

A elaboração conceitual em realidade escolar de noções de conservação da matéria

Vander Edier Ebling Samsrla, Marcelo Leandro Eichler e José Cláudio Del Pino

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil. E-mails:
vanderedier@bol.com.br, exlerbr@yahoo.com.br, aeq@iq.ufrgs.br

Resumo: O artigo apresenta um estudo de caso sobre a elaboração conceitual, em realidade escolar, de noções de conservação da matéria. As atividades de ensino foram orientadas segundo proposições didáticas construtivistas e interacionistas, inspiradas na epistemologia genética. Os resultados vêm da análise qualitativa de seqüências de atividades em pequenos grupos, envolvendo a participação do professor, que foram gravadas em vídeo e transcritas na forma de protocolos. As análises foram referentes às: a) atribuição de noções de conservação, bem como as resistências e obstáculos na utilização dessas noções, expressas pelos quatro participantes do grupo que juntos resolveram as tarefas relativas à expansão do ar sob aquecimento e às mudanças de estado do éter e do iodo; b) explicações oferecidas para essas transformações, com e sem a intervenção do professor. Os sujeitos, com idades entre 15 e 17 anos, eram alunos de química do primeiro ano do ensino médio. Os resultados apóiam os postulados sobre aprendizagem das ciências, que reiteram a importância do trabalho em pequenos grupos durante atividades de características experimentais e indicam o papel fundamental do professor na elaboração conceitual.

Palavras-chave: elaboração conceitual; modelo corpuscular; construção do conhecimento.

Title: Development of conservation of matter concepts in the school reality.

Abstract: This paper presents a case study on the development of conservation of matter concepts in the school reality. The teaching activities were based on constructivist and interactionist didactical propositions grounded on genetic epistemology. The results are originated from the qualitative analysis of a sequence of activities carried out in small groups. Such activities counted with the teacher's intervention, and were recorded in video and transcribed in protocols. The analysis referred to the: a) application of the notion of conservation, as well as the resistance and obstacles to employ such notions expressed by four members of the group who solved the tasks related to the expansion of air caused by heat, and to the change of state of ether and iodine. The individuals, aged 15-17 years old, were chemistry students attending the first year of high school. The results are in accordance with the science-learning assumptions that highlight the importance of working-activities in small groups in

experimental tasks and point to the major role played by the teacher in the conceptual development.

Keywords: conceptual development; corpuscular model, knowledge construction.

Introdução

O desenvolvimento do conceito de matéria é um dos objetivos fundamentais dos cursos de química. A elaboração desse conceito implica reconhecer a conservação ou a transformação da substância e a conservação da quantidade da matéria envolvida nos fenômenos físicos e químicos. Diversos estudos têm evidenciado as concepções espontâneas de estudantes para esses e outros conceitos fundamentais à química, como pode ser encontrado na revisão da literatura empreendida por Barker (2000). O desenvolvimento de conceitos de matéria e substância foi foco de diversas pesquisas, inspiradas na epistemologia genética de Jean Piaget (1990), envolvendo crianças, adolescentes e adultos (Gómez, Benarroch e Marín, 2006; Benarroch, 2000; Eichler, Parrat-Dayán e Fagundes, 2007a e 2007b, Krnel, Glažar e Watson, 2003; Krnel, Watson e Glažar, 2005; Nakhleh, Samarapungavan e Saglam, 2005).

Krnel e colaboradores (2003 e 2005) argumentam que tal desenvolvimento, ou elaboração conceitual, envolve a aprendizagem da distinção entre as propriedades intensivas, que caracterizam a matéria, e as propriedades extensivas, que caracterizam o objetos materiais. As propriedades intensivas são independentes do tamanho da amostras. As propriedades intensivas (como por exemplo, substância, estados da matéria, temperatura e, na maioria das vezes, cor) não modificam com as transformações de quantidade, formato e tamanho dos objetos e são iguais em cada uma das partes do objeto, assim, caracterizam a substância com qual o objeto é feito. Por contraste, as propriedades extensivas (por exemplo, tamanho, massa e volume) são específicas do objeto e dependentes do contorno ou da quantidade de matéria, dessa forma, são modificadas quando os objetos são divididos ou aglomerados.

Com a intenção de investigar esses postulados, Krnel e cols. (2003 e 2005) realizaram uma investigação, inspirada na tradição de pesquisa piagetiana, sobre o desenvolvimento do conceito de matéria e de conservação da substância. Para isso, investigaram as características das descrições e das classificações de diferentes objetos materiais realizadas por 84 crianças, entre 3 e 13 anos de idade.

Em Krnel, Glažar e Watson (2003) evidenciaram que para as crianças realizarem com êxito a classificação da matéria, elas precisam prestar mais atenção nas propriedades intensivas da matéria, utilizando as propriedades extensivas como um apoio secundário para a sua classificação. Os resultados encontrados por esses autores apontam que por volta dos 9 anos de idade, as crianças já conseguem diferenciar as propriedades extensivas das propriedades intensivas, por tanto, conseguem diferenciar o objeto da matéria. Nesse estudo sobre a classificação, os autores constataram que a cor foi um dos principais critérios utilizados pelas crianças para identificar a conservação das substâncias em diferentes formas ou estados físicos.

Também, evidenciaram que as crianças interpretam os gases, principalmente, pela propriedade que eles possuem de inflar balões ou de estarem associados à respiração. Além disso, encontraram uma baixa incidência de classificação da substância em relação aos estados da matéria. Nesse sentido, supuseram que os conceitos de sólido, líquido e gasoso não são categorias obtidas por generalização empírica, sendo resultado da escolarização e da educação científica.

No estudo sobre a descrição dos materiais, Krnel, Watson e Glažar (2005) indicam que somente por volta dos 13 anos de idade as crianças utilizam os estados da matéria para descrever as substâncias. Para agrupar as diferentes substâncias, independentes de seu estado físico, as crianças necessitam reconhecer as propriedades intensivas que se conservam em cada um dos estados da matéria. Além disso, esses autores sugerem que quando as crianças estão descrevendo e classificando objetos desconhecidos elas utilizam expressões como "isso parece com" ou "é similar a". Nesses casos, elas estão ligando e comparando os objetos ou substâncias com o seu protótipo, sendo que isso pode estar relacionado com o início da formação do conceito de uma classe particular de substância. Os protótipos podem ser formados a partir das ações realizadas pelos objetos ou sobre eles. Assim, muitas crianças utilizam protótipos para classificar substâncias como líquidas ou gasosas. A água, por exemplo, é vista como a representante típica dos líquidos, possuindo propriedades de escorrer e ser incolor. O ar ou o vapor d'água, como exemplo de gases, sendo por exemplo, úmidos e levados pelo vento.

O desenvolvimento do conceito de matéria é apresentado por Krnel, Glažar e Watson (2003). Uma vez que as crianças crescem e tem mais experiência ