre diferentes alunos e da presença de particularidades e variações apresentadas por um mesmo aluno nas diversas solicitações, tentei elaborar uma configuração das mesmas em relação a cada aluno (cujas sínteses foram apresentadas no item 2.8). A leitura deste item aponta para uma diversidade muito grande de sub-sistemas de constructos refletindo, assim, a idiossincrasia do processo de construção de conhecimento. Tais constructos foram elaborados a partir das mais variadas interações de cada aluno com situações fora e dentro da escola (Hewson and Hewson, 1983) e, se algumas vezes determinados significados eram total ou parcialmente coerentes com aqueles considerados como válidos pela Ciência atualmente, em outras eles divergiam bastante deste. Julgo importante destacar ainda que, mesmo nos casos onde era possível constatar alguma divergência desta natureza, os constructos expressos apresentavam sofisticação, racionalidade e coerência, tanto quanto nos outros casos. E foi a partir de reflexões sobre cada um dos sub-sistemas de constructos caracterizados, bem como sobre as dúvidas que emergiram na

tentativa de caracterização dos mesmos que empreendi a elaboração de uma metodologia que sustentasse a condução do processo de ensino do modelo de matéria descontínua.

3.5 DE UMA EXTENSÃO DA VISÃO CONSTRUTIVISTA DE APRENDIZAGEM

Os sub-sistemas de constructos apresentados pelos alunos podiam, a meu ver, ser divididos em dois grandes grupos: um que continha algumas idéias do modelo de matéria descontínua e outro onde estas idéias praticamente inexistiam ou eram extremamente vagas. Sendo assim, imaginei que os processos cognitivos a serem vividos pelos alunos, tendo seu ponto de partida nas idéias sustentadas por cada um deles, poderiam, conseqüentemente, também ser divididos em dois grandes grupos.

Os alunos que pertenciam ao primeiro grupo tinham, essencialmente, a noção da existência de partículas, mesmo que, como discutido anteriormente, isto não implicasse na concepção de espaços vazios entre essas partículas. Em função disto, eles provavelmente iriam atribuir sentido ao modelo de matéria descontínua a ser discutido no contexto do que eles compreendiam naquele momento, ou seja, iria ocorrer uma reconciliação das concepções novas com as antigas ou uma diferenciação das concepções prévias que resultasse nas novas. Isto porque, numa certa extensão, existia uma certa consistência entre aquelas concepções, isto é, a realidade sustentada pelo aluno podia ser integrada com o

conhecimento que lhe seria apresentado sem que houvesse necessidade de abandonar completamente as crenças prévias. Considero que ocorreria uma sistematização de idéias cujo resultado mais provável seria uma ampliação da visão de matéria daqueles alunos. Tal processo foi denominado na literatura como **assimilação** (Posner et al., 1982) e **captura conceptual** (Hewson, 1981).

Por outro lado, os alunos que concebiam a matéria basicamente como contínua não teriam condições de reconciliar tal concepção com o modelo apresentado uma vez que este entrava em conflito com a realidade sustentada por eles. Neste caso, a aprendizagem iria demandar o questionamento desta realidade, o abandono de idéias pré-estabelecidas e a admissão de outras idéias completamente incongruentes com as primeiras (West and Pines, 1986) promovendo, assim, uma reestruturação mais intensa na estrutura cognitiva dos alunos. Este processo foi denominado na literatura como **acomodação** (Posner et al., 1982) e **troca conceptual** (Hewson, 1981).

Tanto a assimilação, ou captura conceptual, quanto a acomodação, ou troca conceptual, são considerados exemplos de processos onde ocorre **mudança conceptual** - expressão evocada freqüentemente na perspectiva de uma modificação fundamental na crença de um indivíduo sobre algum princípio e/ou na conseqüente interpretação de um fenômeno (White and Gunstone, 1989). Contudo, a maioria absoluta da literatura nesta área, mesmo reconhecendo a existência dos dois processos, atribui ênfase quase absoluta à acomodação ou troca conceptual.

Considerando a situação de ensino em sala de aula, era inevitável que os dois tipos de processos tivessem que ocorrer simultaneamente e, portanto, desencadeados pelas mesmas situações. Este era um dos aspectos que, a meu ver, contribuía para tornar mais interessante a elaboração da metodologia que sustentaria minha atuação no processo de ensino. Todavia, para que tal metodologia fosse cuidadosamente elaborada, várias outras reflexões tiveram que ocorrer, reflexões advindas do confronto de minhas experiências anteriores e expectativas com o que a literatura relatava como sendo "condições para a ocorrência de mudança conceptual" (Hewson, 1981; Posner et al., 1982; Hewson and Hewson, 1983; Solis Villa, 1984 e Hewson and Thorley, 1989). Como destacado anteriormente, a literatura atribui grande ênfase à acomodação e é em relação a este processo que são discutidas condições de ocorrência. Entretanto, acredito que algumas delas podem, numa certa extensão, serem aplicadas também ao processo de assimilação. Sendo assim, tais condições serão apresentadas paralelamente a considerações sobre a amplitude de aplicação a um e outro processo.

A primeira dessas condições relaciona-se diretamente às concepções prévias do aluno. Segundo a literatura, para que um aluno empreenda um processo de mudança conceptual é necessário que ele esteja insatisfeito com suas concepções. Tal insatisfação decorre, na maioria das vezes, da constatação, por parte do aluno, de situações que não são, total ou parcialmente, explicitadas por suas concepções prévias. Em relação à descontinuidade da matéria acredito que alguma insatisfação poderia, em princípio, ser desencadeada quando um aluno que concebesse a matéria como contínua

se visse frente à necessidade de explicar fenômenos como, por exemplo, a expansão dos gases ou a dissolução. Estes mesmos fenômenos, quando tivessem seu aspecto dinâmico focalizado, poderiam também gerar alguma insatisfação entre os alunos que consideravam exclusivamente a existência de partículas constituindo os materiais.

A segunda condição situa-se no âmbito das concepções que são apresentadas aos alunos e diz respeito à inteligibilidade das mesmas. Assim, seria necessário que o aluno atribuísse sentido às novas concepções e, conseqüentemente, fosse capaz de identificar ou elaborar uma representação para as mesmas. Para tanto, seria necessário também que o aluno percebesse uma certa consistência interna dessas concepções. Em termos dos elementos do modelo de matéria descontínua focalizados nesta pesquisa, considero que seria extremamente necessário que os alunos compreendessem o significado de existir, em qualquer material, regiões onde a massa se concentra - chamadas partículas - e regiões identificadas pela ausência de massa - os espaços vazios. Julgo importante destacar que o fato de um aluno entender esses aspectos não implica em que ele acredite neles. Isto relaciona-se com a terceira condição considerada como necessária para a ocorrência da mudança conceptual: a plausibilidade inicial de uma nova concepção.

Nesta perspectiva, uma concepção possuiria plausibilidade inicial se o aluno fosse capaz de perceber que o contexto no qual ela é considerada verdadeira faz parte de, ou é reconciliável com, suas próprias concepções do mundo. Tendo em vista o estreito relacionamento entre plausibilidade inicial de uma concepção e as

idéias prévias de um aluno, acredito que esta seria a condição menos favorável de ser observada em relação à descontinuidade da matéria uma vez que a distância qualitativa entre as implicações deste modelo e as crenças anteriores dos alunos parecia-me significativamente ampla.

A última das condições para a ocorrência de mudança conceptual seria, de acordo com a literatura, a utilidade da nova concepção. Parece óbvio que um aluno não abandonaria ou reformularia um sistema de constructos previamente estabelecido sem que isto significasse um ganho em termos de explicação de fenómenos total ou parcialmente não explicados pelas concepções prévias ou de predição de outros fenómenos. Sendo assim, afigurava-se como imprescindível para que os alunos constatassem a utilidade do modelo de matéria descontínua, a compreensão, possivelmente paralela, dos fenómenos explicados em função dele.

3.6 DE COMO SE DEU E DE ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES ADVINDAS DE MINHA ATUAÇÃO DOCENTE NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM DO MODELO DE MATÉRIA DESCONTINUA

Considerando que era meu objetivo que os alunos aprendessem significativamente o modelo de matéria descontínua, o primeiro passo parecia ter sido dado, isto é, com a análise dos resultados das atividades iniciais eu passei a ter uma boa visão do que e de como os alunos pensavam a constituição da matéria. Levando

em conta esta visão, assim como minhas reflexões acerca dos processos de ensino e aprendizagem, busquei elaborar e colocar em prática uma metodologia que visasse contribuir para que tal objetivo fosse atingido.

Como ponto de partida, considerei essencial que os alunos tomassem consciência de que eles tinham idéias sobre a constituição da matéria, ou tinham condições de formulá-las quando isto se fizesse necessário, assim como sobre o conteúdo dessas idéias e sobre as relações que eles estabeleciam entre elas e delas com outras concepções. Uma parte deste processo havia, muito provavelmente, ocorrido quando cada aluno respondeu as solicitações das atividades iniciais. Entretanto, em função da natureza escrita de tais solicitações, na maior parte dos casos não ocorreram interações entre os alunos e/ou deles comigo que pudessem desencadear reflexões mais intensas sobre o sub-sistema de constructos de cada um deles. Por isto, minha decisão inicial foi por começar o processo de ensino através da promoção de discussões das próprias idéias dos alunos. Desta maneira esperava não só que cada aluno pensasse sobre suas idéias, sobre o contexto no qual elas estavam estabelecidas, sobre as relações que as permeavam e sobre a relação entre o significado atribuído a elas e a forma de explicitação das mesmas, mas também que as idéias de cada aluno pudessem ser confrontadas com as dos outros para que esta interação trouxesse mais elementos para a reflexão de cada aluno. Acreditava que assim aqueles alunos que sustentavam uma visão de matéria contínua começariam a perceber que existia uma maneira completamente oposta de conceber a matéria. Por isso a discussão se

iniciou pela consideração da necessidade de se pensar na constituição dos materiais e pela retomada das representações propostas pelos alunos para a pedra, a água e o gelo na primeira atividade.

Ao longo dessa discussão (como relatado no item 2.9), vários alunos utilizaram as palavras "molécula" e "vácuo". Minha decisão por favorecer a discussão do significado dessas palavras se deu em função da percepção de que tal discussão poderia ser importante no sentido de tornar claras para os próprios alunos as suas idéias. Este, que aliado ao confronto inicial das mesmas, era o principal objetivo dessas discussões iniciais, pareceu-me ter sido atingido em grande parte tendo em vista o envolvimento dos alunos nas discussões comigo e, principalmente, com os colegas. Em relação a este ponto, inclusive, julgo importante destacar que, particularmente, acredito muito na "eficiência" das discussões entre os alunos. Isto porque não existindo uma hierarquia entre eles, as diferentes idéias eram confrontadas e refutadas nas mesmas condições, o que, a meu ver, favorecia uma análise mais sistemática das mesmas. Isto justifica minhas atitudes em vários momentos da discussão (alguns dos quais presentes nos Anexos 2 e 3) quando minha participação se deu também no nível de "conjunção", isto é, tendo como objetivo estabelecer alguma relação entre as falas de diferentes alunos, ou de um mesmo aluno em momentos diferentes, de forma a favorecer, principalmente, a complementação ou a contraposição das idéias em função do conteúdo nelas expresso.

A eliminação da "força" diferenciada das hipóteses que eram discutidas em função de uma delas ter sido enunciada por mim

também buscou ser atingida quando, em alguns outros momentos da discussão, tendo sido questionada acerca de algum aspecto por um aluno, reverti tal questionamento para o grupo. Era minha intenção que, também por atitudes como esta, os alunos fossem gradualmente percebendo que eles eram os principais responsáveis pelo processo de construção de seu conhecimento e que este último não seria transmitido de mim para eles, especialmente de uma forma considerada como final. Tal proposição está em concordância com a visão de Kelly de que não seria conveniente deixar que o aluno construísse sua própria visão do mundo sem ser apresentado a outras idéias, mas que seria essencial que tal conhecimento fosse apresentado como conjectural e que pudesse ser aberto à apreciação e reconstrução pessoal do aluno (Pope and Gilbert, 1984)(13).

A retomada dessas discussões iniciais evidencia que certos alunos tiveram algumas de suas idéias contrapostas pelas de outros, notadamente por aquelas relativas à constituição do espaço entre as partículas. Todavia, para que a aprendizagem significativa do modelo de matéria descontínua se desse, muito mais teria que ser feito. Novas situações deveriam ser apresentadas aos alunos visando tanto estabelecer uma relação de insatisfação deles com suas idéias prévias, nos termos discutidos anteriormente, quanto evidenciar aspectos de uma outra visão que poderiam ser considerados como mais úteis que as idéias anteriores. Nesse sentido, os alunos realizaram e discutiram entre eles as experiências que tinham como objetivo elucidar a dimensão mínima das partículas, a existência de espaços

(13) Exemplos desta situação também podem ser encontrados tanto nessa discussão inicial (Anexo 2) quanto naquelas relatadas no Anexo 3.

vazios entre elas e a ocorrência do constante movimento das mesmas. Minha expectativa era de que a necessidade de explicar fenômenos tais como a dissolução do permanganato de potássio em água estando o sistema em repouso provocasse um desequilíbrio no sub-sistema de constructos existente (Pines and West, 1986) - pela constatação de que ele não era capaz de sustentar explicações totais ou parciais do referido fenômeno. Segundo o modelo da mudança conceptual, a insatisfação com as concepções prévias, seguida da compreensão de outras concepções que demonstrassem ser úteis em situações presentes e futuras, podia ser considerada um passo importante na ocorrência do processo de mudança conceptual.

A observação das respostas apresentadas pelos alunos em cada uma daquelas experiências indica uma provável ocorrência deste passo no caso de alunos como Ana Paula, Clarissa, Dinah e Silvia que pareciam ter ampliado sua concepção de matéria pela explicitação da existência de espaços vazios entre as partículas, idéia que, de alguma forma, permeava suas manifestações desde a elaboração da concepção de densidade. Outros alunos (como Glaucia, Juliana, Luis Felipe, Maurício e Soraia) também consideraram, em suas explicações, a existência de espaços entre as partículas. Entretanto, tal consideração se deu de forma ambígua em função da possível sinonímia entre partícula e grão. Caso esta relação não fosse verdadeira, também para esses alunos aquelas experiências teriam desencadeado uma assimilação de idéias.

O processo de assimilação parece ter ocorrido também no caso da aluna Angela que, mesmo tendo relevado a existência de partículas, e até do movimento dessas em algumas situações

anteriores, nunca havia representado qualquer sistema indicando a presença de partículas e espaços. Ao contrário, ela havia declarado a necessidade da existência de alguma coisa no vácuo, o que parece apontar para a evidência da elaboração da idéia dos espaços vazios a partir da reflexão sobre a diminuição do volume quando da dissolução do sal em água.

A análise das manifestações dos alunos Danielle, Guilherme, Luciana M., Luciane e Tatiana converge também para a consideração da ocorrência do processo de assimilação uma vez que todos eles, tendo manifestado algumas idéias de descontinuidade - notadamente a existência de partículas - em algumas das solicitações propostas a partir da discussão do conceito de densidade, explicitaram, na explicação da dissolução do permanganato de potássio, a idéia do movimento das partículas. A ocorrência deste movimento nos espaços vazios existentes entre as partículas foi também destacada pelas alunas Danielle, Luciana M. e Luciane.

Em todos os casos citados anteriormente considereei que alguma das evidências experimentais observadas provocou uma reorganização nas idéias dos alunos que culminou com a incorporação de algum novo atributo ao modelo de matéria descontinua concebido anteriormente.

Por outro lado, essas mesmas evidências parecem ter conduzido a uma reformulação completa do modelo de matéria sustentado pelos alunos Alexandre, Eduardo, Eliene, Fábila, Juliano, Márcia, Patricia e Sissia. Todos eles haviam demonstrado em suas manifestações anteriores que concebiam a matéria como contínua ou,

no máximo tiveram algumas de suas idéias caracterizadas como indicadoras de uma concepção de matéria descontínua macroscópica. Qualquer que seja o caso, a manifestação clara da existência de partículas e ainda a existência dos espaços vazios (no caso de Sissia) e do movimento das partículas (no caso de Patricia) só foi observada nas explicações propostas para a dissolução do permanganato de potássio. Sendo assim, parece-me provável que as evidências experimentais observadas durante a ocorrência deste fenômeno tivessem realmente conduzido a uma insatisfação com o modelo de matéria sustentado anteriormente e à compreensão e percepção da utilidade de outras idéias, o que apontaria para a ocorrência do processo de acomodação.

Julgo importante destacar que não acredito que a simples utilização daquelas experiências fosse a responsável pela aparente ocorrência dos processos de mudança conceptual anteriormente destacados. Como afirmaram dois eminentes pesquisadores, "experiências, por elas mesmas, não são capazes de modificar as concepções dos alunos (Driver and Bell, 1986). Todavia, aquelas experiências não ocorreram isoladas no processo de ensino, nem se constituíram na primeira e única situação onde o modelo de matéria descontínua poderia emergir. O destaque para tais experiências merece ser feito, a meu ver, em função do fato de elas poderem ter-se constituído em eventos que desafiaram as idéias dos alunos, encorajando-os a construir hipóteses e dando-lhes oportunidade de decidir por eles mesmos se e em que extensão era necessário modificar suas idéias anteriores a fim de conseguirem explicar as evidências experimentais observadas (Pope and Gilbert, 1983). Outro

aspecto que considero relevante foi a oportunidade que os alunos tiveram de discutir suas idéias em pequenos grupos, o que se constituiu numa primeira instância de explicitação e confronto.

Por outro lado, outra etapa fundamental do processo de ensino relacionada com a realização das experiências estava por acontecer: a discussão geral das idéias dos alunos. Concernente a tal situação, alguns comentários merecem ser feitos. Inicialmente, foi possível perceber pela análise da transcrição dessa discussão que muitos alunos explicitaram suas idéias de forma muito mais ampla que aquela ocorrida na resposta escrita das questões. A meu ver isto se deveu à possibilidade de interferência de minha parte no sentido de solicitar a explicitação do significado de palavras ou expressões que poderiam conter idéias interessantes de serem expostas e discutidas, assim como da necessidade de explicitação mais clara de uma idéia a fim de contrapor-la a idéias de outros alunos.

Em termos de minha atuação nos vários momentos de discussão, considero que certas atitudes assumidas podem ser vistas como instrumentos que buscaram propiciar o desenvolvimento de uma compreensão mais ampla da constituição da matéria. Uma dessas atitudes foi a tentativa de promoção da análise de várias hipóteses apresentadas por alunos diferentes em uma determinada situação - como ocorreu, por exemplo, quando da discussão dos espaços vazios entre as partículas. Acredito que esta atitude possa ter contribuído para os alunos perceberem a importância da consideração sistemática de todas as hipóteses no processo de construção de conhecimento.

Outra atitude que julguei relevante no sentido anteriormente considerado foi a promoção não só da discussão relativa aos elementos do modelo de matéria descontínua em si, mas da forma mais usual de representação do mesmo. Este fato parece ter contribuído para ajudar os alunos a transformar uma forma de representação em outra (como apontado em Posner et al., 1982), assim como, e principalmente, para favorecer a explicitação e/ou o entendimento de um outro nível de dúvidas em relação à compreensão do modelo de matéria descontínua (como ocorreu em relação à aluna Silvia) e para favorecer a manifestação de significados atribuídos pelos alunos a palavras ou expressões utilizadas nas referências ao modelo (como foi o caso da aluna Angela em relação à expressão "espaço vazio").

Um outro aspecto que considero extremamente relevante relaciona-se com a decisão sobre o momento mais propício para modificar a direção da discussão de modo a se tentar atingir um objetivo pré-determinado. Para mim, a relevância deste aspecto situa-se em sua contribuição para a percepção, por parte dos alunos, da importância de se analisar uma situação sob vários ângulos a fim de sistematizar o conhecimento sobre a mesma e, em termos de dinâmica de sala de aula, em sua contribuição para sustentar o envolvimento dos alunos na discussão na medida em que se torna possível, por parte deles, a colocação de outros parâmetros na discussão geral. É provável que ao longo da discussão daquelas experiências eu tenha perdido algumas oportunidades de modificar a perspectiva de análise das questões consideradas, mas em outros momentos pude perceber que a ocorrência desta modificação

favoreceu significativamente o curso da discussão. Exemplos evidentes destes momentos foram a retomada da discussão da existência dos espaços entre as partículas a partir da consideração da dimensão idealizada pelos alunos para tais espaços (o que conduziu muitos alunos a, a partir da constatação da pequenez dos mesmos, parecerem admitir sua existência) e a repetição da experiência de dissolução do permanganato de potássio em água estando o sistema em repouso (o que fundamentou aspectos significativos da discussão acerca do movimento intrínseco das partículas).

Ainda considerando o aspecto metodológico, as discussões sobre o modelo de matéria descontínua evidenciaram também a riqueza das discussões ocorridas entre os alunos. Em todos os momentos onde elas aconteceram o envolvimento de cada aluno no sentido de defender suas próprias idéias foi grande. Assim, vários deles procuraram organizá-las de forma a tornar seus argumentos mais contundentes. Conseqüentemente, parece-me plausível admitir que o envolvimento tanto no processo de organização das idéias quanto no de confronto das próprias idéias com as dos colegas, ou, ainda, na análise dessas próprias idéias à luz de parâmetros destacados pelos colegas favoreceu uma reflexão crítica por parte de cada aluno acerca de suas idéias sobre a constituição da matéria e uma provável modificação das mesmas.

Em termos do próprio modelo de matéria descontínua, ficou claro, tanto pela manifestação verbal quanto pelas expressões fisionômicas de alguns alunos, que acreditar que os espaços entre as partículas eram vazios e que as partículas, especialmente

aquelas constituintes de materiais sólidos, se movimentavam independentemente da presença de agentes macroscópicos externos ou internos ao sistema em que o material constituído por elas se encontrava não era simples. Parece-me que alguns alunos compreendiam a "lógica" do modelo, isto é, que eles o percebiam como inteligível pela atribuição de significado a cada um de seus elementos e que eles constatarem a utilidade do mesmo na explicação de fenômenos como os até então considerados, mas que a reconciliação de alguns elementos do modelo com as concepções já sustentadas implicava em contradições ainda insuperáveis para eles. A incapacidade de superar tais contradições podia ser abstraída da expressão de alguns alunos que, não conseguindo identificar a origem do problema ou elaborar argumentos que pudessem ser contrapostos, diminuíram sua participação na discussão.

No âmbito do modelo de aprendizagem considerado, a questão da inteligibilidade de uma nova concepção é apontada como condição essencial para a ocorrência de mudança conceptual. Nesse sentido, era imprescindível a promoção de outros momentos onde os alunos pudessem manifestar suas idéias, o que contribuiria para minha tentativa de perceber até que ponto a mudança conceptual realmente se processara. Além do mais, é importante relevar que "não existem pulos do conhecimento do zero para o máximo" (Sebastia, 1989). Na verdade, partindo do pressuposto de que o conhecimento está sujeito a reconstruções contínuas, não acredito que se possa considerar a existência de algo denominado "máximo de conhecimento". Todavia, a utilização da expressão não chega a contrastar com a afirmativa de que a construção de significados é

um processo contínuo e gradual à medida que novas relações são estabelecidas, onde é possível que os alunos mantenham alguns elementos da concepção antiga enquanto ocorre a atribuição de significados a elementos de novas concepções (Nussbaum, 1989).

3.7 DE REFLEXÕES SOBRE OS PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DE SIGNIFICADOS POSSIVELMENTE VIVIDOS PELOS ALUNOS

Segundo Kelly, "geralmente uma pessoa mantém por mais tempo aquelas suposições que têm mais significância e abandona prontamente aquelas que têm apenas relevância momentânea" (Kelly, 1963, p.31). Nesta perspectiva, era possível que alguns alunos tivessem considerado certos elementos do modelo de matéria descontínua apenas enquanto eles estavam sendo discutidos e que, com o passar do tempo, as concepções antigas voltassem a prevalecer. Acredito que isto poderia ter ocorrido principalmente em função de uma diminuição da percepção da utilidade (total ou parcial) do novo modelo, associada à diminuição da insatisfação com as concepções antigas em virtude da constatação da possibilidade de utilização das mesmas em situações apresentadas e/ou da persistência de inconsistências entre o sistema de crenças do aprendiz e algum elemento do novo modelo. Assim, a análise das manifestações dos alunos, tendo decorrido um mês desde as últimas manifestações específicas sobre o modelo de matéria descontínua, mostrou-se extremamente relevante no sentido de caracterizar a

visão de matéria sustentada por cada aluno naquele momento e de, a partir daí, poder discutir, com mais segurança, as possíveis modificações ocorridas em suas concepções.

A análise geral e conjunta das duas últimas atividades evidenciou que grande parte dos alunos (Alexis, Ana Paula, Angela, Camila, Carlos Alberto, Eduardo, Eliene, Elisângela, Fábila, Flávia, Galliana, Glaucia, Juliana G., Luciana M., Luis Antônio, Sissia e Tatiana) utilizou, nas representações e explicações propostas, todos os elementos do modelo discutido anteriormente. Entre esses alunos, Eduardo, Eliene, Elisângela, Fábila e Sissia apresentavam, antes da realização das experiências e das discussões sobre o modelo de matéria descontínua, uma visão de matéria nitidamente contínua. Sendo assim, parece provável que o sub-sistema de constructos inicial desses alunos tenha sido substituído por outro onde a matéria era concebida com utilização de elementos do modelo que a caracteriza como descontínua. Os outros alunos deste grupo haviam demonstrado anteriormente conceber a matéria como formada de partículas, reconhecendo ou não a existência de espaço entre essas partículas mas, mesmo em caso afirmativo, não fazendo referência à constituição desses espaços. Por isso, considereei válido admitir que os elementos do modelo de matéria descontínua foram reconciliados a essas idéias iniciais, ampliando, conseqüentemente, o poder de explicação do sub-sistema de constructos de cada aluno.

Um outro grande grupo de alunos (Alexandre, Cintia, Clarissa, Cláudia, Danielle, Guilherme, Juliano, Luciana V., Marcelo e Márcia) demonstrou, em suas respostas, que concebia a matéria como constituída de partículas que se movimentavam nos

espaços existentes entre elas, mas não indicou que esses espaços eram vazios. Analisando suas concepções prévias, também neste grupo é possível encontrar alunos que parecem ter vivido os processos de acomodação (Alexandre, Juliano, Marcelo e Márcia) e assimilação (os outros).

Todos os demais alunos não destacaram, em qualquer de suas manifestações, a ocorrência do movimento intrínseco das partículas e, mesmo entre eles, a concepção expressa para a matéria variou. Ana Flávia, Clarissa, José Eduardo, Juliana, Luciane, Silvia e Soraia, por exemplo, utilizaram em suas explicações um modelo que envolvia a existência de partículas separadas por espaços vazios. Todos esses alunos haviam considerado inicialmente a existência de partículas separadas por espaços. Pressumo, então, que a reformulação ocorrida em suas estruturas cognitivas constituiu-se, basicamente, no acréscimo da idéia de que tais espaços eram vazios e na possível atribuição de um novo significado para "partícula" como decorrência da consideração desta idéia.

Convém destacar que deste grupo fazia parte a aluna Silvia que, mesmo tendo representado a existência de espaços em algumas das solicitações iniciais, demonstrou nas discussões que não atribuía significado a tais tipos de representação, isto é, não concebia realmente a existência desses espaços. Lembrando ainda que em uma de suas últimas manifestações as palavras "partícula" e "vazio" foram escritas entre aspas, é provável que, neste momento final da pesquisa, Silvia ainda tivesse dúvidas acerca de alguns aspectos da descontinuidade da matéria.

Outros alunos (Ana Cristina, Dinah, Luis Felipe, Maurício, Patricia e Patricia S.) deixaram claro, em suas explicações finais, que concebiam a matéria como constituída de partículas e espaços. Não foi feita nenhuma referência aos fatos de os espaços serem vazios e de as partículas se movimentarem. É provável que tais aspectos não tenham provocado dissonância entre os constructos sustentados anteriormente pelos alunos e/ou que a utilidade de sua consideração não tenha sido percebida por eles. Entre esses alunos somente Patricia não assumira anteriormente que a matéria era constituída de partículas. A existência dos espaços também esteve presente nas concepções desses alunos de forma explícita ou implícita (nos casos de Ana Cristina e Dinah). De qualquer forma, existia alguma noção de descontinuidade que parece ter sido ligeiramente modificada. A situação da aluna Patricia diferia das demais em função de suas concepções prévias caracterizarem a matéria como contínua. Sendo assim, mesmo que apenas uma parte do modelo passasse a constituir seu sub-sistema de constructos, a modificação ocorrida no mesmo diferiu significativamente daquela ocorrida com o dos outros alunos.

Uma última aluna - Rita - considerou explicitamente apenas a existência de partículas em suas manifestações finais, concepção que ela já demonstrara em algumas das atividades iniciais. Considerando que, ao longo do processo, Rita não manifestou claramente qualquer outro elemento que pudesse configurar melhor sua concepção de matéria, julgo pertinente a afirmação de que ela não atribuía significado a quaisquer dos aspectos discutidos. Várias podem ter sido as causas deste

comportamento como, por exemplo, não estabelecimento de conflito entre o modelo de matéria descontínua e suas concepções prévias - talvez até como decorrência da ausência de consciência de suas próprias concepções iniciais; existência de divergência entre o modelo de matéria descontínua e o sistema de crenças que sustentava as concepções iniciais; não percepção da utilidade do modelo descontínuo na explicação de fenômenos; ou ainda uma combinação desses fatores entre si e/ou com outros. Todavia, os dados disponíveis, inclusive a pouca participação desta aluna nas aulas, não garantem a veracidade de nenhuma dessas hipóteses.

Em termos das concepções sustentadas pelos alunos, julgo pertinente destacar novamente a constatação de que os alunos Camila, Eduardo, Eliene, Elisângela, Juliana G., Juliano, Patricia e Soraia fizeram afirmações concernentes à variação do tamanho de uma partícula. A meu ver, isto não implica necessariamente que os elementos do modelo de matéria descontínua anteriormente destacados em cada caso não fizessem parte do sub-sistema de constructos desses alunos ao final do processo. Considerarei, outrossim, que a relevância de tal fato reside em ele poder ser visto como uma evidência de que a construção de significados é pessoal e de que idéias, prévias ou não, constituintes do conhecimento formal não são completamente abandonadas quando uma nova estrutura de pensamentos é edificada (especialmente se, como na situação analisada, a presença de tais idéias não significa o estabelecimento de um confronto com o sub-sistema de constructos como um todo).

CAPÍTULO 4 . SOBRE AS DIREÇÕES NÃO PREVISTAS NO MOVIMENTO DAS IDÉIAS DOS ALUNOS

4.1 DAS CONTRA-INTUIÇÕES ASSOCIADAS A ELEMENTOS DO MODELO DE MATÉRIA DESCONTINUA

Ao perceber que elementos significativos do modelo de matéria descontínua, como a existência de espaços vazios e a consideração do movimento intrínseco das partículas, não haviam sido explicitados por muitos alunos nas solicitações finais desta pesquisa, propus-me a refletir sobre as possíveis causas deste fato. Tal reflexão conduziu-me a hipóteses concernentes a diversos níveis do problema.

O primeiro deles é inerente ao próprio tópico de conteúdo abordado nesta pesquisa. Como modelo elaborado pelo ser humano, a concepção de matéria descontínua demanda a utilização da imaginação dos alunos no sentido de explicar o observável através de algo não-observável (Driver, 1983). E isto implica na elaboração e reorganização de constructos abstratos, o que não me parece ser um

processo compartilhado por todas as pessoas, especialmente na faixa etária dos alunos envolvidos nesta pesquisa.

Entre todos os elementos do modelo de matéria descontínua, sem dúvida a concepção dos espaços vazios foi a que se mostrou mais difícil de ser aceita pelos alunos. De fato, a dificuldade de compreensão deste aspecto, especificamente por alunos de escolas secundárias, foi apontada por pesquisadores que investigaram a aprendizagem do modelo de matéria descontínua (Nussbaum and Novick, 1981; Nussbaum, 1985; Scott, 1987). É importante relembrar também que a existência dos espaços vazios foi, por séculos, alvo de discussões entre os filósofos. Existe uma certa concordância entre os pesquisadores do assunto de que grande parte da dificuldade anteriormente destacada relaciona-se com o fato de a existência de espaços vazios ser contrária à percepção imediata. Em geral, quando uma criança é despertada para pensar em "como as coisas são feitas", a concepção que se estabelece é a de matéria contínua. Isto provavelmente decorre do fato de a existência do **vazio** não poder ser demonstrada pois, em situações cotidianas, sempre que uma determinada matéria deixa de ocupar um espaço, este é imediatamente ocupado por outra (na maioria das vezes o ar). Nussbaum (1985) acrescentou outras considerações interessantes a este debate ao evocar aspectos de diferentes concepções filosóficas. Segundo ele, uma das concepções que impede a crença na descontinuidade da matéria coincide com aquela postulada por Aristóteles e que se manteve dominante por muitos séculos, principalmente no Ocidente, segundo a qual o espaço não era uma entidade por si mesma, mas dependia, e tinha sua dimensão

definida, pelos corpos materiais. Desta forma, a matéria era contínua e contornada pelo espaço, sendo ambos limitados. Tal noção, por corresponder à realidade física macroscopicamente observada tem muito mais força que as idéias defendidas por Newton, onde o espaço é proposto como uma entidade independente dos outros corpos materiais, o que conduz à ilimitação tanto do espaço quanto do mundo material.

Uma das possíveis origens da não aceitação, por parte de muitos alunos, de que as partículas das substâncias se movimentam também pode ser encontrada em concepções filosóficas que buscam explicar a própria idéia de movimento. Isto porque a cinética das partículas é análoga, em muitos aspectos, ao comportamento mecânico dos corpos e este é explicado por várias teorias (Nussbaum, 1985). Entretanto, a partir do estabelecimento de um paralelo entre as partículas e os corpos macroscópicos, a mecânica Newtoniana emerge como a mais adequada e simples para sustentar as explicações necessárias à compreensão da cinética molecular. Alguns dos atributos fundamentais da teoria de Newton são que, na ausência de aceleração, um corpo apresenta movimento inercial em linha reta (o que implica na existência de um espaço ilimitado) e em velocidade constante. Todavia, principalmente pelo fato de serem contra-intuitivas, tais idéias da mecânica Newtoniana também não são facilmente compreendidas e aceitas por grande parte dos alunos de escolas secundárias (como apontado, por exemplo, em Gunstone et al., 1981; Champagne et al., 1982; Champagne et al., 1985 e Gunstone and Watts, 1985). Como tais estudos mostram, a maior parte dos alunos utiliza concepções características de uma visão

Aristotélica de movimento. Considerando a aplicação desta visão ao movimento das partículas seria imprescindível a existência de algum agente externo ao sistema provocando o referido movimento, aspecto que pode explicar, por exemplo, a referência feita pela aluna Fábiana à necessidade de agitação do sistema água + permanganato de potássio, durante a dissolução desta última substância, quando o mesmo se encontrava em repouso.

4.2 DAS POSSÍVEIS NÃO OBSERVÂNCIAS AS CONDIÇÕES DEFINIDAS PARA A OCORRÊNCIA DE MUDANÇA CONCEPTUAL

Considerando o modelo de aprendizagem como mudança conceptual, é possível que elementos tais como a existência dos espaços vazios e do movimento das partículas não estivessem fazendo parte do sub-sistema de constructos dos alunos pela não observância das condições definidas como necessárias para a ocorrência deste processo.

Como destacado anteriormente, a primeira dessas condições diz respeito à insatisfação do aluno com suas concepções prévias. Na situação de sala de aula, sem dúvida a estratégia mais utilizada na tentativa de gerar esta insatisfação é a apresentação de situações e/ou problemas que não possam ser explicados e/ou resolvidos, pelo menos em parte, com a utilização das concepções prévias. Em outras palavras, considera-se que o primeiro passo para favorecer a mudança conceptual é a tentativa de estabelecimento de

um conflito cognitivo. Todavia, a apresentação de algo que para nós, professores, gera conflito, não significa nada. É imprescindível que os alunos vivam o conflito e, para tanto, a primeira condição é que eles tenham consciência de suas próprias concepções. Acredito que os fatos de terem sido muitas e diversificadas as solicitações onde os alunos poderiam expressar suas idéias e de a discussão acerca da concepção de matéria ter-se iniciado a partir das idéias expressas pelos alunos em algumas das solicitações iniciais favoreceram a conscientização dos alunos. Entretanto, é impossível garantir a ocorrência deste processo. Pode ser, por exemplo, que algum aluno não tenha percebido suas idéias como uma generalização. Sendo assim, mesmo que ele concebesse a necessidade de modificar uma parte dela, isto poderia não provocar insatisfação com toda a idéia (Kelly, 1963). Mesmo que um aluno esteja consciente da natureza e da generalidade de suas idéias é possível que ele utilize estratégias que resultem na permanência de suas concepções tais como, por exemplo; considerar a anomalia apresentada como uma exceção à regra (Hashwen, 1986); estabelecer uma distinção entre as idéias apresentadas na escola - como se elas constituíssem um mundo artificial - e o mundo real e cotidiano de suas idéias (Wittrock, 1986); ou ainda, recusar simplesmente as evidências contrárias às suas idéias (Hashwen, 1986). Em quaisquer dos casos, o sub-sistema de constructos do aluno continua fornecendo a base para a predição de novos eventos, mesmo que algum de seus elementos tenha sido abalado (Kelly, 1963). Acredito que uma das causas disto relacione-se com a própria complexidade e história do sistema de constructos de uma pessoa. Sendo composto de

inúmeros elementos e relações estabelecidas ao longo de muito tempo, parece-me pouco provável que mudanças significativas se processem em função da realização de uma ou duas experiências em sala de aula (Driver, 1983). Foi por esta razão que, como professora, busquei, tanto ou mais intensamente que gerar conflitos, promover condições para que as idéias surgidas em cada momento das discussões fossem sistematizadas pelos alunos de forma a favorecer novas interpretações dos fenômenos então considerados.

Retomando o modelo de mudança conceptual, a segunda condição estabelecida relaciona-se à inteligibilidade da nova concepção, ao fato de o aluno compreendê-la, de atribuir significado à ela e às suas diversas formas de representação. Mesmo acreditando que compreender as proposições do modelo de matéria descontínua possa não ser algo que exija grandes esforços cognitivos - especialmente considerando a possibilidade do estabelecimento de analogias com sistemas mecânicos simples - não posso deixar de considerar a probabilidade de que, para algum aluno, as explicações propostas não tenham fluído claramente a partir das observações experimentais (Driver, 1981). Neste sentido, mesmo que, enquanto professora, eu tenha buscado discutir porque as proposições do modelo são aceitas pela Ciência e explicar como elas se relacionam com outras proposições, relacionadas ou não à Química e na prática ou na teoria (Shulman, 1986), é possível que algum aluno possa não ter atribuído significado a alguma das proposições do modelo. Contudo, a análise dos dados finais, assim como o acompanhamento da participação dos alunos nas aulas que ocorreram entre a discussão do modelo de matéria descontínua e a realização

das atividades finais, pareceu evidenciar que muitos alunos articulavam de forma coerente as proposições do modelo. De qualquer forma, uma outra ressalva merece ser feita. Mesmo que eu assumisse que as proposições do modelo de matéria descontínua eram inteligíveis para os alunos, não seria possível conhecer, em plenitude, o significado que eles atribuíam a elas (Hewson and Thorley, 1989). E isto principalmente em função da utilização de certos termos como "partícula", "espaço", "constituir" e "ocupar", por exemplo, que podem apresentar diferenças de significados caso o contexto seja o da Ciência ou o do senso-comum. Sendo assim, mesmo que um aluno utilizasse esses termos, o significado atribuído por ele poderia divergir daquele aceito pela Ciência e/ou daquele considerado por outros alunos (Molina et al., 1987; Hills, 1989). Parece-me claro, todavia, que a possibilidade de conhecer as concepções dos alunos por vários ângulos, como foi possível tendo em vista a diversidade das solicitações propostas, contribuiu bastante para a remoção da ambigüidade estabelecida em alguns casos.

Para mim, uma das etapas essenciais no processo de construção de idéias é a aceitação das mesmas. Dito nos termos do modelo de mudança conceptual, é necessário que a nova concepção seja plausível para o indivíduo, isto é, que ele perceba que ela é válida no seu sistema de crenças, que é consistente com suas crenças metafísicas e comprometimentos epistemológicos fundamentais (Posner et al., 1982). Como destacado por Hewson (1981), essas crenças metafísicas estão freqüentemente implícitas e, geralmente, o indivíduo as mantém inacessíveis a articulações. Como decorrência

desta natureza, elas podem se constituir em barreiras à compreensão de novas idéias. Considerando a abstração do modelo de matéria descontínua e o sistema de crenças que se faz necessário para a sua sustentação, acredito que a questão da plausibilidade tenha sido o maior problema enfrentado pelos alunos ao longo de todo o processo. De fato, como discutido anteriormente, a transposição da mecânica Newtoniana ao nível da constituição da matéria implica na aceitação de concepções (como o espaço ilimitado e a ocorrência do movimento retilíneo com velocidade constante) que são contra-intuitivas em função de não serem passíveis de observação direta em nosso universo cotidiano. Sendo assim, torna-se completamente justificável a resistência, demonstrada pelos alunos durante as discussões, em aceitar que os espaços entre as partículas fossem vazios (e não cheios de ar) e que as partículas pudessem se movimentar independentemente da ação de qualquer agente externo (principalmente quando o material que elas constituíam estava no estado sólido). Com o passar do tempo, é provável que muitos alunos não tenham conseguido ultrapassar esta barreira, o que está em concordância com a observação de que nas atividades finais vários alunos não empregaram em suas representações ou explicações as idéias de espaço vazio e movimento das partículas.

A questão da percepção da utilidade da nova concepção teve, a meu ver, sua influência diminuída em relação à aprendizagem do tópico em questão. Isto porque, observando o comportamento e as dúvidas dos alunos, pareceu-me que muitos deles até percebiam a validade de utilizarem o modelo de matéria descontínua na explicação de fenômenos como a dissolução, mas, pessoalmente, não

acreditavam na veracidade do modelo. O caso da aluna Silvia ilustra perfeitamente esta situação.

Em decorrência de motivos como os explicitados acima, torna-se necessário considerar ainda a ocorrência de algo como uma "mudança conceptual aparente". Tal aspecto foi destacado na literatura (Strike and Posner, 1985; Pines and West, 1986; White and Gunstone, 1989) como consequência da tentativa, por parte dos alunos, de escapar de todas as implicações de uma nova concepção e de reconciliá-la com crenças existentes. Como resultado deste processo ocorreria uma compartimentação do conhecimento formal fazendo com que o sistema do conhecimento formal e o verdadeiro sistema de crenças de cada aluno coexistissem em sua estrutura cognitiva sem que relações diretas fossem estabelecidas entre eles - o que evitaria dissonâncias intoleráveis. Sendo assim, é possível ainda que alguns alunos estivessem utilizando o modelo de matéria descontínua em suas manifestações sem que seu sistema inicial de crenças tivesse sido alterado. Para mim, isto pode ser interpretado como uma consequência do fato de a construção de conhecimentos ser um processo. Nesse sentido, a ocorrência de modificações nos sistemas de constructos das pessoas que conduzam a novas interpretações do mundo não é abrupta. Como destacado em Posner et al. (1982), é possível se pensar na mudança conceptual como um ajustamento gradual, com cada novo ajustamento preparando o campo para ajustamentos adicionais. O próprio trabalho de alguns filósofos contemporâneos, como Toulmin, destaca que "concepções globais nunca são substituídas de uma vez, mas gradualmente,

através de modificações em conceitos particulares" (Nussbaum, 1989).

CAPITULO 5 . DO QUE FICOU DO "NOSSO AMOR"

A aceitação das considerações atinentes à ocorrência gradual da mudança conceptual implica, a meu ver, no reconhecimento de uma das limitações deste trabalho. Mesmo considerando que ele envolveu todo um semestre letivo, acredito que, para que conclusões mais contundentes pudessem ser atingidas, mais tempo seria necessário. É possível, por exemplo, que com o estudo de tópicos como reação química ou equilíbrio químico, novas modificações se processassem. Julgo importante considerar também que o sub-sistema de constructos dos alunos relativo à constituição da matéria poderia ser evocado na explicação de situações do seu mundo cotidiano e que o sistema pessoal de crenças metafísicas de cada aluno também poderia, ao longo do tempo, transformar-se. Ambos os fatos poderiam conduzir à reconciliação de outras idéias. Como destacado pelo próprio Kelly, para ser efetivo na antecipação de eventos, o sistema de constructos de uma pessoa tem que apresentar uma certa regularidade, que poderia ser inferida a partir da repetição de algumas características passíveis de serem abstraídas de diferentes eventos e conduzidas intactas ao longo do tempo (Kelly, 1963). De qualquer forma, torna-se essencial relevar que, em função de aspectos como estes, não acredito que as concepções

expressas pelos alunos nas atividades finais representassem, de forma completa e absoluta, o sub-sistema de constructos resultante dos processos de ensino e aprendizagem do modelo de matéria descontinua.

Entretanto, em termos de limitações do trabalho, o aspecto que mais me chama a atenção reside na forma de expressão dos alunos predominantemente considerada neste processo. Mesmo que trabalhos realizados por importantes pesquisadores da área (como Brook et al., 1984) tenham validado a realização de testes escritos (em relação a entrevistas) como um instrumento capaz de refletir idéias de alunos de escolas secundárias, pude perceber, ao longo da interação com os alunos, que muitas das idéias que eles defendiam não eram totalmente expressas nas atividades escritas, ou mesmo nas representações propostas. As próprias dúvidas acerca das divergências de concepções expressas nas representações por desenhos e nas explicações não foram totalmente sanadas ao longo do processo.

Contudo, é a partir da consideração dos aspectos de inteligibilidade e plausibilidade das concepções que, para mim, emerge a limitação mais séria dos dados escritos no estudo da possível ocorrência de mudança conceptual. Como discutido anteriormente, mesmo que as afirmativas de um aluno pareçam demonstrar que uma determinada concepção é plausível para ele, o significado de muitas das palavras ou expressões não são freqüentemente explicitados quando a forma de expressão utilizada é a escrita. Nas discussões tive oportunidade de, em vários momentos,

questionar o significado de expressões usadas pelos alunos, o que resultou numa melhor compreensão de suas idéias.

Em termos de plausibilidade, considero que, a partir dos dados escritos, somente inferências possam ser feitas, uma vez que foram raras as vezes onde algum aluno escreveu algum tipo de comentário que relacionasse diretamente as concepções "científicas" que ele expressava com seu sistema pessoal de crenças. Considerando a idiossincrasia de comentários desta natureza e a necessidade de que eles sejam muito bem justificados e articulados com outras idéias recorrentes, acredito que não seria fácil elaborar alguma questão nesta direção. E, mesmo que tal dificuldade fosse superada, não creio que as respostas obtidas refletissem, de forma confiável e completa, o pensamento dos alunos em função, justamente, da necessária articulação de idéias que, neste âmbito, não tenho encontrado freqüentemente entre alunos de escolas secundárias.

Não obstante a consideração de aspectos como esses, a recorrência a atividades escritas foi, sem dúvida, necessária, tendo em vista a proposição do problema de pesquisa como envolvendo os processos de ensino e aprendizagem como ocorriam em sala de aula. E este foi, a meu ver, um dos pontos mais relevantes deste trabalho: evidenciar a possibilidade de o próprio professor realizar pesquisas em sua sala de aula envolvendo todos os alunos e que possam influenciar de forma decisiva na condução do processo de ensino de forma a buscar favorecer a aprendizagem.

Julgo importante destacar também que o envolvimento com esta pesquisa influenciou, sobremaneira, a minha prática docente, na medida em que favoreceu o desenvolvimento de habilidades tais

como as de ser sensível aos detalhes explícitos ou implícitos nas manifestações dos alunos; ser capaz de organizar as idéias e dúvidas de vários alunos e, em função disto, decidir que estratégias adotar na condução do processo e ser capaz de promover condições para que os próprios alunos sistematizem suas idéias - que, para mim, constituem-se em atributos, não únicos, mas essenciais da prática de um professor que acredita numa posição filosófica construtivista de vida.

DO QUE FOI UTILIZADO NA FUNDAMENTAÇÃO DAS MINHAS IDÉIAS

- BERKHEIMER, G.D., ANDERSON, C.W. and BLAKESLEE, T.D., 1988, Using a new model of curriculum development to write a matter and molecules teaching unit, Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research on Teaching, Lake Ozark.
- BROOK, A., BRIGGS, H. and DRIVER, R., 1984, Aspects of Secondary students' understanding of the particulate nature of matter, Centre for Studies in Science and Mathematics, University of Leeds, Leeds.
- BRUMBY, M.N., 1979, Problems in learninh the concept of natural selection, Journal of Biological Education, 13(2), 119-122.
- CHAMPAGNE, A.B., KLOPPER, L.E. and GUNSTONE, R.F., 1982, Cognitive research and the design of Science instruction, Educational Psychologist, 17(1), 31-53.

- CHAMPAGNE, A.B., GUNSTONE, R.F. and KLOPPER, L.E., 1985, Instructional consequences of students' knowledge about physical phenomena in WEST, L.T. and PINES, A.L. (eds), Cognitive Structure and Conceptual Change, Academic Press, Inc., Orlando.
- COSGROVE, M. and OSBORNE, R., 1981, Physical Change, Working paper n^o 26, Learning in Science Project, University of Waikato, Hamilton.
- COSGROVE, M. and OSBORNE, R., 1985, Lesson frameworks for changing children's ideas in OSBORNE, R. and FREYBERG, P. (eds), Learning in Science, Heinemann Publishers, Auckland.
- CROSLAND, M.P. (ed), 1971, The Science of Matter, Penguin Books Ltd., Harmondsworth.
- DOW, W.M., AULD, J. and WILSON, D., 1978, Pupils' concepts of gases, Dundee College of Education, Dundee, cited in DRIVER, R., 1985, Beyond Appearances: The conservation of matter under physical and chemical transformations, in DRIVER, R., GUESNE, E. and TIBERGHEIN, A., (eds), Children's Ideas in Science, Open University Press, Milton Keynes.
- DRIVER, R., 1981, Pupils' alternative frameworks in Science, European Journal of Science Education, 3(1), 93-101.

- DRIVER, R., 1983, The Pupil as Scientist?, Open University Press, Milton Keynes.
- DRIVER, R., 1985, Beyond Appearances: the conservation of matter under physical and chemical transformations, in DRIVER, R., GUESNE, E. and TIBERGHIE, A. (eds), Children's Ideas in Science, Open University Press, Milton Keynes.
- DRIVER, R., 1986, Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos, Enseñanza de las Ciencias, 4(1), 3-15.
- DRIVER, R. and EASLEY, J., 1978, Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent Science students, Studies in Science Education, 5, 61-84.
- DRIVER, R. and ERICKSON, G., 1983, Theories-in-Action: some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in Science, Studies in Science Education, 10, 37-60.
- DRIVER, R. and BELL, B., 1986, Student's thinking and the learning of Science: a constructivist view, The School Science Review, 67(240), 443-456.
- DRIVER, R. and OLDHAM, V., 1986, A constructivist approach to curriculum development in science, Studies in Science Education, 13, 105-122.

- ENCISO, E., LLORENS, J.A. and SENDRA, F., 1987, La introducción al modelo corpuscular de la materia - un estudio evolutivo, Enseñanza de las Ciencias, Numero extra, 183-184.
- ERICKSON, G.L., 1980, Children's viewpoints of heat: a second look, Science education, 64(3), 323-336.
- FELDSINE, J.E.Jr., 1987, Distinguishing student misconceptions from alternative frameworks through the construction of concept maps, in NOVAK, J.D. (ed), The Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Cornell University, Ithaca, Vol. I, 176-180.
- GILBERT, J.K., 1982, A constructivist approach to Chemical Education, Paper presented at the Annual Congress of the Royal Society of Chemistry, University of Aston, Birmingham.
- GILBERT, J.K., OSBORNE, R.J. and FENSHAM, P.J., 1982, Children's Science and its consequences for teaching, Science Education, 66(4), 623-633.
- GONZALEZ, G.C., BLANCO, I.A. y MARTINEZ, O.J.M., 1989, Nivel de apropiación de la idea de discontinuidad de la materia en alumnos de Bachillerato - Implicaciones didácticas, Enseñanza de las Ciencias, 7(2), 126-131.

- GUNSTONE, R.F., CHAMPAGNE, A.B. and KLOPPER, L.E., 1981, Instruction for understanding: a case study, The Australian Science Teachers Journal, 27(3), 27-32.
- GUNSTONE, R.F. and WATTS, M., 1985, Force and motions in DRIVER, R. GUESNE, E. and TIBERGHIEN, A. (eds), Children's Ideas in Science, Open University Press, Milton Keynes.
- HAPPS, J., 1980, Particles, Working paper n^o 18, University of Waikato, Hamilton.
- HASHWEN, M.Z., 1986, Toward an explanation of conceptual change, European Journal of Science Education, 8(3), 229-249.
- HEWSON, M.G.A'B., 1986, The acquisition of scientific knowledge: analysis and representation of student conceptions concerning density, Science Education, 70(2), 159-170.
- HEWSON, M.G. and HEWSON, P.W., 1983, Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on Science learning, Journal of Research in Science Teaching, 20(8), 731-743.
- HEWSON, P.W., 1981, A conceptual change approach to learning Science, European Journal of Science Education, 3(4), 383-396.

HEWSON, P. and HEWSON, M., 1988, An appropriate conception of teaching Science: a view from studies of Science learning, Science Education, 72(5), 597-614.

HEWSON, P.W. and THORLEY, N.R., 1989, The conditions of conceptual change in the classroom, International Journal of Science Education, 11(5), 541-553.

HIBBARD, K.M. and NOVAK, J.D., 1975, Audio-tutorial elementary school Science instruction as a method for study of children's concept learning: particulate nature of matter, Science Education, 59(4), 559-570.

HILLS, G.L., 1989, Students' "untutored" beliefs about natural phenomena: primitive Science or commonsense?, Science Education, 73(2), 155-186.

JOHANSON, B., MARTON, F. and SVENSSON, L., 1985, An approach to describing learning as change between qualitatively different conceptions, in WEST, L.T. and PINES, A.L. (eds), Cognitive Structure and Conceptual Change, Academic Press, Inc., Orlando.

KELLY, G.A., 1963, A Theory of Personality - The Psychology of Personal Constructs, W.W. Norton & Company Inc., New York.

- MARIMON, M.M., 1986, Ciencia y construccion del pensamiento, Enseñanza de las Ciencias, 4(1), 57-63.
- MILLAR, R., 1989, Constructive criticisms, International Journal of Science Education, 11(5), 587-596.
- MILLAR, R. and DRIVER, R., 1987, Beyond Process, Studies in Science Education, 14, 33-62.
- MITCHAEAL, A.C. and KELLINGTON, S.H., 1982, Learning difficulties associated with the particulate theory of matter in Scottish Integrated Science Course, European Journal of Science Education, 4(4), 429-440.
- MOLINA, L.A.L., CASTELLA, R.L. y LOREN, M.C.J., 1987, El uso de la terminologia cientifica en los alumnos que comiezan el estudio de la Quimica en la enseñanza media. Una propuesta metodologica para sus analisis, Enseñanza de las Ciencias, 5(1), 33-40.
- NOVAK, J.D., 1981, Uma Teoria de Educação, Pioneira, São Paulo.
- NOVAK, J.D., 1987, Human constructivism: toward a unity of psychological and epistemological meaning making, in NOVAK, J.D. (ed), The Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Cornell University, Ithaca, Vol. I, 349-360.

NOVAK, J.D., 1988a, Constructivismo humano: un consenso emergente, Enseñanza de las Ciencias, 6(3), 213-223.

NOVAK, J.D., 1988b, Learning science and the Science of Learning, Studies in Science Education, 15, 77-101.

NOVICK, S. and NUSSBAUM, J., 1978, Junior High School Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: an interview study, Science Education, 62(3), 273-281.

NOVICK, S. and NUSSBAUM, J., 1981, Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross-age study, Science Education, 65(2), 187-196.

NUSSBAUM, J., 1979, Children's conceptions of the earth as a cosmic body: a cross-age study, Science Education, 63(1), 83-93.

NUSSBAUM, J., 1985, The particulate nature of matter in the gaseous phase, in DRIVER, R., GUESNE, E. and TIBERGHEIN, A. (eds), Children's Ideas in Science, Open University Press, Milton Keynes.

NUSSBAUM, J. 1989, Classroom conceptual change: philosophical perspectives, International Journal of Science Education, 11(5), 530-540.

- NUSSBAUM, J. and NOVICK, S., 1981, Brainstorming in the classroom to invent a model: a case study, School Science Review, 62(221), 771-778.
- NUSSBAUM, J. and NOVICK, S., 1982, Alternative frameworks, conceptual conflict and accomodation: toward a principled teaching strategy, Instructional Science, 11, 183-200.
- OSBORNE, R. and WITTRICK, M.C., 1983, Learning Science: a generative process, Science Education, 67(4), 489-508.
- OSBORNE, R. and FREYBERG, P., 1985, Learning in Science - The Implications of Children's Science, Heinemann Publishers, Auckland.
- OSBORNE, R. and WITTRICK, M., 1985, The generative learning model and its implications for Science Education, Studies in Science Education, 12, 59-87.
- PINES, A.L. and WEST, L.H.T., 1986, Conceptual understanding and Science learning: an interpretation of research within a sources-of-knowledge framework, Science Education, 70(5), 583-604.
- POPE, M. and GILBERT, J., 1983, Personal experience and the construction of knowledge in Science, Science Education, 67(2), 193-203.

- POPE, M. and GILBERT, J., 1985, Theories of learning: Kelly, in OSBORNE, R. and GILBERT, J. (eds), Some Issues of Theory in Science Education, University of Waikato, Hamilton.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. and GERTZOG, W.A., 1982, Accomodation of a Scientific conception: toward a theory of conceptual change, Science Education, 66(2), 211-227.
- PRIETO, T., BLANCO, A. and RODRIGUEZ, A., 1989, The ideas of 11 to 14 years-old students about the nature of solutions, International Journal of Science Education, 11(4), 451-463.
- RENSTRÖM, L., 1987, Pupils' conception of matter - a phenomenography approach, in NOVAK, J.D. (ed), The Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Cornell University, New York, Vol. III, 398-414.
- SCOTT, P., 1987, The process of conceptual change in Science: a case study of the development of a secondary pupils' ideas rellating to matter, in NOVAK, J.D. (ed), The Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Cornell University, New York, Vol. II, 404-419.

- SEBASTIA, J.M., 1989, Cognitive constraints and spontaneous interpretation in Physics, International Journal of Science Education, 11(4), 363-369.
- SELLEY, N.J., 1982, Children's understanding of atoms and molecules, Paper presented at the Symposium Chemical Education Research - Implications for Teaching, University of Aston, Birmingham.
- SHULMAN, L.S., 1986, Those who understand: knowledge growth in teaching, Educational Researcher, 15(2), 4-14.
- SOLIS VILLA, R., 1984, Ideas intuitivas y aprendizaje de las Ciencias, Enseñanza de las Ciencias, 2(1), 83-89.
- STAVY, R., 1988, Children's conception of gas, International Journal of Science Education, 10(5), 553-560.
- STAVY, R. and STACHAEL, D., 1985, Children's ideas about solid and liquid, European Journal of Science Education, 7(4), 407-421.
- STRIKE, K.A., 1987, Toward a coherent constructivism, in NOVAK, J.D. (ed), The Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Cornell University, Ithaca, Vol. I, 481-489.

STRIKE, K.A. and POSNER, G.J., 1985, A conceptual change view of learning and understanding, in WEST, L.T. and PINES, A.L. (ed), Cognitive Structure and Conceptual Change, Academic Press, Inc., Orlando.

TRIVELATO, G.C., 1989, Conservação e Modelo corpuscular - Um Estudo Transversal das Explicações dos Estudantes para Transformações da Matéria, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

WEST, L.H.T., FENSHAM, P.J. and GARRARD, J.E., 1985, Describing the cognitive structure of learners following instruction in Chemistry, in WEST, L.H.T. and PINES, A.L. (eds), Cognitive Structure and Conceptual Change, Academic Press, Inc., Orlando.

WHITE, R.T., 1985, Interview protocols and dimensions of cognitive structure, in WEST, L.H.T. and PINES, L.A. (eds), Cognitive Structure and Conceptual Change, Academic Press, Inc., Orlando.

WHITE, R.T., 1988, Learning Science, Basil Blackwell Ltd., Oxford.

WHITE, R.T. and GUNSTONE, R.F., 1989, Metalearning and conceptual change, International Journal of Science Education, 11(5), 577-586.

WITTROCK, M.C., 1986, Students' thought process, in WITTRO
(ed), Handbook of Research on Teaching, third
Macmillan Publishing Company, New York.

ANEXOS

ANEXO 1

TABELAS DE DADOS

TABELA 1 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA O KITASATO COM O GÁS COLORIDO
ATIVIDADE 1

SISTEMA	REPRESENTAÇÃO			% DE ALUNOS
	IDENTIFICAÇÃO	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	
Inicial	A.1	Recipiente todo pintado		97,5
	A.2		Recipiente cheio de bolinhas	2,5
Final	B.1	Recipiente todo pintado com menor intensidade de cor		75,0
	B.2	Recipiente todo pintado com a mesma intensidade de cor		2,5
	B.3	Pintado na parte de baixo do recipiente		10,0
	B.4	Pintado na parte do recipiente longe da saída		5,0
	B.5	Pintado na parte central do recipiente		2,5
	B.6	Pintado no lado da saída do recipiente		2,5
	B.7		Menor quantidade de bolinhas espalhadas em todo o volume do recipiente	2,5

TABELA 2 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DO GÁS COLO
ATIVIDADE 1

REPRESENTAÇÕES	JUSTIFICATIVAS		ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO UM MODELO DESCONTÍNUO	
A.1 e B.1	<i>O gás estava ocupando todo o espaço do recipiente. Após retirar um pouco o gás ocupou todo o espaço, mas menos cheio e mais claro.</i>		Alexa
	<i>Depois que um pouco do gás foi retirado a coloração ficou mais clara.</i>		A. Cri Cinti Danie Julia Lucia Patri Sissi Tatia
	<i>Quando o vidro foi destampado o gás pode sair e se espalhar pelo ar.</i>		Alexi
	<i>Quando sai um pouco de gás ele fica mais claro porque se espalha.</i>		A. FI
	<i>Quando o gás está em menor quantidade ele se espalha pelo recipiente tentando ocupar o máximo de espaço.</i>		A. Pa
		<i>No início estava espalhado por todo o recipiente pois suas moléculas ficam separadas e em constante movimento. Como foi retirado um pouco de gás, a única coisa que mudou foi que sua cor não está tão densa.</i>	Angel
	<i>Após retirar um pouco de gás o que sobrou se espalhou e ficou menos denso.</i>		Camil
	<i>Depois que foi retirada uma parte, o gás continua espalhado pelo vidro, só que a cor fica mais clara.</i>		Clari Cláud Silvi
	<i>No início o gás ocupou todo o espaço, o que não aconteceu depois.</i>		Dinah
	<i>O gás, mesmo sendo retirado, ocupa todo o lugar (espaço) do recipiente.</i>		Eduar Marce
		<i>Quando o vidro estava cheio as partículas do gás estavam mais juntas. Retirada uma parte do gás as partículas ficaram mais separadas para preencher o vazio.</i>	Elisã Galli
	<i>Como depois de retirado um pouco do gás ele não fica acumulado no fundo do vidro, ele está espalhado.</i>		Flávi
	<i>No segundo caso o gás está menos denso porque foi retirado um pouco de gás e ele precisou se dispersar para preencher o vidro.</i>		Guilh

TABELA 2 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DO GÁS COLORIDO
(continuação) ATIVIDADE 1

REPRESENTAÇÕES	JUSTIFICATIVAS		ALUNOS
	USANDO ATRIBUÍDOS MACROSCÓPICOS	USANDO UM MODELO DESCONTÍNUO	
A.1 e B.1 (continuação)	No início há mais gás no recipiente e depois há menos. No segundo está mais claro pois foi retirado dele uma pequena quantidade, ficando assim menos concentrado. No segundo recipiente o gás está menos denso.		J. Ed Julia L. An Lucia Lucia Patri
A.1 e B.2	Depois de ter retirado um pouco do gás, ele se espalhou tomando conta de todo o recipiente novamente.		Glauco
A.1 e B.3	Porque eu imaginei assim.	No primeiro o gás ocupa todo o espaço porque suas moléculas estão separadas. O segundo ficou assim porque o recipiente foi aberto.	Julia Rita Sorai Mauri
A.1 e B.4	No primeiro recipiente o gás estava prensado porque o vidro estava totalmente fechado. Ao retirar uma parte de gás, ele se espalhou e ficou agitado. Imaginei que no primeiro o ar toma conta do tubo e no segundo uma parte do tubo fica sem ar.		Elien Fábia
A.1 e B.5	Desenhei o segundo desse jeito pois houve esvaziamento de ar.		C. Al
A.1 e B.6	Desenhei com menos gás pois houve escapamento.		L. Fe
A.2 e B.7	No recipiente 2 o ar está bem espalhado e menos colorido.		Márci

TABELA 3 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A PEDRA "POR DENTRO" NA ATIVIDADE 1

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			% DE ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DISCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
C.1	Desenho todo pintado			32,5
C.2	Só o contorno			2,5
D.1		Desenho com contornos concêntricos		15,0
D.2		Desenho todo dividido em partes		5,0
D.3		Pontinhos		2,5
D.4		Bolinhas separadas por espaços pequenos		5,0
D.5		Bolinhas unidas por traços formando uma rede		2,5
D.6		Bolinhas de tamanhos diferentes bem unidas		2,5
D.7		Bolinhas bem unidas		2,5
A.1			Desenho todo pintado com alguns riscos mais fortes	15,0
A.2			Contorno com alguns riscos	5,0
A.3			Desenho todo pintado com alguns pontinhos	2,5
A.4			Desenho pintado com parte central em branco	2,5
A.5			Desenho com partes pintadas e partes em branco	2,5
A.6			Contorno com pontinhos e bolinhas	2,5

TABELA 4 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA PEDRA NA ATIVIDADE 1

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNO
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTINUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
C.1	A pedra é inteira, dura e maciça. Me sentiria presa, imóvel, totalmente isolada, sem ação nenhuma. Imagino que ela seja igual por dentro e por fora. É bem sólida. Por isso me sentiria bem comprimida, sem nenhuma possibilidade de me mexer. Na pedra eu me sentiria muito só e veria tudo escuro e muito sólido. A pedra afunda pelo seu peso e por ser sólida. Acho que a pedra deve ter umas lascuinhas. Imagino a pedra como se fosse uma massa que se solidificou, ficando cheia de erupções com cores diferentes. A pedra possui algumas falhas dentro dela.		Em branco	Alexa Angel Camil Dinah Flávi Clari Cláud Eduar Elie Lucia Marce Mauri
C.2	Acho que ela tem a mesma forma.			A. Pa
D.1	Acho que a pedra tem camadas com vários tipos de minerais.			A. Cri Cinti Danie Julia Lucia Tatia
D.2	Eu acho que é sedimentar.	Dentro da pedra existem várias pedrinhas pequenas.		Julia Márci
D.3		Pequenas partículas juntas.		A. FI

TABELA 4 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA PEDRA NA
(continuação) **ATIVIDADE 1**

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNO
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
D.4		<i>A pedra tem as moléculas mais juntas. Tem suas moléculas mais juntas por ser um sólido.</i>		C. Alb J. Ed
D.5		<i>É um sólido e suas moléculas estão dispostas de uma forma mais organizada.</i>		Alexi
D.6			<i>Composta de elementos diversos e desordenados.</i>	L. An
D.7		<i>Faz parte do estado sólido onde suas moléculas estão totalmente juntas.</i>		L. Fe
A.1	<i>Imagino que a pedra tenha umas cavidades. A pedra tem cavidades na parte de dentro. Acho que todas as pedras por dentro têm um tipo de veia, ou seja, traços marrons. Dentro da pedra deve ter algumas trincas e manchas por causa da umidade. Porque a pedra é cheia de raízes, traços, etc.</i>		<i>Em branco</i>	ElisS Galli Guilh Lucia Patri Sorai
A.2			<i>Em branco</i>	Julia Rita
A.3			<i>Porque possui pequenas partículas e várias camadas.</i>	Patri
A.4	<i>Porque é um mineral que deve ser compacto e, em alguns casos, oco em algumas partes.</i>			Glauc

TABELA 4 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA PEDRA M
(continuação) **ATIVIDADE 1**

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			AL
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
A.5	<i>Imagino a pedra por dentro assim; está pintado tudo errado porque a pedra não é perfeita, tem lugares ocultos.</i>			Siss
A.6		<i>Acho que a pedra é feita de areia. Assim eu fiz as partículas dentro dela.</i>		Fábi

TABELA 5 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA COMO IMAGINAVAM O GELO "POR DENTRO" NA ATIVIDADE 1

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			% DE ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
C.1	Desenho todo pintado			10,0
C.2	Só o contorno			7,5
D.1		Bolinhas separadas por espaços pequenos		10,0
D.2		Desenhos irregulares separados por algum espaço		5,0
D.3		Pontinhos formando um retângulo		2,5
D.4		Bolinhas unidas três a três e separadas por algum espaço		2,5
A.1			Riscos em direcções variadas	27,5
A.2			Desenho pintado fraco com alguns riscos mais fortes	7,5
A.3			Desenho pintado com riscos e bolinhas espalhados	5,0
A.4			Contorno com riscos na vertical e bolinhas espalhadas	7,5
A.5			Bolinhas separadas por algum espaço e riscos fortes no centro do desenho	2,5
A.6			Desenho todo pintado com algumas bolinhas espalhadas	2,5
A.7			Contorno com pontinhos	2,5
A.8			Contorno com rabiscos e pontinhos	2,5
A.9			Pontinhos, riscos e gotas dentro de um cubo	2,5
A.10			Desenho pintado com alguns espaços heterogêneos em branco	2,5

TABELA 6 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DO GELO NA ATIVIDADE 1

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO ANGLÉIA	
C.1	O gelo deve ser transparente com umas bolinhas dentro. Eu acho que o gelo é igual por dentro e por fora; é formado do mesmo material. O gelo tem riscos como se fossem vasinhos. Se partirmos o gelo a parte de dentro é bem parecida com a de fora.			Elisângela Flávia Galliana Glaucia
C.2	O gelo é maciço por dentro. Acho que ele tem a mesma forma. O gelo boia porque é água.			Alexandre A. Paula Eduardo
D.1		Porque o gelo é um corpo sólido suas moléculas são juntas. O gelo tem as moléculas todas separadas. Todas as moléculas juntas porque se tornou sólido depois que congelou.	Dentro do gelo há substâncias brancas.	Alexis C. Alberto J. Eduardo Nárcia
D.2		No gelo as moléculas da água estão congeladas, mas não são totalmente juntas pois ele se derrete voltando ao estado líquido.	Apesar de ser sólido algumas partes de seu interior são furadas.	L. Felipe Silvia
D.3			Imagino que o gelo tenha umas bolinhas por dentro.	Eliene
D.4	O gelo é a forma mais condensada da água.			L. Antônio

TABELA 6 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DO GELO NA
(continuação) ATIVIDADE 1

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
A.1	Acho que é igual à sua parte exterior. Porque eu já percebi que olhando o gelo perto da luz você vê um monte de riscos. Imaginei o seu interior como se fosse um cristal cheio de trincas e rachaduras. É a água congelada com algumas cavidades no seu interior. O gelo é rachado por dentro. O gelo por dentro é branco.	Moléculas solidificadas. Porque a água tem moléculas, mas como está na forma de gelo elas são mais comprimidas.	Em branco	Danielle Juliana G. Dinah Fábia Juliana Juliano Luciana M. Guilherme Luciana U. Marcelo Maurício
A.2	Ele é transparente e nós podemos ver que é igual por dentro e por fora. O gelo normalmente possui certos riscos mais brancos dentro dele (talvez sejam os gases) e parece não ser totalmente sólido. Os riscos são uns negócios brancos que tem no gelo.			Camila Patricia Sissia
A.3	No gelo eu veria partes sólidas e partes vazias, que são aquelas bolinhas do gelo.		O gelo por dentro são várias bolas de gases por todos os lados, senão ele não boiava. Para mim, o gelo não é totalmente sólido porque se fosse sólido ele afundava.	Cláudia Luciane

TABELA 7 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA COMO IMAGINAVAM A ÁGUA "FORA DENTRO" NA ATIVIDADE 1

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			% DE ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
C.1	Desenho todo pintado			20,0
C.2	Só o contorno de uma gota			2,5
D.1		Pontinhos		12,5
D.2		Bolinhas separadas por algum espaço		10,0
D.3		Bolinhas unidas três a três e separadas por algum espaço		5,0
D.4		Bolinhas bem unidas		2,5
D.5		Desenhos irregulares separados por algum espaço		2,5
D.6		Bolinhas, sendo algumas unidas, com espaços de tamanhos variados entre elas.		2,5
A.1			Ondas	17,5
A.2			Desenho pintado com bolinhas espalhadas	7,5
A.3			Desenho pintado com ondas fortes por cima	5,0
A.4			Ondas e risquinhos	5,0
A.5			Desenho pintado com ondas e pontinhos escuros espalhados	2,5
A.6			Ondas com pontinhos espalhados	2,5
A.7			Desenho pintado com gotas espalhadas	2,5

TABELA 8 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA ÁGUA NA ATIVIDADE 1

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
C.1	A água difere pois ocupa todo o espaço. Eu vejo a água igual por dentro e por fora, pois ela é transparente. Eu acho que a água é igual por dentro e por fora; é formada pelo mesmo material. A água deve ser por dentro como é por fora.		Eu imaginei como seria um pingo d'água com microbios e uma camada líquida envolvendo tudo isso.	Alexandre
				A. Paula
				Camila
				Flávia
				Galliana
			Em branco	Guilherme Juliano
			Imagino a água como se fosse uma substância turva formada por vários gases.	Luciana M.
C.2			Em branco	Eduardo
D.1	Fiz assim porque é transparente.	Água com moléculas. Porque a água tem moléculas.		Danielle
		Água com moléculas transparentes.		Juliana Rita Soraia Tatiana
D.2		É um líquido, por isso suas moléculas estão mais afastadas que no gelo.		Alexis
		Tem suas moléculas dispersas porque elas não têm onde se juntar por não ser sólida.		J. Eduardo
		Água com moléculas.		Juliana G. Luciana U.
D.3	Água: estado tido como normal nas condições da terra.	Moléculas de hidrogênio e oxigênio.		L. Antônio
				Patricia

TABELA 8 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA ÁGUA NA
(continuação) **ATIVIDADE 1**

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
D.4		A água é composta de moléculas.		Marcelo
D.5		As moléculas da água não estão totalmente separadas como no gasoso.		L. Felipe
D.6		Moléculas de hidrogênio e oxigênio.		A. Flávia
A.1	A água é líquida e não impede ninguém de se movimentar. É líquida, por isso me sentiria bem solta e podendo me movimentar. Imagino a água de forma normal, como ela é por fora.		Em branco	Angela Sílvia Clarissa Cláudia Eliene Maurício Sissia
A.2		A água tem moléculas transparentes. A água tem as moléculas menos juntas que as da pedra. É constituída de moléculas.		A. Cristina C. Alberto Cintia
A.3			Porque imagino que tudo fica embacado dentro d'água. A água possui certos micróbios e às vezes é turva.	Glaucia Patricia
A.4	Fiz a água assim porque nunca a vi no microscópio e a imagino assim.		Dentro da água existem vários micróbios	Fábia Nárcia

TABELA 8 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA ÁGUA NA
(continuação) ATIVIDADE 1

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
A.5			<i>A água vista por dentro é turva, transparente e com micróbios por todos os lados.</i>	Luciane
A.6	<i>Acho que é igual à sua parte exterior.</i>			Dinah
A.7	<i>A água deve ser como ela é por fora: transparente.</i>			Elisângela

TABELA 9 . JUSTIFICATIVAS APRESENTADAS PELOS ALUNOS PARA O ESTOURO DOS BALÕES DE BORRACHA NA ATIVIDADE 1

IDENTIFICAÇÃO	JUSTIFICATIVAS		ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	
C.1	<i>O balão fica com excesso de ar.</i>		A. Cristina A. Flávia C. Alberto Cláudia Eduardo J. Eduardo Patrícia Rita Soraia Tatiana
C.2	<i>O balão fica com excesso de ar e chega ao limite de sua elasticidade.</i>		A. Paula Camila Clarissa Cintia Danielle Dinah Elene Fábia Guilherme Juliano Luciana V. L. Antônio
C.3	<i>A pressão do ar de dentro para sair é grande.</i>		Alexis Angela Flávia Juliana L. Felipe Patrícia Sílvia
C.4	<i>O balão perde sua elasticidade.</i>		Juliana G. Luciana M. Luciane Marcelo Márcia Sissia
C.5	<i>O ar preso se expande e o balão perde sua elasticidade.</i>		Alexandre
D.1		<i>As moléculas do ar se juntaram tanto que não coube mais.</i>	Elisângela Galliana
D.2		<i>As paredes do balão não aguentam o atrito com as moléculas do ar que são colocadas lá dentro quando sopramos.</i>	Glaucia
D.3		<i>Se enchermos mais as moléculas do balão não aguentam a pressão.</i>	Maurício

TABELA 6 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DO GELO NA
(continuação) **ATIVIDADE 1**

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
A.4	Porque tem bolhinhas de ar dentro.	Porque tem moléculas solidificadas. Porque a pedra de gelo tem moléculas.		A.Cristina A. Flávia Soraia
A.5		O gelo (água em estado sólido) é constituído de moléculas de água solidificadas.		Cintia
A.6		Moléculas solidificadas.		Tatiana
A.7	Me sentiria sem ação no começo e depois, quando ele começasse a se derreter, eu começaria a me movimentar.			Angela
A.8		Moléculas de hidrogênio e oxigênio, só que congeladas.		Patricia S
A.9		Como a água tem moléculas, eu imaginei que o gelo também.		Rita
A.10	É sólido, mas em alguns lugares existem espaços vazios (bolhinhas).			Clarissa

TABELA 10 . PERCENTAGEM DE ALUNOS QUE MANIFESTARAM CADA TIPO DE CONCEPÇÃO DA MATERIA NA ATIVIDADE 1

MATERIAL	CONCEPÇÃO DE MATERIA		
	CONTINUA	DESCONTINUA	IMPOSSIVEL CLASSIFICAR
Gás colorido	40,0	7,5	52,5
Pedra	52,5	12,5	35,0
Gelo	50,0	35,0	15,0
Água	40,0	35,0	25,0

TABELA 11 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA COMO IMAGINAVAM A ÁGUA EM EBULIÇÃO NA ATIVIDADE 2

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			% DE ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	REPRESENTAÇÃO MACROSCÓPICA	
D.1	Recipiente completamente cheio de pontinhos			2,5
D.2	Bolinhas espalhadas no béquer			2,5
A.1		Bolinhas separadas por espaços e indicação da superfície da água		5,0
A.2		Desenho pintado com algumas bolinhas espalhadas		5,0
A.3		Desenho pintado com algumas bolinhas espalhadas e riscos saindo da superfície		2,5
A.4		Pontinhos ou bolinhas e indicação da superfície com riscos saindo dela		2,5
A.5		Bolinhas separadas por algum espaço, indicação da superfície e do movimento das bolinhas		2,5
A.6		Bolinhas abaixo e acima do risco indicador da superfície		2,5
A.7		Ondas e bolinhas na água com riscos saindo dela (sem indicação de superfície)		5,0
A.8		Ondas com bolinhas espalhadas		5,0
A.9		Bolinhas unidas três a três abaixo de um risco indicador de superfície e região pintada acima dele		2,5
A.10		Ondas		2,5
A.11		Bolinhas abaixo de um risco indicador de superfície e região pintada acima dele		2,5
M.1			Ondas e bolinhas em linhas verticais que explodem na superfície	2,5
M.2			Bolinhas em movimento circular e riscos saindo da superfície	5,0

**TABELA 11 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA COMO IMAGINAVAM A ÁGUA EM
(continuação) EBULIÇÃO NA ATIVIDADE 2**

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			% DE ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	REPRESENTAÇÃO MACROSCÓPICA	
M.3			Ondas e bolinhas saindo do fundo do béquer	2,5
M.4			Rabiscos circulares com maior intensidade nas regiões mais próximas da superfície	2,5
M.5			Sequência de desenhos pintados com menor intensidade de líquido e maior de vapor	2,5
M.6			Riscos verticais acima da superfície	2,5
M.7			Bolinhas e rabiscos indicando movimento mais intenso na superfície	2,5
M.8			Rabiscos circulares, bolinhas mais concentradas embaixo e riscos saindo da superfície	2,5
M.9			Rabiscos circulares intensos e algumas bolinhas	2,5
M.10			Rabiscos circulares e riscos saindo da superfície	2,5
M.11			Ondas e bolinhas abaixo da superfície e riscos verticais acima dela	5,0
M.12			Riscos indicando movimento e riscos circulares saindo do recipiente	2,5

TABELA 12. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA ÁGUA EM EBULIÇÃO NA ATIVIDADE 2

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS		ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
D.1	<i>Imaginei que conforme a água vai esquentando vão-se formando bolhas e estas sobem.</i>		Eliene
D.2	<i>A água está fervendo e com esse calor ela entra em ebulição.</i>		Márcia
A.1	<i>O líquido está passando para o estado gasoso e está com bolhas.</i>	<i>Imagino na água fervendo seus átomos se chocando e as bolhas subindo na água.</i>	Camila C. Alberto
A.2	<i>Quando a água está em ebulição ela começa a ferver em forma de gotículas de vapor e evapora.</i>	<i>Na água fria as partículas estavam juntas e conforme o aquecimento as partículas se separavam e subiam em forma de bolha.</i>	Galliana Rita
A.3	<i>Com o calor a água estava passando de líquido para gasoso, isto é, estava evaporando e saindo fora do béquer. A água estava com bolhas.</i>		Luciana V.
A.4	<i>Está esquentando e formando bolhinhas de ar dentro da água. Uma parte evapora.</i> <i>Quando a água ferve eu percebo que ela fica borbulhando e também sai vapor.</i> <i>A água começa a borbulhar por causa da temperatura alta.</i> <i>Porque aquecendo a água ela começa a borbulhar mostrando que está evaporando.</i> <i>A água estava evaporando porque estava em ebulição.</i> <i>Com a temperatura atingindo o ponto de ebulição da água ela passa a borbulhar e evapora.</i>	<i>Como a água está sendo aquecida suas moléculas estão se separando e depois a água evapora.</i> <i>Quando está em ebulição as moléculas da água começam a aparecer e subir até a superfície e depois evaporam.</i>	A. Flávia Fábia Guilherme Sissia J. Eduardo Juliana Juliana G. L. Antônio Marcelo

**TABELA 12 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA ÁGUA EM
(continuação) EBULIÇÃO NA ATIVIDADE 2**

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS		ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
A.4 (continuação)	<i>Como a água está fervendo está evaporando e formando bolhas. Estas ficam embaixo e depois sobem e estouram na superfície da água.</i>		Maurício
A.5	<i>Está fervendo e formando bolhinhas na água.</i>		A.Cristina
A.6	<i>A água estava borbulhando vapor porque estava fervendo.</i>		Tatiana
A.7	<i>A água em ebulição está virando vapor.</i>	<i>Suas moléculas ficaram muito agitadas, não parava de fazer bolhinhas e a água evaporava, pois a temperatura era elevada.</i>	Angela Danielle
A.8	<i>A água estava cheia de bolhinhas, estava borbulhando porque estava fervendo e as bolhinhas são o "sinal" da evaporação da água.</i>	<i>Quando a água entra em ebulição o vapor sobe e formam-se bolhas. Penso que as moléculas também se agitam.</i>	Dinah Flávia
A.9		<i>No estado líquido as moléculas estão quase juntas. Passando para o gasoso elas ficam bem mais separadas.</i>	L. Felipe
A.10	<i>Quando a água ferve fica com borbulhas porque se aquece com o fogo.</i>		Patricia S
A.11	<i>Começou a formar bolhas que subiam e explodiam na superfície da água.</i>		Silvia
M.1	<i>Com a água fervendo o oxigênio que estava nela se juntou e formou bolhas no fundo do béquer.</i>		Alexandre
M.2	<i>Ao atingir 100 °C começa a ferver e a evaporar. Formam-se bolhas que adquirem um movimento circular.</i>		Cintia

TABELA 12. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA ÁGUA EM EBULIÇÃO NA ATIVIDADE 2
(continuação)

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS		ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
M.2 (continuação)	Na ebulição formam-se bolhas de ar e a água se agita por causa do calor. O nível da água sobe por causa da ebulição.		Luciane
M.3	Desenhei assim porque foi desse jeito que vi o processo acontecer.		Juliano
M.4	Quando a água entra em ebulição formam-se várias bolhas que saem do fundo e vão para a superfície da água.		Luciana M.
M.5	A água vai evaporando, diminuindo sua quantidade e aumentando a quantidade de vapor.		Patricia
M.6	A água foi aquecida e subiu em forma de vapor.		Alexis
M.7	Quando chega perto de 100 °C começa a entrar em ebulição com a formação de pequenas bolhinhas no vidro.		A. Paula
M.8	A água começa a borbulhar no fundo. Depois as bolhinhas começam a subir e toda a água começa a borbulhar e a evaporar.		Clarissa
M.9		A água está fervendo cheia de bolhas e bolinhas. Obs: as moléculas da água também se agitam.	Cláudia
M.10	Ao entrar em ebulição a água começa a apresentar bolhas e a evaporar. Com o tempo, a quantidade de água diminui.		Glaucia
M.11	Porque quando a água ferve formam-se bolhas de vapor d'água e ela sobe, evaporando. Desenhei assim porque imagino a água fervendo com bolhas e evaporando.		Elisângela Soraia
M.12	Aquecida, a substância entra em ebulição e para isto as bolhas surgem.		Eduardo

TABELA 13 . RESPOSTAS DAS QUESTÕES: O QUE PROVOCA A EBULIÇÃO DA ÁGUA? POR QUE? COMO?
- ATIVIDADE 2

REPRESENTAÇÃO	RESPOSTAS		ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
D.1	Ao subir a temperatura a água ferve e entra em ebulição passando para a substância gasosa que é o vapor.		Eliene
D.2	A temperatura. O calor faz com que o líquido entre em ebulição.		Márcia
A.1	A ebulição ocorre através do aquecimento, fazendo com que a temperatura aumente, passando do líquido para o gasoso.	A temperatura elevada a 100 °C porque suas moléculas se chocam com altas temperaturas.	Camila C. Alberto
A.2	O fogo porque há mudança de temperatura e a água começa a ferver, começam a subir gotículas de vapor.	O aumento de sua temperatura (100 °C) porque conforme seu aquecimento as partículas de ar se expandem e sobem em forma de bolha.	Galliana Rita
A.3	O aumento da temperatura. A água contém oxigênio e com o aquecimento o oxigênio tende a ser liberado, saindo em forma de vapor.		Luciana U.
A.4	O fogo aumenta a temperatura fazendo-a ferver. O aquecimento provoca a ebulição porque a água esquenta e sua temperatura começa a subir. Com o aumento da temperatura a água fica mais pesada (excesso de ar na água). Por isso quando ela ferve saem as bolhas de água em forma de ar.	O fogo ferve a água e quando ela já está fervida as moléculas começam a se agitar formando bolhas de ar. O fogo é que provoca a ebulição da água porque transmite calor para ela. As moléculas da água se agitam e aumenta a temperatura. O aquecimento da água. Com a separação das moléculas elas sobem em forma de vapor.	A. Flávia Fábia Juliana G. J. Eduardo Juliana Juliana G.

TABELA 13 . RESPOSTAS DAS QUESTÕES: O QUE PROVOCA A EBULIÇÃO DA ÁGUA? POR QUE? COMO?
(continuação) - ATIVIDADE 2

REPRESENTAÇÃO	RESPOSTAS		ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
A.4 (continuação)	O seu aquecimento, porque a temperatura é modificada.	O aquecimento, pois suas moléculas se expandem tornando-se mais leves. O aquecimento varia conforme as diferentes composições das moléculas. A alta temperatura do fogo faz com que as moléculas se mexam provocando a ebulição e a evaporação. Seu grande aquecimento porque com o aquecimento das moléculas da água ela tende a ferver.	L. Antônio Marcelo Maurício Sissia
A.5	O aumento da temperatura, o calor. Quando ligamos o fogo ele esquenta a água e ela entra em ebulição.		A. Cristina
A.6	Quando chega a 100 °C a água se dilata e o ar se expande.		Tatiana
A.7	O aumento da temperatura. A água contém oxigênio e com o aquecimento ele tende a ser liberado, saindo em forma de vapor.	A água entrou em ebulição porque suas moléculas ficaram agitadas, ou seja, em constante movimento enquanto era aquecida.	Angela Danielle
A.8	O fogo aumenta a temperatura fazendo-a ferver. O fogo. O calor aquece a água fazendo com que sua temperatura aumente fazendo, desta forma, com que a água entre em ebulição. De alguma forma o calor influencia a água.		Dinah Flávia
A.9		O calor artificial que separa as moléculas da água e as transforma em vapor.	L. Felipe
A.10	O aquecimento provoca a ebulição da água porque muda de temperatura.		Patricia S.

TABELA 13 . RESPOSTAS DAS QUESTÕES: O QUE PROVOCA A EBULIÇÃO DA ÁGUA? POR QUE? COMO?
(continuação) - ATIVIDADE 2

REPRESENTAÇÃO	RESPOSTAS		ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
M.1	<i>A ebulição acontece pela alta temperatura a que a água é elevada.</i>		Alexandre
M.2	<i>A alta temperatura provoca a ebulição da água. Como é composta de oxigênio, ao ser aquecida este oxigênio tende a ser liberado e se libera em forma de vapor d'água. É provocada pelo aquecimento excessivo da temperatura. Quando chega a mais ou menos 97 °C ela estará em ebulição porque ao chegar a 100 °C ela vaporiza-se.</i>		Cintia Luciane
M.3	<i>O calor porque aquece a água.</i>		Juliano
M.4	<i>O calor. Ele aquece a água fazendo com que ela chegue até a sua temperatura máxima. A partir daí sua temperatura é constante, a água começa a ferver e chamamos ponto de ebulição.</i>		Luciana M.
M.5	<i>É provocada pela alta temperatura porque a água começa a esquentar e borbulhar devido ao calor.</i>		Patricia
M.6	<i>A ebulição foi feita por causa do aquecimento que se transformou em vapor e subiu pois o ar quente sobe.</i>		Alexis
M.7	<i>O calor retira o ar do local. Assim o oxigênio da água sobe, formando a ebulição e este oxigênio sobe em forma de vapor.</i>		A. Paula
M.8	<i>A elevada temperatura faz com que se formem as bolhas de ar.</i>		Clarissa
M.9	<i>O calor do fogo aquece a água e ela entra em ebulição com a temperatura elevada.</i>		Cláudia
M.10		<i>Com o aquecimento há uma agitação nas moléculas da água e eu acho que é isso que provoca o aparecimento de bolhas.</i>	Gláucia

TABELA 13 . RESPOSTAS DAS QUESTÕES: O QUE PROVOCA A EBULIÇÃO DA ÁGUA? POR QUE? COMO?
(continuação) - ATIVIDADE 2

REPRESENTAÇÃO	RESPOSTAS		ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
M.11	<i>O aquecimento da água a uma temperatura de 100 °C, porque a água ferve e formam-se vapores. É provocada pelo aquecimento da água porque a água fervendo forma bolhas e, com isso, ela vai evaporando.</i>		Elisângela Soraia
M.12	<i>O aquecimento da substância.</i>		Eduardo

TABELA 14 . RESPOSTAS DA QUESTÃO: DE QUE SÃO FORMADAS AS BOLHAS? - ATIVIDADE 2

RESPOSTAS	ALUNOS
água	Alexis C. Alberto Maurício
água no estado gasoso	Glaucia Patricia
água em movimento	Cláudia
água + ar	Angela J. Eduardo Luciana M. Rita
Ar e uma película de água	Clarissa
Ar	A. Paula Dinah Elene Flávia Galliana Guilherme Juliana G. Luciana U. Luciane Silvia Tatiana
Hidrogênio e oxigênio da H_2O	A. Flávia Patricia S. Sissia
Oxigênio	L. Antônio
Oxigênio que se desprende da água	Marcelo
Oxigênio da H_2O em estado gasoso	Cintia
Da dilatação do oxigênio dentro da água	Juliano
Moléculas de H_2O (2 de H e 1 de O) mais separadas	Juliana
Moléculas se separando	L. Felipe
Moléculas mais separadas	Soraia
Vapor	Alexandre
Vapor de água	Camila Elisângela
Substâncias gasosas	Fábia Márcia
Em branco	A. Cristina Danielle Eduardo

TABELA 15 . RESPOSTAS DA QUESTÃO: DE QUE É FORMADO O VAPORE? - ATIVIDADE 2

RESPOSTAS	ALUNOS
Água	Alexis C. Alberto L. Antônio Maurício
Água em forma gasosa	A. Cristina Clarissa Dinah Sílvia
Água em forma de ar quente	Flávia
Água fervendo	Patricia
Água no estado líquido	Glaucia
Água + ar	A. Paula Luciana M. Rita
Ar	Eliene Galliana Luciana V. Tatiana
Ar úmido	Cláudia
Hidrogênio e oxigênio da H_2O	A. Flávia Patricia S. Sissia
Moléculas da água em estado gasoso	Camila
Moléculas de água	Fábia
Moléculas de água quase totalmente separadas	Juliana
Moléculas se separando	L. Felipe
Ajuntamento de moléculas que sobe	Soraia
Substâncias gasosas	Márcia
Da dilatação do oxigênio dentro da água	Juliano
É a bolha "estourada"	J. Eduardo
Em branco	Alexandre Angela Cintia Danielle Eduardo Elisângela Guilherme Juliana G. Luciane Marcelo

TABELA 16 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA O SISTEMA RESULTANTE DA DISSOLUÇÃO DE AÇÚCAR EM ÁGUA NA ATIVIDADE 2

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			% DE ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
C.1	Desenho todo pintado			15,0
C.2	Só indicação da superfície			20,0
C.3	Risco indicando superfície e rabiscos abaixo indicando movimento			5,0
D.1		 separadas por espaços		2,5
D.2		 separadas por espaços.  = água e		
D.3		 = açúcar		2,5
D.3		 onde  = água		
D.4		e  = açúcar		2,5
D.4		 várias vezes		2,5
D.5		Bolinhas unidas três a três e aglomerados com mais bolinhas sem diferenciação		2,5
A.1			Bolinhas separadas por espaços e risco indicando a superfície do líquido	17,5
A.2			Ondas	7,5
A.3			Desenho todo pintado com pontinhos destacados	2,5
A.4			Desenho todo pintado com espalhados	2,5
A.5			Riscos horizontais e pontinhos espalhados no fundo do béquer	5,0
A.6			 onde  = H ₂ O e  = açúcar, abaixo de risco indicador da superfície do líquido	2,5

TABELA 17 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DO SISTEMA RESULTANTE DA DISSOLUÇÃO DO AÇÚCAR EM ÁGUA NA ATIVIDADE 2

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
C.1	A água e o açúcar formam uma mistura homogênea, não mudando sua coloração. A água misturada com o açúcar forma uma mistura homogênea. O açúcar se dilui por completo. A água não se modifica porque o açúcar se dissolveu totalmente nela. A mistura fica homogênea. Desenhei assim porque o açúcar está totalmente diluído na água. Porque o açúcar se mistura com a água e ela fica meio esbranquiçada.			Cláudia Dinah Cintia Glaucia Juliano Sissia
C.2	A água se misturou com o açúcar. O açúcar se dissolveu na água e formou uma mistura homogênea. A água com açúcar ficou transparente porque ele se misturou. O açúcar se desfez ao entrar em contato com a água. Assim, eu só consigo ver a água, que é incolor. O açúcar se dissolveu dentro do béquer com água. O açúcar está totalmente dissolvido. Porque se tornou uma mistura homogênea, pois se eu não soubesse que tinha açúcar + água eu nunca ia imaginar.	A água se misturou com o açúcar e as moléculas se misturaram. Isto porque as moléculas de açúcar se dissolveram na água.		Alexis A.Cristina A. Paula Danielle Guilherme Marcelo Márcia Rita

**TABELA 17 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DO SISTEMA
(continuação) RESULTANTE DA DISSOLUÇÃO DO AÇÚCAR EM ÁGUA NA ATIVIDADE 2**

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
C.3	A água ficou do mesmo jeito porque o açúcar se dissolveu.	O açúcar se misturou com a água. Fica na cor normal, mas por dentro sabemos que há moléculas de açúcar dissolvidas.		Luciane Soraia
D.1		Cada partícula de água está ligada a uma partícula de açúcar.		Eliene
D.2		Como o açúcar se misturou com a água (mistura homogênea), as suas moléculas estão juntas.		Juliana G.
D.3		O açúcar se dissolve na água. Então junta-se uma molécula de água com uma de açúcar.		Clarissa
D.4		As moléculas do açúcar se misturaram com as da água formando uma mistura homogênea.		J. Eduardo
D.5		O desenho mostra as moléculas de água e as de açúcar revelando o intercalamento (mistura) de suas menores parcelas.		L. Antônio
A.1	A água fica meio branhinha porque o açúcar não se dissolveu totalmente.	O açúcar é invisível por fora, porém por dentro suas moléculas estão presentes junto com as da água.	Devem existir partículas invisíveis a olho nu de açúcar, pois ele está dissolvido na água formando uma mistura homogênea.	A. Flávia Angela Camila

**TABELA 17. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DO SISTEMA
(continuação) RESULTANTE DA DISSOLUÇÃO DO AÇÚCAR EM ÁGUA NA ATIVIDADE 2**

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
A.1 (continuação)	Imagino que o açúcar está misturado com a água. Ele está lá, mas nós não conseguimos vê-lo.	As moléculas da água misturadas com as moléculas do açúcar.	Visto por dentro o açúcar não se dissolveu na água. Eu imagino que na água as partículas do açúcar, muito pequenas, fiquem boiando.	C. Alberto Elisângela Flávia Tatiana
A.2	Vejo assim porque penso que o açúcar está disperso na água. O açúcar, quando se mistura com a água, se dissolve totalmente, deixando a água incolor.		Em branco	Eduardo Fábia Patricia S.
A.3	Acho que o açúcar não se dissolveu totalmente, ficando algumas pedrinhas. Quando a água se mistura com o açúcar ele se dissolve e não se enxerga mais os "pontinhos" (açúcar). Água + açúcar = transparente com minúsculos pozinhos.		O açúcar se dissolveu aparentemente, mas no interior da água estão as partículas do açúcar. Se o açúcar foi misturado tem que haver algum resíduo, mesmo que este tenha que ser visto no microscópio.	Galliana Juliana Luciana M. Maurício Patricia

TABELA 17. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DO SISTEMA
(continuação) **RESULTANTE DA DISSOLUÇÃO DO AÇÚCAR EM ÁGUA NA ATIVIDADE 2**

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
A.4		<i>Porque o açúcar foi misturado com a água; então suas moléculas estão juntas em uma só.</i>		Luciane
A.5	<i>Depois de mexer o açúcar se dissolve na água, pois sua quantidade não foi equivalente a de água.</i>		<i>Minúsculas partículas de açúcar dissolvidas na água e outras maiores no fundo do béquer.</i>	Alexandre L. Felipe
A.6	<i>A água se misturou completamente com o açúcar formando uma mistura homogênea.</i>			Silvia

TABELA 18. RESPOSTAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A QUESTÃO: PARA ONDE FOI O AÇÚCAR? - ATIVIDADE 2

RESPOSTAS			ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
Se misturou com a água.			Claudia Danielle Dinah Fábia Glaucia Luciana V. L. Antônio Marcelo Sissia
Se misturou com a água, sumiu.			A. Cristina L. Felipe Márcia
Está misturado com a água, mas ela não vai dissolvê-lo. No repouso vai-se acumular.			Flávia
Se dissolveu na água.	Se misturou com as partículas de água.		Rita
			Alexis A. Paula Camila C. Alberto Clarissa Juliano Maurício Patrícia S. Soraia
Se dissolveu, "derreteu", criando uma só substância líquida.		Se dissolveu e se misturou com o líquido ficando em partículas muito pequenas que não podemos enxergar.	Luciana M.
Se diluiu na água.			Patrícia
			A. Flávia Juliana G. Luciane Tatiana
	Foi para dentro das partículas de água.	Se diluiu na água, suas moléculas se quebraram e se misturaram com a água.	Cintia
	Foi para dentro das moléculas de água, se misturando com elas.		Eliene
			Silvia
	Se juntou com as moléculas de água, se dissolveu.	Foi para o interior da água se misturando com ela. Se dissolveu totalmente.	Galliana
			J. Eduardo

TABELA 18. RESPOSTAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A QUESTÃO: PARA ONDE FOI O AÇÚCAR? -
(continuação) ATIVIDADE 2

RESPOSTAS			ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
<i>Está junto com a água e se a mistura é homogênea, só enxergamos a água.</i> <i>Permanece na água, só que não aparece.</i> <i>Sumiu na água. Continua lá, só que não podemos vê-lo.</i> <i>Evaporou.</i>			Angela Guilherme Juliana Elisângela Eduardo Alexandre
		<i>Em branco</i>	

TABELA 19 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA OS MATERIAIS SÓLIDOS NA ATIVIDADE 3

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			% DE ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
C.1	Desenhos pintados com intensidades diferentes			42,5
C.2	Só o contorno dos bastões			2,5
D.1		Bolinhas separadas por espaços diferenciados em cada material		42,5
D.2		Bolinhas pintadas separadas por espaços diferenciados em cada material		2,5
D.3		Desenhos quadriculados		2,5
D.4		Quadrados no cobre, retângulos no ferro e pontinhos no alumínio, todos separados por algum espaço		2,5
A.1			Riscos diferentes na representação de cada material	2,5

TABELA 20 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DOS DIFERENTES MATERIAIS SÓLIDOS NA ATIVIDADE 3

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
C.1	Cada um possui densidade diferente, isto é, cada um tem sua própria quantidade de massa Porque são materiais diferentes, cada um tem a sua massa. Cada sólido tem uma densidade. Eles são diferentes. O alumínio é o mais leve por ser o mais "fino". São materiais diferentes.	Eu imagino que tenha a formação de mais moléculas.	Em branco São materiais diferentes, por isso há diferenças. A substância do cobre é mais grossa. No sólido mais denso a força de coesão é maior que a de repulsão.	Alexandre Elene Elisângela Galliana Márcia A. Flávia Angela Clarissa Cláudia Silvia Sissia Fábia Glaucia Guilherme Marcelo Patricia S Soraia
C.2		O cobre comporta mais massa num espaço menor que os outros. Ele é mais denso nas suas moléculas.		Camila
D.1	Porque são formados de materiais diferentes.	Quanto mais juntas estão as moléculas, mais o sólido é pesado. Possuem estruturas moleculares diferentes. No cobre as moléculas estão mais juntas e isto faz com que fique mais pesado.	Em branco	Alexis J. Eduardo L. Felipe Maurício A. Cristina Flávia A. Paula C. Alberto Dinah Cintia Danielle Juliana G. Luciana V. Tatiana

TABELA 20. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DOS DIFERENTES MATERIAIS SÓLIDOS NA ATIVIDADE 3
(continuação)

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
D.1 (continuação)			<i>As substâncias que compõem cada bastão se apresentam umas mais comprimidas que as outras.</i>	Luciana M. Luciane
D.2			<i>As substâncias que compõem cada bastão se apresentam de diferentes formas, umas mais comprimidas que as outras.</i>	Patricia
D.3		<i>O cobre tem mais moléculas.</i>		Juliana
D.4			<i>Em branco</i>	Rita
A.1			<i>Cada um tem um peso decorrente de sua composição.</i>	Juliano

TABELA 21 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA OS MATERIAIS LÍQUIDOS NA ATIVIDADE 3

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			% DE ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
C.1	Desenhos pintados com intensidades diferentes			17,5
C.2	Desenhos pintados sem diferença nas intensidades			2,5
D.1		Bolinhas separadas por espaços diferenciados em cada material		27,5
D.2		Bolinhas pintadas separadas por espaços diferenciados em cada material		2,5
A.1			Ondas	2,5
A.2			Riscos diferentes em cada sistema	2,5
A.3			Bolinhas na representação do óleo e rabiscos nas dos outros materiais	2,5
A.4			Em branco	42,5

TABELA 22. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DOS DIFERENTES MATERIAIS LÍQUIDOS NA ATIVIDADE 3

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
C.1	<i>Por causa da densidade (quantidade).</i> <i>O mercúrio é mais pesado e mais denso, por isso também comporta mais massa num espaço menor.</i> <i>Cada um tem uma densidade.</i> <i>Pela intensidade de cada líquido.</i>		<i>Em branco</i>	Alexandre Camila Elieze Elisângela Galliana Marcelo Márcia
C.2	<i>O mercúrio por ser metal é o mais pesado. Como o cobre, ele tem mais massa.</i>			Flávia
D.1	<i>O mercúrio é o mais pesado.</i>	<i>A estrutura molecular é diferente. Moléculas mais juntas nos líquidos mais pesados.</i> <i>As estruturas moleculares são diferentes umas das outras.</i>	<i>Em branco</i> <i>Como nos sólidos, as substâncias que os compõem também se encontram mais comprimidas.</i>	A.Cristina A. Paula Dinah L. Antônio Cintia Danielle Juliana G. Luciana V. Tatiana Guilherme Luciane
D.2			<i>Como nos sólidos, as substâncias que as compõem também se encontram mais comprimidas.</i>	Patricia
A.1	<i>O mercúrio é mais pesado que os dois porque tem muita densidade.</i>			Eduardo

TABELA 22. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DOS DIFERENTES MATERIAIS LÍQUIDOS NA ATIVIDADE 3
(continuação)

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
A.2			<i>Cada um tem uma composição diferente.</i>	Juliano
A.3			<i>Nos líquidos, como nos sólidos, as substâncias que os compõem também se apresentam mais comprimidas que as outras.</i>	Luciana M.
A.4	<i>Cada líquido tem uma densidade.</i> <i>São substâncias diferentes, uma é mais densa que a outra.</i> <i>São substâncias diferentes.</i> <i>Devido à densidade.</i> <i>O mercúrio é mais denso que os outros líquidos.</i>	 <i>Porque possuem número diferente de moléculas.</i> <i>Porque eles possuem moléculas diferentes.</i>		Alexis Angela C. Alberto Clarissa Cláudia Mauricio Silvia Sissia A. Flávia Fábria Glaucia J. Eduardo Juliana Patricia S Rita Soraia L. Felipe

TABELA 23 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A PEDRA "POR DENTRO" NA ATIVIDADE 4

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			% DE ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
C.1	Desenho todo pintado			15,0
D.1		Bolinhas bem agrupadas		17,5
D.2		Bolinhas com pequenos espaços entre elas		15,0
D.3		Desenho de contornos concêntricos		10,0
D.4		Desenho todo dividido em partes heterogêneas		5,0
D.5		Bolinhas unidas por traços formando uma rede		2,5
A.1			Contorno com alguns riscos	12,5
A.2			Desenho todo pintado com alguns riscos mais fortes	10,0
A.3			Desenho todo pintado com alguns pontinhos	5,0
A.4			Contornos concêntricos cheios de bolinhas	5,0
A.5			Quadrado todo dividido com pontinhos espalhados	2,5

TABELA 24. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA PEDRA "POR DENTRO" NA ATIVIDADE 4

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
C.1	<i>Ela é maciça por dentro e não há ar dentro dela. Por isso ela não boia como o gelo.</i> <i>Apresenta maior densidade (é mais pesada).</i> <i>Ela se divide em outra pedra ao quebrarmos.</i> <i>A pedra é compacta, sua densidade vai ser maior. Por isso é mais pesada.</i>	<i>As moléculas na pedra estão juntas e em repouso. A pedra afunda na água pois sua densidade é maior.</i> <i>A pedra é cheia de moléculas; toda substância sólida tem suas moléculas mais juntas.</i>		Alexandre
				Angela
				Dinah
				Eduardo
				Glaucia
				Soraia
D.1	<i>Dos três é o que tem mais massa e é sólido.</i> <i>A pedra é o mais denso dos três, por isso fica no fundo do béquer.</i>	<i>Existem na pedra muitas moléculas. Como ela está no estado sólido, suas moléculas estão bem juntas umas das outras.</i> <i>As moléculas da pedra estão mais "espremidas" e por esse motivo ela é mais pesada e não boia na água.</i> <i>As moléculas se encontram juntas porque a pedra é um sólido.</i> <i>Pois as moléculas no estado sólido são mais juntas.</i> <i>Deve ser formada também por moléculas.</i>		A. Paula
				C. Alberto
				Flávia
				Guilherme
				J. Eduardo
				L. Felipe
				Sílvia

TABELA 24. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA PEDRA "POR DENTRO" NA ATIVIDADE 4
(continuação)

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
D.2	É mais densa que a água e o gelo pois está no fundo da mistura.	A pedra é mais densa que a água, suas moléculas estão mais juntas. Por isso ela fica embaixo. As moléculas da pedra estão bem comprimidas. Por isso ela é super dura e sua densidade é maior que a do gelo. As substâncias sólidas têm suas moléculas mais juntas. Sua densidade é maior que a da água. Dentro da pedra existem outras pedrinhas. É mais pesada, mais dura devido a grande quantidade de massa.		Camila Clarissa Patricia S Juliana L. Antônio Márcia
D.3	A pedra tem várias camadas de minérios.	A pedra é formada por uma estrutura molecular bem unida, sendo assim bem sólida.		A. Cristina Cintia Danielle Luciana V.
D.4		Moléculas juntas, bem unidas. A pedra é sólida porque suas moléculas estão juntas.		A. Flávia Sissia
D.5		As moléculas estão muito próximas umas das outras, mas de uma maneira alinhada e organizada, pois é um mineral, uma rocha sólida.		Alexis
A.1		Porque as substâncias sólidas têm moléculas mais juntas.	É um sólido por inteiro, mas acho que é formada por várias lasquinhas.	Cláudia Eliene

TABELA 24. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA PEDRA "POB DENTRO" NA ATIVIDADE 4
(continuação)

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
A.1 (continuação)	<i>Está no estado sólido.</i> <i>Existem pequenas rachaduras. A pedra parece mais densa que o gelo. É totalmente sólida.</i>		<i>Eu imaginava assim porque ela é feita de vários fragmentos de areia.</i>	Fábia Marcelo Patricia
A.2	<i>É assim que a vejo por dentro.</i>	<i>Imagino que ela tenha umas areias bem juntas por dentro, com pedrinhas pelo meio.</i> <i>Suas partículas estão quase totalmente juntas. Ela tem forma definida, é mais densa que o gelo e não é solúvel na água.</i>	<i>Por dentro ela é cheia de pontinhos, é formada por um material sólido.</i>	Elisângela Galliana Juliano Maurício
A.3		<i>A pedra é mais densa que a água. Portanto suas moléculas estão mais juntas.</i>	<i>É um sólido duro e por dentro existem rachaduras (tipo veinhas) e terra (que a compõe).</i>	Luciana M. Luciane
A.4	<i>Pedra sem ar. Isto faz com que ela fique pesada e sem locomoção.</i>		<i>Porque ela é dividida em camadas.</i>	Juliana G. Tatiana
A.5		<i>As substâncias sólidas têm moléculas mais juntas, por isso a pedra afunda na água.</i>		Rita

TABELA 25 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA O GELO "POR DENTRO" NA ATIVIDADE 4

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			%. DE ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
C.1	Desenho todo pintado			7,5
C.2	Contorno de um cubo quebrado			2,5
D.1		Bolinhas separadas por espaços pequenos		17,5
D.2		Bolinhas unidas duas a duas e separadas por algum espaço		7,5
D.3		Bolinhas separadas por espaços grandes		5,0
D.4		Bolinhas bem unidas		2,5
D.5		Bolinhas isoladas e bolinhas unidas duas a duas e separadas por algum espaço		2,5
D.6		Bolinhas unidas três a três e separadas por algum espaço		2,5
A.1			Desenho pintado com alguns riscos e pontinhos	12,5
A.2			Contorno de um cubo com algumas bolinhas	12,5
A.3			Desenho com riscos horizontais e bolinhas espalhadas	10,0
A.4			Riscos em direções variadas	7,5
A.5			Desenho com riscos horizontais	2,5
A.6			Vazio no centro cercado de bolinhas	2,5
A.7			Contorno com ondas	2,5
A.8			Cubo pintado com bolinhas espalhadas	2,5

TABELA 26. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DO GELO "POR DENTRO" NA ATIVIDADE 4

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
C.1	Acho que é assim porque como é água no estado sólido não tem grande densidade. água em estado sólido.	Suas moléculas estão mais juntas e não estão em movimento. Elas começam a se separar quando o gelo vai derretendo.		Angela Glaucia Juliano
C.2			Ao quebrarmos o gelo forma-se outra pedra de gelo.	Eduardo
D.1		As moléculas estão completamente próximas umas das outras, pois está no estado sólido. As moléculas do gelo são mais comprimidas que as da água, por isso o gelo é duro. Há "bolhinhas" de ar. Porque as substâncias sólidas têm suas moléculas mais juntas. Ele flutua porque sua densidade é menor que a da água. Existem moléculas que compõem a água.	O gelo tem bolinhas solidificadas. Imagino que por dentro o gelo tenha umas bolinhas que não sei o que é e nem como são formadas.	Alexis C. Alberto A.Cristina Clarissa Eliene Juliana Márcia
D.2	É menos denso que a água pois está na superfície da mesma.	É menos denso porque suas moléculas estão separadas. Por isso ele boia. As moléculas estão mais juntas porque elas congelaram.		Camila J. Eduardo L. Antônio

TABELA 26. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DO GELO "POR DENTRO" NA ATIVIDADE 4
(continuação)

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
D.3	<i>O gelo é o menos denso dos três. Possui muito ar dentro dele. Por isso fica em cima.</i>	<i>As moléculas do gelo estão mais comprimidas que as da água. Por isso ele tem maior densidade e é mais duro.</i>		Guilherme Patricia S
D.4		<i>O gelo são as moléculas de água congeladas.</i>		Marcelo
D.5		<i>O gelo tem suas moléculas mais separadas, por isso flutua na água (o gelo é água dura).</i>		Flávia
D.6		<i>O gelo é água no estado sólido, portanto é a mesma composição, mas as moléculas de água estão mais comprimidas.</i>		Stívia
A.1	<i>Imagino que ele é igual à água e com uns rachinhos dentro. Ele flutua por ser menos denso que a água.</i> <i>O gelo é branco por dentro (fica com uns riscos brancos).</i> <i>O gelo por dentro é transparente e em algumas partes ele é mais esbranquiçado. Ele é mais leve.</i>	<i>No gelo as partículas estão mais juntas e ele é denso (mas a pedra é mais).</i> <i>O gelo tem bolinhas. Toda substância sólida tem suas moléculas mais juntas. Flutua porque sua densidade é menor que a da água.</i>		Elisângela Galliana Maurício Sissia Soraia
A.2	<i>É leve e não tem tanta massa quanto a pedra.</i>			A. Paula

TABELA 26 . JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DO GELO "FOR DENTRO" NA ATIVIDADE 4
(continuação)

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
A.2 (continuação)	<i>É derivado da água, porém está no sólido. Em contato com a água retorna ao estado líquido.</i>		<i>Pois todo gelo tem bolinhas e tracinhos porque são substâncias separadas.</i> <i>Todo gelo tem essas bolinhas e risquinhos pois são substâncias separadas.</i> <i>Tem a mesma composição da água, H_2O, mas solidificada. Existe ar lá dentro.</i>	Cláudia L. Felipe Rita Tatiana
A.3	<i>O gelo não é totalmente maciço porque existem pequenas bolhas de ar no seu interior responsáveis pela baixa densidade.</i> <i>Por dentro é cheio de bolinhas porque já que é água congelada ele tem ar por dentro.</i>	<i>Moléculas de hidrogênio e oxigênio congeladas.</i> <i>O gelo flutua na água porque é menos denso que ela. Então suas moléculas estão mais separadas que na água.</i>		Alexandre A. Flávia Luciana M. Luciane
A.4	<i>Imagino assim porque já o peguei e olhei em frente ao sol.</i>	<i>É formado pela solidificação das moléculas da água. O ar encontrado no meio do gelo faz com que ele flutue na água.</i> <i>O meio do gelo parece mais denso, fica mais branco. A água fica comprimida tornando as moléculas mais juntas.</i>		Cintia Patricia Fábia

TABELA 26. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DO GELO "POR DENTRO" NA ATIVIDADE 4
(continuação)

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
A.5		<i>É formado pela solidificação das moléculas de água. O ar encontrado no meio do gelo provoca a flutuação.</i>		Danielle
A.6	<i>O ar (vazio) dentro do gelo faz com que ele flutue na água.</i>			Juliana G.
A.7		<i>É formado pela solidificação das moléculas da água. O ar que existe em seu interior faz com que ele flutue na água.</i>		Luciana U.
A.8			<i>O gelo deve ter a mesma formação que a água, apenas está no estado sólido.</i>	Dinah

TABELA 27 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A ÁGUA "POR DENTRO" NA ATIVIDADE 4

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			% DE ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
C.1	Desenho todo pintado			5,0
D.1		Bolinhas separadas por espaços grandes		22,5
D.2		Pontinhos		5,0
D.3		Bolinhas unidas três a três e separadas por algum espaço		5,0
D.4		Três bolinhas unidas três a três (uma com o símbolo do Oxigênio e duas com o do Hidrogênio) e separadas por algum espaço		2,5
D.5		Bolinhas unidas duas a duas e separadas por espaços menores que os do gelo		2,5
A.1			Desenho pintado com bolinhas espalhadas	10,0
A.2			Ondas com pontinhos ou bolinhas espalhadas	10,0
A.3			Desenho pintado com alguns riscos (ondas) mais fortes	10,0
A.4			Bolinhas abaixo de um risco indicador de superfície	7,5
A.5			Ondas abaixo de um risco indicador de superfície	7,5
A.6			Bolinhas unidas duas a duas e separadas por espaços pequenos abaixo de um risco indicador de superfície	2,5
A.7			Riscos com alguns conjuntos de três bolinhas iguais espalhados	2,5
A.8			Riscos em direções variadas	2,5
A.9			Desenho pintado com bolinhas isoladas e unidas duas a duas espalhadas	2,5
A.10			Em branco	2,5

TABELA 28. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA ÁGUA "FORA DE DENTRO" NA ATIVIDADE 4

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
C.1	<i>Porque é assim que a vejo.</i>	<i>Todas as substâncias líquidas têm suas moléculas mais separadas.</i>		Juliano Soraia
D.1	<i>A água é o segundo elemento mais denso.</i>	<i>Na água, que está no estado líquido, as moléculas estão um pouco mais afastadas umas das outras.</i> <i>As moléculas na água estão mais separadas porque elas sempre estão mais afastadas no líquido.</i> <i>As moléculas da água estão comprimidas, por isso ela é "mole".</i> <i>É formada por moléculas de hidrogênio e oxigênio com suas moléculas mais separadas.</i> <i>Porque toda substância líquida tem suas moléculas mais separadas.</i> <i>As moléculas da água estão menos juntas.</i>		Alexis C. Alberto J. Eduardo Clarissa Danielle Luciana V. Guilherme Juliana Patricia S
D.2		<i>Acredito que há moléculas na água.</i>		Cláudia Rita
D.3		<i>Moléculas de hidrogênio e oxigênio.</i> <i>Formada por moléculas - duas de hidrogênio e uma de oxigênio - mas mais "separadas" que no sólido.</i>		A. Flávia Sílvia
D.4			<i>Pois a constituição da água é H₂O.</i>	Tatiana
D.5	<i>É mais densa que o gelo pois o sustenta em sua superfície.</i>			L. Antônio

TABELA 28. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA ÁGUA "FOR DENTRO" NA ATIVIDADE 4
(continuação)

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
A.1		Suas partículas estão mais separadas que as do gelo. É formada de moléculas mais juntas que no gelo e mais separadas que na pedra. As moléculas estão mais separadas pois estão no estado líquido.	A água é um sólido sem forma. No seu interior encontramos bolhas de ar e microorganismos.	Alexandre Galliana Luciana M. L. Felipe
A.2		A água tem moléculas de oxigênio e hidrogênio. A água é toda formada de moléculas e não apresenta grande densidade. Por dentro é cheia de moléculas microscópicas (por isso não vemos). Tem algumas substâncias (poeira) flutuando. Existem moléculas na água; essas moléculas são formadas de ar.		A. Cristina Dinah Luciane Márcia
A.3	A água é embaçada. A água está no estado líquido. Sua aparência é incolor e sem cheiro.	As moléculas na água estão separadas e em movimento. Água não tem grande densidade, é mais rala, é formada por moléculas.		Angela Eduardo Glaucia Maurício
A.4	Bolinhas de ar na água que saem do fundo, local onde existe o ar.	Está no estado líquido e suas moléculas não estão totalmente juntas. Na água por dentro eu imagino que existam moléculas.		Juliana G. Marcelo Sissia

TABELA 28. JUSTIFICATIVAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS REPRESENTAÇÕES DA ÁGUA "FORA DENTRO" NA ATIVIDADE 4
(continuação)

REPRESENTAÇÃO	JUSTIFICATIVAS			ALUNOS
	USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
A.5	<i>Tem massa, mas não tanto quanto a pedra e o gelo. Imagino assim porque ela é uma substância.</i>		<i>A água também é concentrada, mas não é comprimida como o gelo</i>	A. Paula Fábia Patricia
A.6		<i>A água é mais densa que o gelo, suas moléculas estão mais juntas, por isso ela fica sob o gelo.</i>		Camila
A.7		<i>A água é formada de moléculas de oxigênio e hidrogênio. Está no estado líquido.</i>		Cintia
A.8	<i>Acho que a água é do mesmo jeito que a vemos no béquer.</i>			Eliene
A.9	<i>A água tem a mesma densidade do gelo, mas como o gelo está em menor quantidade, ele flutua.</i>			Flávia
A.10			<i>Em branco</i>	Elisângela

TABELA 29. RESPOSTAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A QUESTÃO: POR QUE SÓLIDOS TEM FORMA DEFINIDA E LÍQUIDOS E GASES NÃO ? - ATIVIDADE 4

RESPOSTAS			ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
Porque os líquidos e os gases podem estar em vários recipientes de formatos diferentes. Eles tomam a forma do recipiente. Os sólidos são concretos, uma coisa sólida. Porque o sólido está solidificado, só ele possui forma. Porque os sólidos sempre são mais pesados; podemos pegá-los na mão porque eles são duros. Porque os líquidos e os gases não estão em uma forma concentrada como os sólidos. Líquidos e gases, como água e fumaça, mudam de forma. Já uma pedra, se você pegar e jogar no chão ela não vai mudar de forma.			Ana Flávia Cláudia Eduardo Eliene Marcelo Sissia
	Porque nos sólidos as moléculas estão bem próximas umas das outras. Porque as moléculas dos sólidos são mais unidas. No líquido e no gasoso as moléculas estão dispersas e nos sólidos estão juntas demais. Sendo assim, os sólidos têm mais massa que os outros. Nos sólidos as moléculas estão sempre juntas. Nos líquidos e nos gases além de não estarem juntas elas estão em constante movimento. Porque nos sólidos as moléculas estão totalmente juntas. Porque no sólido as moléculas estão mais juntas, obtendo uma consistência, uma forma definida. No líquido e no gasoso não há concentração de moléculas.		Alexis Luis Felipe Ana Cristina Ana Paula Angela Carlos Alberto Rita Cintia Danielle

TABELA 29. RESPOSTAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A QUESTÃO: POR QUE SÓLIDOS TÊM FORMA DEFINIDA E LÍQUIDOS E GASES NÃO ? - ATIVIDADE 4 .
(continuação)

RESPOSTAS			ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
	Os sólidos têm suas moléculas comprimidas, então elas param "em pé", ficam com formato definido. Acho que é porque o sólido apresenta maior massa, suas moléculas estão unidas. No sólido as moléculas são mais juntas e é como se elas estivessem "grudadas", unidas, o que não acontece nos líquidos e nos gases. Nos sólidos as moléculas apresentam-se muito juntas e nos líquidos e gases estão bem separadas. Os sólidos possuem suas moléculas bem "grudadinhas", fazendo com que eles sejam duros e tenham uma forma. Nos sólidos as partículas estão super juntas e sua massa fica mais concentrada. Nos líquidos as partículas estão separadas, existindo cavidades não preenchidas. Porque os sólidos têm mais massa que os demais estados. Acho que é devido a disposição das moléculas. Porque tanto as moléculas dos líquidos como as dos gases estão mais separadas. Porque as moléculas dos líquidos e gases não têm consistência pois são separadas. Porque as moléculas do sólido estão juntas. O líquido e o gás não têm forma porque suas moléculas estão se movimentando. Porque suas partículas não são unidas entre si. Nos sólidos suas moléculas estão concentradas (estão juntas). No gasoso e no líquido não há concentração de moléculas (estão separadas).		Clarissa Dinah Elisângela Fábia Flávia Galliana Glaucia José Eduardo Juliana Juliana G. Juliano Luciana V.

TABELA 29. RESPOSTAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A QUESTÃO: POR QUE SÓLIDOS APRESENTAM FORMA DEFINIDA E LÍQUIDOS E GASES NÃO ? - ATIVIDADE 4
(continuação)

RESPOSTAS			ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
	Porque a disposição das moléculas dos elementos líquidos e gasosos permite uma maleabilidade (movimento) entre suas moléculas, o que não ocorre nos sólidos. Nos estados líquido e gasoso as moléculas estão separadas, podendo adquirir qualquer forma. Nos sólidos as moléculas estão mais comprimidas e pela massa ser maior, como os sólidos são duros, então apresentam forma definida. Porque as moléculas da água possuem menos densidade e estão separadas. Sendo assim, ela não pode ter forma definida. Porque as moléculas dos sólidos são mais comprimidas, fazendo com que o sólido fique sólido, isto é, um material pegável. Porque as moléculas dos líquidos e gases são separadas. Os sólidos têm suas moléculas juntas, eles têm consistência. As partículas do sólido estão bem agrupadas. No líquido e no gás os espaços vazios são maiores e suas partículas se movimentam quase que livremente.		Luis Antônio Maurício Patricia Patricia S. Silvia Soraia Tatiana
		Porque a quantidade de massa no sólido é toda concentrada e unida. Nos líquidos e gases não. Porque a quantidade de massa no sólido é concentrada e unida, ficando assim mais densa e dura. No líquido e nos gases não.	Alexandre Márcia Camila

TABELA 29. RESPOSTAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A QUESTÃO: POR QUE SÓLIDOS APRESENTAM FORMA DEFINIDA E LÍQUIDOS E GASES NÃO? - ATIVIDADE 4
(continuação)

RESPOSTAS			ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
		Porque as substâncias que formam os sólidos estão mais concentradas e comprimidas. Isto faz com que as substâncias adquiram formas definidas. Os sólidos possuem maior quantidade de massa que os líquidos e gases. Portanto estas estão mais concentradas, dando-lhes forma. Sólidos apresentam forma definida devido às substâncias definidas porque são bem unidas (suas substâncias).	Guilherme Luciana M. Luciane

TABELA 30 - IDEIAS DOS ALUNOS ACERCA DO NÚMERO DE PARTÍCULAS DE PERMANGANATO DE POTÁSSIO PRESENTES NA SOLUÇÃO MUITO DILUÍDA OBTIDA NA EXPERIÊNCIA 5 - ATIVIDADE 5

RESPOSTAS	ALUNOS
<i>Uma partícula.</i>	Alexandre Camila Eduardo Elieze Flávia Juliana G. Juliano
<i>Cabe mais que uma partícula porque cada partícula é extremamente pequena.</i>	Glaucia Juliana L. Felipe Maurício Soraia
<i>Pela massa de sólido acho que existem muito poucas partículas.</i>	Guilherme
<i>Algumas. Sua massa é menor que 0,000001 gramas.</i>	Cintia
<i>Acho que são poucas partículas.</i>	Márcia Patricia Tatiana
<i>Com este valor de massa - 0,000001 gramas - obtemos várias partículas.</i>	Danielle Elisângela Galliana Luciana H.
<i>São várias as partículas e elas são muito pequenas.</i>	Luciana V.
<i>Muitas partículas.</i>	Alexis A. Flávia A. Paula Angela Clarissa Fábia J. Eduardo Luciane Marcelo Rita Sissia
<i>Milhares de partículas. Elas são muito pequenas.</i>	A. Cristina
<i>Infinitas partículas.</i>	Patricia S. Silvia
<i>Não dá para se definir a quantidade.</i>	C. Alberto
<i>Não se pode definir quantas partículas existem em tal condição pois não se possui o real volume de cada partícula.</i>	L. Antônio
<i>Não dá para calcular o número de partículas pois existem infinitas.</i>	Cláudia Dinah

TABELA 31 . RESPOSTAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A QUESTÃO: POR QUE O VOLUME FINAL DO SISTEMA (80 ML DE ÁGUA + 20 ML DE SAL) É MENOR QUE 100 ML? - ATIVIDADE 5

RESPOSTAS		ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
Porque o sal se dissolveu completamente na água. Quando agitamos o sal se dissolveu e então o volume diminuiu. Porque como existe uma quantidade de ar desprezível entre os grãos de sal, eles ficam muito próximos e, com a água, o volume abaixa. Porque ao agitar o sistema o sal foi se dissolvendo. Porque praticamente não existe ar entre os grãos e eles podem ficar bem próximos. Porque a água foi absorvida pelo sal. Quando o sal foi misturado com a água ela ocupou os espaços com ar entre os grãos de sal; assim uma parte do sal "absorveu" a água.		A. Cristina Luciana V. Cintia Elisângela Galliana Tatiana Eduardo Guilherme Márcia Patrícia Luciane Rita Sissia Marcelo
	Quando as partículas de sal se juntam com as partículas de água o sistema fica mais denso e aumenta a massa. Quando o sal foi misturado à água, ela ocupou os espaços vazios entre suas partículas. Desta forma, uma parte do sal "absorveu" uma parte da água. Porque o sal se dissolveu um pouco na água e as partículas do sal se juntaram com as partículas de água. Quando o sal foi misturado à água, ele ocupou os espaços vazios entre suas partículas. Foi como se uma parte do sal "absorvesse" uma parte da água resultando na diminuição do volume do sistema. Quando as partículas do sal e da água se juntaram, formaram um sistema diferente e mais denso, pois essas partículas juntas ocuparam menos espaço e com mais massa. As partículas do sal preenchem o espaço entre as partículas de água, fazendo com que o volume final diminua. Entre as partículas de sal existem espaços que foram preenchidos pela água, diminuindo o volume da água. Tanto a água como o sal não são formados só de partículas. Existem espaços de ar entre elas que são ocupados quando se misturam.	Alexandre Eliene Alexis A. Paula Clarissa A. Flávia Angela Camila Flávia C. Alberto Cláudia Danielle Luciana M.

TABELA 31 . RESPOSTAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A QUESTÃO: POR QUE O VOLUME FINAL DO SISTEMA (100 ML DE ÁGUA + 20 ML DE SAL) É MENOR QUE 100 ML? - ATIVIDADE 5 (continuação)

RESPOSTAS		ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
	A água preencheu os espaços vazios existentes entre as partículas de sal, diminuindo o volume da água. Quando as partículas de sal se juntaram com as partículas da água, o sal se dissolveu. O sal reteve um pouco de água porque há um espaço entre uma partícula e outra do sal e a água ocupa este espaço. Por isso diminui seu volume. As partículas do sal invadem os espaços entre as partículas da água e assim tornam a mistura menos volumosa. O sal reteve um pouco da água pois existe um espaço entre as partículas do sal.	Dinah Silvia Fábia J. Eduardo Juliana G. Glaucia Juliana Patricia S. L. Antônio L. Felipe Maurício Soraia

TABELA 32 . EXPLICAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A DISSOLUÇÃO DO PERNANGANATO DE POTASSIO EM ÁGUA, ESTANDO O SISTEMA EM REPOUSO - ATIVIDADE 5

EXPLICAÇÕES		ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
A dissolução foi a mistura do permanganato de potássio com a água resultando uma mistura homogênea rosa. A dissolução ocorre porque o permanganato de potássio é solúvel na água. Explico pela expansão das partículas de uma substância qualquer. Certas substâncias, como o permanganato de potássio, se dissolvem facilmente na água à temperatura ambiente. As partículas do permanganato se expandiram e assim ele se dissolveu na água. A substância se dissolveu e se misturou pois ela é solúvel na água.	As partículas das duas substâncias se juntam e formam uma só substância com as duas partículas.	Alexandre
		Alexis Marcelo
		A. Cristina
	As partículas do líquido absorvem as partículas do sólido. Podemos dizer que o sólido se "derrete" no líquido.	A. Flávia J. Eduardo
	Explico pela ocupação dos espaços vazios existentes entre algum componente pelas partículas de outro componente.	A. Paula Sissia
		Angela C. Alberto Claudia Patricia S. Rita Silvia
	As partículas das substâncias se misturam, umas se juntam nas outras. Às vezes umas partículas são eliminadas e formam uma coisa só.	Camila
		Cintia Elisângela
		Clarissa Dinah
	Porque elas foram se movimentando e se expandindo entre os espaços vazios que existiam entre cada uma delas.	Danielle Luciana M.
	O fenômeno da dissolução ocorre quando as partículas de uma ou mais substâncias se misturam entre si.	Eduardo Juliano
	As partículas se juntam unindo-se umas com as outras.	Eliene
	O processo ocorre através da agitação do sistema para que as partículas do líquido absorvam as do sólido. Elas se misturam formando uma só substância.	Fábia
	Acho que as partículas das substâncias se misturam e acabam formando uma só, ou seja, uma se dissolve na outra.	Flávia
		Galliana
	No permanganato de potássio tem partículas e entre elas existem espaços ocupados pela água. Por isso ele se dissolve nela.	Glaucia

TABELA 32 . EXPLICAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A DISSOLUÇÃO DO PERMANGANATO DE POTÁSSIO EM ÁGUA, ESTANDO O SISTEMA EM REPOUSO - ATIVIDADE 5
(continuação)

EXPLICAÇÕES		ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
<i>É devido à solubilidade do permanganato de potássio, que tem capacidade de se dissolver totalmente em água.</i>	<i>Apesar da água estar em repouso, as partículas estão sempre em movimento.</i>	Guilherme
	<i>Porque existem várias partículas no permanganato de potássio e entre suas partículas existe um espaço que é ocupado pela água.</i>	Juliana Soraia
	<i>As partículas se juntam e na maioria das vezes elas se misturam até se juntar em uma só.</i>	Juliana G.
		Luciana V.
	<i>Porque apesar de o líquido estar em repouso, suas partículas e as do sólido estão em movimento entre os espaços.</i>	Luciane
	<i>Quando misturamos substâncias as partículas de cada uma passam a ocupar os espaços vazios existentes entre as partículas da outra. Os espaços variam, variando a possibilidade de haver mistura.</i>	L. Antônio
	<i>O permanganato de potássio se dissolveu pois existe um espaço entre as partículas e a água.</i>	L. Felipe
	<i>Na dissolução as partículas de uma substância se misturam, pois as partículas destas não são fixas.</i>	Márcia
	<i>O permanganato de potássio se dissolveu pois existe um espaço entre as partículas e a água. Mas como ele possui maior densidade, boa parte ficou sem dissolver.</i>	Maurício
	<i>Na dissolução as partículas das substâncias se misturam, pois apesar da água estar em repouso, as partículas estão sempre em movimento.</i>	Patricia
	<i>Na dissolução as partículas das substâncias se misturam, pois elas não são fixas. Elas se espalham, pois estão em constante movimento.</i>	Tatiana

TABELA 33 . EXPLICAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A EBULIÇÃO DA ÁGUA NA ATIVIDADE 6

RESPOSTAS		ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
Ela começa a se evaporar e também há a formação de bolhinhas de ar. Antes da ebulição formam-se bolhinhas. No ponto de ebulição ela começa a borbulhar e a formar vapor d'água, ocorrendo uma mudança de estado. Ela começa a passar para o estado gasoso. O hidrogênio e o oxigênio viram ar. A temperatura se mantém constante até evaporar toda a água. No ponto de ebulição da água (100 °C) ela está passando do líquido para o gasoso. Quando entra em ebulição a água ferve, fica cheia de bolhas e depois vira vapor. Quando entra em ebulição, a água, por ser uma substância composta, forma novas substâncias, como gases por exemplo. Ela muda de estado e transforma-se em vapor. Ela ferve soltando bolhas e vapor. Se continuar sendo aquecida ela se evaporará por completo.	Há um maior movimento das partículas da água e seus espaços vazios aumentam. Surgem os vapores de água pois o ar leve e quente sobe. As partículas vão se separando; obtém-se o vapor ($\Delta\Delta\Delta$) e depois o gás hidrogênio ($\Delta\Delta$) e o gás oxigênio (Δ). Começa a formar bolhas, as moléculas da água vão se separando e os espaços vazios entre elas vão ficando maiores. A água se expande no ar e suas partículas ficam em constante movimento. No líquido também ficavam se movimentando, só que estavam mais juntas umas das outras. Os espaços vazios aumentam e as partículas ficam se movimentando. Suas partículas entram em movimento constante e rápido, se decompondo em outras substâncias pelo aquecimento, já que a água é uma substância composta. Quando a água entra em ebulição suas moléculas entram em pleno movimento, surgindo bolhinhas e vapor. Suas partículas aumentam seu movimento e evaporam-se passando para o gasoso, onde as partículas ficam bem separadas e em movimento constante.	Alexis Alexandre A. Cristina A. Flávia A. Paula Angela Camila C. Alberto Cintia Clarissa Cláudia Marcelo Silvia Soraia Danielle Dinah Eduardo Eliene Elisângela Luciane

TABELA 33 . EXPLICAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A EBULIÇÃO DA ÁGUA NA ATIVIDADE 6
(continuação)

RESPOSTAS		ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
Quando a água entra em ebulição observa-se a formação de bolhas e vapor.	Quando ela entra em ebulição suas moléculas se separam mais e também se movimentam mais rapidamente.	Fábia Gláucia Márcia
Quando ela entra em ebulição aparecem bolhas e ela vai se evaporar, mas continua sendo água. Sua constituição continua a mesma, não ocorrendo a separação dos gases.		Flávia
		Galliana
	As partículas da água aumentam o movimento, passando de líquido para gasoso.	Guilherme
	Os espaços vazios que existem entre as partículas aumentam com a temperatura alta e assim a água vai-se evaporando.	J. Eduardo
	Quando entra em ebulição a água começa a passar do estado líquido para o gasoso e suas partículas vão se afastando.	Juliana
O estado líquido passa para o estado gasoso e começa a ocorrer a sua separação.		Juliana G.
	As suas partículas entram em movimento mais acelerado e começam a aparecer do interior dela bolhas de ar.	Juliano
	A temperatura é aumentada, portanto aumentam os espaços vazios entre as partículas e, conseqüentemente, a movimentação entre elas.	Luciana M.
Não formação de bolhas e fumaça em cima dela. As bolhas começam em volta do recipiente e pequenas. Depois vão aumentando e ficando no meio do recipiente.		Luciana U.
	Com a energia calorífica as partículas da água começam a se movimentar intensamente, aumentando os espaços vazios existentes entre elas.	L. Antônio
Ao entrar em ebulição a água muda aos poucos seu estado líquido para gasoso.		L. Felipe Patrícia S.
Quando começa a evaporar, a água passa do estado líquido para o gasoso, originando outras substâncias (hidrogênio e oxigênio).		Maurício
	Ela começa a evaporar formando bolhas e vapor. As partículas da água durante a ebulição estão bem separadas, fazendo com que ela evapore.	Patrícia
Quando passa do estado líquido para o gasoso a água se expande no ar em forma de bolhinhas de ar.		Rita

TABELA 33 . EXPLICAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A EBULIÇÃO DA ÁGUA NA ATIVIDADE 6
(continuação)

RESPOSTAS		ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
	Quando aquecida há bolhas, pois o ar sobe, ocupa os vazios e a água vai se transformar em vapor. O aquecimento faz com que aumente o movimento entre as partículas.	Tatiana

TABELA 34 . RESPOSTAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS QUESTÕES: DE QUE SÃO FORMADAS AS BOLHAS E O VAPOR? POR QUE? - ATIVIDADE 6

RESPOSTAS	ALUNOS
Partículas de hidrogênio e oxigênio, porque elas formam a água	Alexandre Angela Clarissa Juliano
Pela água que evaporou pois seus espaços são preenchidos por ar, que é vapor quente, ar leve e quente que sobe.	Alexis
Água com ar porque a água ferve e sobem bolhinhas de água com o ar.	A. Cristina
De pequenas partículas que "soltam" na ebulição da água. $\bigcirc \rightarrow \text{ }^{\circ} \text{ }^{\circ}$	A. Flávia
Água + gases (oxigênio e hidrogênio). As bolhas se transformam em vapor, mudando o estado físico.	A. Paula
São formadas pelo mesmo material que a água: hidrogênio e oxigênio. Aparecem porque a água está virando gás.	Camila
De gases.	C. Alberto Sissia
De partículas de hidrogênio e oxigênio que se dilatam formando as bolhas e, conseqüentemente, o vapor.	Cintia
Da própria água e dos gases hidrogênio e oxigênio.	Cláudia
São formadas da água e do ar que existe nos espaços vazios.	Danielle
Da própria água que está fervendo e originando outras substâncias (gases).	Dinah
De ar, porque está ocorrendo a liberação de ar (gás) quando a substância entra em ebulição.	Eduardo Guilherme
De gases hidrogênio e oxigênio que formam a água (H_2O). Estes, quando aquecidos, formam bolhas.	Eliene
Em branco.	Elisângela
São formadas da própria água que muda de estado.	Fábia Galliana Marcelo
Elas são formadas de átomos. Entretanto, os átomos de água e vapor são diferentes no movimento e nos espaços.	Flávia
De ar. Com o aquecimento as partículas se movem com maior rapidez e vão mudando seu estado, aparecendo gases que formam bolhas.	Glaucia L. Antônio
De água.	J. Eduardo L. Felipe
São formados de partículas de água, só que em outro estado físico.	Juliana Sorala
De gás, ou mesmo o oxigênio, que com o aquecimento muda sua temperatura e suas moléculas vão ficando mais agitadas.	Juliana G.
Da própria água, porque elas surgiram a partir da decomposição da água.	Luciana M.
São formados dos gases oxigênio e hidrogênio que compõem a água. Se eles estivessem separados não seria água.	Luciana V.
De uma partícula de água formada por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio.	Luciane
De átomos invisíveis, pois suas partículas são extremamente pequenas.	Márcia
De gases, porque a água em ebulição passa para o gasoso. Eles apresentam a constituição da água.	Maurício
De pequenas partículas, pois tudo que existe é formado de pequenas partículas.	Patricia

TABELA 34 . RESPOSTAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA AS QUESTÕES: DE QUE SÃO FORMADAS AS BOLHAS E O VAPORES? POR QUE? - ATIVIDADE 6
(continuação)

RESPOSTAS	ALUNOS
<i>Das partículas que estão, através do aquecimento, tentando se separar.</i>	Patricia S.
<i>De gás que se forma quando a substância entra em ebulição.</i>	Rita
<i>Da própria constituição da água (oxigênio e hidrogênio), porque não se misturou mais nada na água.</i>	Silvia
<i>São ar que sobe e ocupa os espaços vazios. Especificamente, são formados de oxigênio e hidrogênio.</i>	Tatiana

TABELA 35 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A FORMAÇÃO DA MATEIRA NA ATIVIDADE 6

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
C.1	Desenho todo pintado			Eliene
D.1		Bolinhas muito próximas umas das outras		Alexis A. Flávia A. Paula Angela C. Alberto Clarissa Danielle Elisângela Fábia Flávia Juliana G. Juliano Luciana V. Márcia Rita Sílvia Soraia Tatiana
D.2		Bolinhas praticamente sem espaços entre elas		Cláudia Dinah L. Felipe Marcelo Patrícia S.
D.3		Bolinhas separadas por alguns espaços		Alexandre A. Cristina Camila Galliana
D.4		Bolinhas unidas três a três, separadas por algum espaço e com indicação de movimento		Eduardo Guilherme
D.5		Camadas alternadas de bolinhas, quadrados e triângulos		Cintia
D.6		Bolinhas, quadrados e triângulos misturados		Luciana M.
D.7		Fileiras de bolinhas unidas		J. Eduardo
D.8		Aglomerados com números de bolinhas diferentes		L. Antônio
D.9		Bolinhas de tamanhos diferentes com espaços pequenos entre elas		Sissia
A.1			Contorno com rabiscos	Glaucia Juliana G. Maurício Patrícia
A.2			Desenho pintado com rabiscos espalhados	Luciane

TABELA 36 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A FORMAÇÃO DE UMA GOTA DE ÁGUA NA ATIVIDADE 6

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
D.1		Bolinhas ou quadrados separados por algum espaço		Alexis A. Paula Clarissa Elisângela Flávia Juliana Juliano L. Felipe Marcelo Márcia Patrícia Rita Sílvia
D.2		Bolinhas unidas três a três e separadas por algum espaço		A. Flávia Camila Danielle Fábia J. Eduardo Luciana M. L. Antônio
D.3		Bolinhas unidas três a três, sendo duas pintadas, e separadas por algum espaço		Alexandre Angela C. Alberto Cintia Cláudia Galliana Guilherme Tatiana
D.4		Pontinhos		A. Cristina Eliene
D.5		Bolinhas unidas três a três, sendo duas pintadas, com indicação de movimento		Eduardo
D.6		Quatro bolinhas unidas, sendo duas simbolizando hidrogênio, uma oxigênio e uma água		Juliana G.
A.1			Bolinhas espalhadas em uma gota	Dinah Maurício Soraia
A.2			Desenho pintado com bolinhas destacadas	Luciane Sissia
A.3			Bolinhas unidas duas a duas, sendo uma pintada, espalhadas dentro de uma gota	Patrícia
A.4			Três bolinhas unidas, sendo duas pintadas, inscritas completamente em uma gota	Glaucia

TABELA 37 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A FORMAÇÃO DE UM CUBO DE GELO NA ATIVIDADE 6

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
C.1	Cubo pintado com intensidade variada			Maurício
D.1		Bolinhas separadas por espaços pequenos		Alexis C. Alberto Clarissa Cláudia J. Eduardo Juliana Juliano Patrícia S. Silvia Sissia Soraia
D.2		Bolinhas unidas três a três e separadas por espaços pequenos		A. Flávia A. Paula Danielle Elisângela Flávia Luciana M. Luciana V. Marcelo
D.3		Bolinhas unidas três a três, sendo duas pintadas, separadas por espaços pequenos		Alexandre Angela Cintia Galliana Guilherme Tatiana
D.4		Bolinhas unidas três a três e separadas por espaços maiores que os da água		Camila L. Antônio
D.5		Bolinhas unidas três a três, sendo duas pintadas, com indicação de movimento		Eduardo
D.6		Bolinhas unidas quatro a quatro, sendo duas incolores e duas com marcações diferentes, separadas por espaços pequenos		Juliana G.
D.7		Bolinhas unidas duas a duas, sendo uma pintada, separadas por espaços pequenos		Patrícia
D.8		Bolinhas bem pequenas unidas três a três e separadas por espaços pequenos		Fábia
D.9		Bolinhas unidas duas a duas e separadas por espaços maiores que os da água		L. Felipe

TABELA 37 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A FORMAÇÃO DE UM CUBO DE GELO
(continuação) NA ATIVIDADE 6

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
A.1			Desenho pintado com pontinhos espalhados	Eliene Luciane Rita
A.2			Cubo cheio de bolinhas	Dinah Glaucia
A.3			Riscos e bolinhas	A.Cristina
A.4			Riscos na vertical	Márcia

TABELA 38 . REPRESENTAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A FORMAÇÃO DO GÁS CARBÔNICO NA ATIVIDADE 6

IDENTIFICAÇÃO	REPRESENTAÇÕES			ALUNOS
	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO CONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO DESCONTÍNUA	DEMONSTRANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
C.1	Desenho todo pintado com fraca intensidade			Sissia
D.1		Bolinhas separadas por grandes espaços		Alexandre Alexis A. Paula Camila C. Alberto Clarissa Cintia Danielle Dinah Elisângela Fábia Flavia Galliana Glaucia Juliana Juliana G. Juliano Luciana M. L. Antônio Marcelo Marcia Mauricio Patricia Patricia S Silvia Soraia Tatiana
D.2		Bolinhas unidas duas a duas, sendo uma pintada, separadas por espaços grandes		Angela J. Eduardo L. Felipe
D.3		Bolinhas unidas três a três, sendo duas pintadas, com indicação de movimento		Cláudia Eduardo
D.4		Bolinhas unidas três a três e separadas por espaços grandes		A. Flávia Luciana U.
A.1			Desenho pintado com bolinhas e riscos espalhados	A.Cristina Luciane
A.2			Três bolinhas unidas cheias de pontinhos	Eliene
A.3			Rabiscos irregulares	Rita
A.4			Em branco	Guilherme

TABELA 39. RESPOSTAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A QUESTÃO: POR QUE O CHEIRO DAS FLORES SE ESPALHA? - ATIVIDADE 6

RESPOSTAS			ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBIGUA	
Porque o ar quente esquentado pela luz solar bate contra as flores e sobe carregando consigo o cheiro das flores que, com o vento, se espalha por toda a parte. As substâncias expelidas pela flor se misturam com o ar que se expande espalhando o cheiro.	As partículas do ar estão em constante movimento e as partículas da flor também. Então elas acabam se encontrando e misturando.		Alexandre Flávia Marcelo
			Alexis
	As partículas do cheiro das flores têm espaços entre elas e o ar também tem espaços. Assim, uma se mistura com a outra (ainda existem espaços no sistema final).		A. Cristina Cintia
	Porque a partícula que dá o cheiro preenche o espaço vazio do oxigênio, fazendo assim com que o cheiro se espalhe.		A. Flávia
	Porque as partículas das flores e do ar estão em constante movimento nos espaços vazios entre elas.		A. Paula Danielle Elitene Elisângela
	As moléculas das flores se misturam com as do ar; assim o cheiro se espalha mais fácil.		Angela Juliana G.
	As moléculas dos perfumes das flores se misturam ou se dissolvem nas do ar; assim ele vai passando de uma molécula para outra.		Camila
	Porque ele ocupa os espaços vazios existentes entre as partículas do ar (mas não totalmente) e vice-versa.		C. Alberto
	As partículas que dão o cheiro se espalham pelo ar deixando o cheiro no ambiente.		Clarissa
	No ar as partículas estão separadas. O cheiro liberado pelas flores preenche esses espaços vagos e por isso ele se espalha.		Cláudia Dinah Patrícia S. Eduardo

TABELA 39. RESPOSTAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A QUESTÃO: POR QUE O CHEIRO DAS FLORES SE ESPALHA? - ATIVIDADE 6
(continuação)

RESPOSTAS			ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
	Porque os espaços entre as partículas são muito grandes. Então elas ocupam facilmente os espaços entre as partículas de ar formando um só componente homogêneo. As partículas que existem nas flores vão ocupar alguns dos espaços vazios que existem no ar e se espalhar, pois as partículas do ar estão em constante movimento pelos espaços vazios que são muito grandes.		Fábia
		Em branco	Galliana Glaucia
	O cheiro se espalha através de suas partículas. Porque a planta emite pequenas partículas no ar que vão se misturando com o mesmo até tomarem conta de um lugar em volta delas. As partículas das flores interagem com as partículas do ar, ocupando os espaços vazios existentes entre elas.		Guilherme L. Felipe J. Eduardo
É porque o ar está em constante movimento e então leva o cheiro de um canto a outro. A flor tem cheiro devido à sua formação. As flores liberam substâncias gasosas que estão em constante movimento, fazendo com que elas se misturem com facilidade.			Juliano
			Luciana M.
			Luciana U.
			Luciane
			L. Antônio
	O ar que existe entre as partículas do cheiro das flores está em constante movimento porque as partículas são extremamente pequenas. O ar possui moléculas separadas e o cheiro, em contato com o ar, se une a ele, espalhando-se e tornando-se perceptível.		Márcia
			Maurício

TABELA 39. RESPOSTAS PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A QUESTÃO: POR QUE O CHEIRO DAS FLORES SE ESPALHA? - ATIVIDADE 6
(continuação)

RESPOSTAS			ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	USANDO CONCEPÇÃO AMBÍGUA	
	O ar circula espalhando as partículas do cheiro. As partículas vão se expandindo, espalhando através do ar, e com isso sentimos o cheiro. Os espaços do ar são preenchidos pelas "partículas" do cheiro da flor e vice-versa. Uma completa o espaço "vazio" da outra. $\begin{array}{ccccccc} \Delta & \Delta & + & o & o & = & o \Delta o \\ & \Delta & & o & o & & \Delta o \Delta o \end{array}$ O cheiro se mistura com as partículas e elas, como estão em constante movimento, se espalham entre os espaços vazios existentes no ar. Porque suas moléculas entram nos espaços vazios do oxigênio, se espalhando rapidamente por todo o ambiente. As partículas que caracterizam o cheiro se misturam nas partículas de ar pois são muito pequenas e ocupam os espaços vazios do ar. Por não estarem fixas em nenhuma estrutura, elas se movimentam, aumentando a percepção.		Patricia Juliana Rita Silvia Sissia Soraia Tatiana

TABELA 40 . EXPLICAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A RELAÇÃO ENTRE O AUMENTO DA PRESSÃO EXERCIDA EM UM SISTEMA E A DIMINUIÇÃO DO VOLUME DE GÁS NELE CONTIDO - ATIVIDADE 7

EXPLICAÇÕES		ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
Ao ar que havia dentro da seringa. O ar fica espremido em um espaço que não é suficiente para ele (diminui seu volume); por isso quer sair. O ar diminuiu porque foi pressionado e não tinha por onde sair. Ao pressionar o êmbolo diminui-se o espaço onde o ar estava, diminuindo assim o seu volume. Em branco		A. Flávia Cláudia Flávia J. Eduardo L. Antônio Rita
	Quando o ar sofreu uma grande pressão os espaços existentes entre as partículas diminuíram muito. Parece que a quantidade de ar diminuiu, mas isso não aconteceu. Quanto mais pressionamos o ar menor fica o espaço entre as partículas e menor o movimento. Quando foram comprimidas, as partículas se juntaram mais, diminuindo o espaço entre elas. Pela junção das partículas de gás. O ar ficou comprimido, suas partículas ficaram espremidas na seringa. As partículas ficaram mais próximas, mais comprimidas. Quando pressionamos o ar dentro da seringa, ele diminui seu volume e ao mesmo tempo diminui o movimento das partículas, formando, às vezes, bolhas de água. As partículas de ar ficam bem mais próximas, ocupando um espaço menor. Quando pressionamos o ar da seringa ele diminuiu de volume e ao mesmo tempo diminuiu o volume das partículas. Comprimindo-se o ar as partículas foram tão agrupadas que diminuiu seu movimento. Os espaços entre as partículas diminuem.	Alexandre Alexis C. Alberto Fábia A. Cristina Camila Eduardo Juliano Patrícia A. Paula Dinah Glaucia L. Felipe Angela Clarissa Marcelo Silvia Sissia Cintia Márcia Danielle Guilherme Eliene Elisângela Galliana

TABELA 40 . EXPLICAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A RELAÇÃO ENTRE O AUMENTO DA PRESSÃO EXERCIDA EM UM SISTEMA E A DIMINUIÇÃO DO VOLUME DE GÁS NELE CONTIDO -
(continuação)
ATIVIDADE 7

RESPOSTAS		ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
	<i>O ar foi-se comprimindo, ou seja, suas partículas foram se juntando e assim o ar ficou concentrado.</i>	Juliana
	<i>As partículas vão ser pressionadas, daí elas vão ficar mais juntas e os espaços vazios e os movimentos que existem entre as partículas vão diminuir.</i>	Juliana G.
	<i>As partículas do ar antes de serem comprimidas estavam mais distantes umas das outras. Quando comprimimos elas se juntam, diminuindo os espaços vazios entre elas.</i>	Luciana M. Luciane
	<i>As partículas ficam mais próximas umas das outras, o que deixa o movimento impossível.</i>	Luciana V.
	<i>O ar foi-se comprimindo, ou seja, suas partículas foram se juntando. Assim, o ar ficou concentrado formando, onde o êmbolo estava, um vácuo.</i>	Maurício Patrícia S.
	<i>Pelo ajuntamento (pressionamento) das partículas de ar na seringa.</i>	Soraia
	<i>As partículas vão ficar mais agrupadas e os espaços vazios vão diminuir, diminuindo também o movimento das partículas.</i>	Tatiana

TABELA 41 . EXPLICAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A RELAÇÃO ENTRE O AUMENTO DA TEMPERATURA DE UM SISTEMA E O AUMENTO DO VOLUME DE GÁS NELE CONTIDO - ATIVIDADE 7

RESPOSTAS		ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
Quanto maior for a temperatura, maior será o volume do gás dentro do balão. O oxigênio que estava no recipiente metálico se dilatou com o aquecimento e encheu o balão.		Alexandre Luciana M. Luciane Eliene Guilherme Márcia
	Dentro do tubo havia ar frio e suas partículas eram bem juntas e com pouco movimento. Com o aquecimento aumentou a pressão sobre as partículas do ar fazendo com que ele se expandisse e subisse para o balão. Os espaços entre as partículas aumentam, enchendo o balão. As partículas de ar se comprimiram, empurrando o ar para cima. Com o aquecimento o ar que existia dentro do tubo tornou-se menos denso pelo distanciamento de suas partículas e subiu para o balão. O espaço entre as partículas se dilatou. Em contato com o calor as partículas se expandem, aumenta o espaço entre elas e há maior movimentação também. O oxigênio que estava no recipiente metálico se dilatou e aumentou o movimento entre suas partículas, enchendo o balão. Os espaços vazios existentes entre as partículas do ar que estava dentro do recipiente metálico se dilataram, aumentando o volume do gás. Com o aumento da temperatura as partículas se movimentam mais ocupando um espaço maior, fazendo o volume do balão aumentar. O ar tornou-se menos denso pelo distanciamento de suas partículas. Em contato com o calor, as partículas se expandem e aumentam os espaços entre elas. O ar quente fez com que as partículas se expandissem provocando um movimento maior e aumentando assim o volume do balão.	Alexis C. Alberto Fábia A. Cristina A. Flávia Cláudia Rita A. Paula Gláucia Juliana Angela J. Eduardo Marcelo Silvia Camila Cintia Clarissa Danielle Flávia L. Antônio Dinah L. Felipe Maurício Patrícia S. Eduardo Patrícia Elisângela

TABELA 41 . EXPLICAÇÕES PROPOSTAS PELOS ALUNOS PARA A RELAÇÃO ENTRE O AUMENTO DA TEMPERATURA DE UM SISTEMA E O AUMENTO DO VOLUME DE GÁS NELE CONTIDO -
(continuação)
ATIVIDADE 7

RESPOSTAS		ALUNOS
USANDO ATRIBUTOS MACROSCÓPICOS	USANDO MODELO DESCONTÍNUO	
	Em contato com a água quente os espaços entre as partículas que estavam dentro do balão aumentam.	Galliana
	O volume varia com a temperatura, pois na água quente existe energia cinética, isto é, existe maior movimento entre as partículas. Ao movimentar há a expansão das partículas.	Juliana G.
	As partículas do ar se dilatam enchendo um pouco o balão.	Juliano
	O ar quente separa suas partículas provocando um movimento maior e essa maior movimentação aumenta o volume.	Luciasna V.
	As partículas do ar se aquecem dando maior volume ao balão.	Sissia
	As partículas se aqueceram e aí elas e os espaços vazios entre elas aumentaram, dando maior volume dentro do balão.	Soraia
	Na água quente existe energia cinética, isto é, existe maior movimentação entre as partículas e assim, ao movimentar, há a expansão do volume, que é o aumento dos espaços entre as partículas.	Tatiana

ANEXO 2

DISCUSSÕES INICIAIS SOBRE A

CONCEPÇÃO DA MATÉRIA

ANEXO 2

DISCUSSÕES INICIAIS SOBRE A CONCEPÇÃO DA MATÉRIA

(" " ")

- Professora Quem representou por bolinhas, o que significa cada bolinha dessas?
- Juliana Molécula.
- Sissia Parece que tem um lugar assim ... a pedra não é totalmente cheia de pedra.
- Vários São as moléculas.
- Angela As moléculas que estão juntas.
- Professora Tem muita gente falando e escrevendo esta palavra molécula. O que é isto, heim?
- Glaucia é o conjunto de átomos.
- Marcelo é um monte de coisas.
- Angela é o que constitui as coisas.
- Professora Alguém já mostrou uma molécula para vocês?
- Vários Não.
- Professora Vocês já viram alguma evidência de que ela existe?
- Vários Não.
- Angela Já.

Professora Qual?

Angela Ah!... Ela existe!

Professora Mas como você sabe disto? Por que você acredita que ela existe?

Angela Porque a matéria é formada dela.

Juliana Porque a matéria é formada de átomos. Como as moléculas são formadas de átomos...

Cláudia Porque está nos livros.

Angela Não. é porque foi provado. Os cientistas!

Professora E se a gente pensar na água, é a mesma coisa?

Angela Não, não é a mesma coisa que a constituição da pedra.

Professora O que é diferente?

Angela As moléculas estão em movimento, assim... estão mais separadas.

Professora Por que vocês desenharam as partículas no líquido mais separadas que no sólido?

J. Eduardo Porque elas estão mais separadas.

Clarissa Porque a densidade... tipo, na água você coloca alguma coisa e ela sempre entra nela. Nos sólidos não; é mais difícil penetrar.

(...)

Professora A gente pode falar que tudo tem molécula?

Vários Pode.

Sissia Pode, tudo é matéria.

J. Eduardo Só no vácuo não tem matéria.

Professora O que é vácuo, heim?

L. Antônio Ausência de matéria.

Angela No espaço tem moléculas?

Juliana No espaço não tem nada.

J. Eduardo Não tem matéria. Ar tem?

Professora Tem ar no vácuo?

Marcelo Lógico que não. Nós estamos falando que não tem nada.

Cláudio Escuta. No vácuo é claro que não entra ar. Eu vou dar um exemplo excelente: na corrida de Fórmula 1, aqui está o carro, certo? Eu estou atrás do carro. Para ultrapassar ele eu preciso pegar o vácuo dele porque aí não vai vir vento em mim. Daí eu abro pra esquerda e ultrapasso o carro. Aqui existe vácuo. Isto é que chama vácuo, não entra ar.

Professora Então, o que tem no vácuo?

Cláudio Não tem nada.

Vários Nada.

Angela Claro que tem alguma coisa!

Vários Não, não tem.

Clarissa Tem ou não tem?

Professora Para esclarecer esta dúvida, vamos aguardar a próxima experiência.

Professora Outra coisa que eu quero saber: Alguém já tinha pensado no fato das coisas serem formadas de partículas?

Sissia Eu não sabia.

Silvia Não.

Glaucia Não.

Cláudia Eu também não.

Angela Eu sabia, mas não sabia de vácuo.

(...)

Professora E de que tamanho vocês acham que é uma partícula?

Angela Indefinido.

L. Felipe Partícula vê no microscópio?

Professora Dá pra ver no microscópio?

L. Felipe Muito provavelmente no eletrônico.

Alexis Já está começando a ver com aquele...

Angela Eu acho que não dá pra ver no microscópio. Ela é muito pequena, não dá pra ver.

Alexis Não, mas dá pra ter uma idéia.

Juliana E célula?

Cláudia Célula dá.

Professora É, dá pra ver célula, mas aí é diferente.

(...)

ANEXO 3

DISCUSSÕES OCORRIDAS APÓS A REALIZAÇÃO DAS
EXPERIÊNCIAS CUJAS INTERPRETAÇÕES IMPLICAVAM
EM UM MODELO DE MATÉRIA DESCONTINUA

ANEXO 3

DISCUSSÕES OCORRIDAS APOS A REALIZAÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS CUJA INTERPRETAÇÃO IMPLICAVA EM UM MODELO DE MATÉRIA DESCONTINUA

(...)

- Professora O volume final do sistema água + sal foi menor que 100 ml. Por que vocês acham que isto aconteceu?
- Tatiana Porque quando nós colocamos a água e mexemos, o sal se dissolveu.
- Professora Mas, o que acontece quando dissolve?
- Eduardo A partícula do sal se juntou com a da água e aí formou uma só partícula.
- Professora Quem tem outra idéia?
- Luciane Eu. Porque era sólido. Depois que misturamos ficou menos sólido.
- Professora Mas por que o volume diminuiu?
- Juliano Quando o sal não está dissolvido tem espaços entre as partículas do sal. Daí, quando entra com a água ela ocupa os espaços.
- Camila Um entra no outro.
- Professora Um entra no outro? Como? Explica melhor esta idéia.
- Camila Entre uma partícula e outra, por exemplo, da água, tem um espaço.

Alexandre E do sal também tem espaço.
Camila Então eles ocupam o espaço vazio.
Professora Tem espaços vazios entre as partículas de água?
Alexandre Tem.
Camila Deve ter, né?!
Professora Por que você acha que deve ter?
Camila Porque senão não dissolveria!
Maurício Ia ficar tudo no fundo.

(...)

Professora Então isto aqui poderia representar a água? 
Vários Pode.
Professora O que existe nesses espaços?
Angela Ar.
Professora Por que você pensa que é ar?
Angela Não, não, é água mesmo.
Professora Nos espaços entre as partículas de água o que é que tem?
Angela Outras partículas e mais água, de ar, de tudo.
Clarissa Não tem nada.
Silvia Acho que deve ter alguma coisa!
Professora É o que eu quero saber.
L. Antônio Tem espaço vazio.
Angela Tem outras partículas.
Fábia Ar.
Professora Vamos considerar cada uma das hipóteses. Se aqui

Silvia A água vai ficar... como ela fica?
Clarissa As partículas de água e espaços entre elas.
Silvia Um espaço...
Glaucia É. Um espaço que não tem nada.

(...)

Professora Vamos pensar uma coisa: o que ocorreu quando o permanganato se dissolveu na água?
Angela Os espaços da água ficaram mais preenchidos com o permanganato..
J. Eduardo As suas partículas se misturaram.
C. Alberto Ficou tudo líquido.
Marcelo Ainda vai sobrar espaço?
Professora Boa pergunta. Ainda vai sobrar espaço?
Glaucia Vai, porque senão a gente não conseguia dissolver mais sólido..
Professora Se não existissem os espaços, como a cor ia se espalhar?
Silvia Eu sei, mas... como pode ficar esses espaços assim no meio?
Professora O que vocês entendem por partícula?
Silvia São coisas pequenas que formam as substâncias.
Professora Como a gente pode representar uma partícula?
Vários Por uma bolinha.
Professora E o que significa o contorno da bolinha?
Angela Que fora dali não é mais partícula.

Glaucia São os espaços. E é porque existem partículas e espaços que uma substância pode se dissolver na outra.

(...)

Professora Então, como a gente pode explicar o fenômeno da dissolução? O que ocorre quando uma substância se dissolve na outra?

Alexandre Uma partícula de uma substância entra no espaço da outra.

Professora Mas para isto acontecer, o que precisa ter?

Luciana M. As partículas têm que estar em movimento.

Professora Dá pra pensar que as partículas estão em movimento?

Camila Não, acho que não.

Elisângela Não sei...

Camila Pode nem ser todas.

Luciana M. Movimento entre os espaços vazios.

Professora Se a gente pensar aqui na água de novo: as partículas da água estão em movimento?

Tatiana Estão.

Camila Acho que está.

Alexandre E se a água estiver parada?

Professora É, eu estou falando o tempo todo de água parada. Vamos pegar aqui (água no béquer). As partículas estão se movimentando quando está assim parado?

Alguns Estão.

Outros Não.

Professora Quando eu coloco permanganato aqui, como vocês fizeram ontem, o que está acontecendo?

A. Cristina Ele está descendo.

Luciana V. Ele é mais denso.

Professora Então ele é mais denso que a água e desce. Chega um momento em que já desceu tudo.

Camila Aí ele para.

Professora E continua a dissolver?

Vários Continua.

Luciana M. Continua porque estas partículas estão em movimento.

Professora Quando vocês observaram depois de mais tempo, tinha dissolvido mais?

Vários Tinha.

Professora Pode dissolver se as partículas estão paradas?

Vários Não.

Cintia Tem que misturar.

Camila Mas depois que parou, que está tudo dissolvido, ela fica parada?

Luciana M. Não.

Professora O tempo todo todas as partículas de todas as substâncias estão em movimento.

(...)

Professora Dá pra imaginar as partículas do sólido em movimento?

Flávia Não, não dá.

Galliana Eu não consigo.

Professora é mais difícil, não é?

Vários é.

Professora Por que é mais difícil?

Camila Porque é uma coisa sólida.

Professora é. Vocês têm muito forte esta idéia de que sólido é uma coisa parada, compacta.

Vários é.

Professora Só que, como nós vimos, na maioria dos sólidos os espaços são menores. Então é claro que o movimento é menor também. Para movimentar não precisa ter espaço?

Vários Precisa.

Professora Se vocês estão em um ônibus, ou em qualquer outro lugar cheio de gente, é mais difícil movimentar. Se tem mais espaço é mais tranquilo. Então como nos sólidos os espaços são menores, o movimento é menor também.

Elisângela Mas ainda existe.

Professora é. Nunca nada está completamente parado. E o que vocês observaram aqui na dissolução do permanganato de potássio é uma evidência disto.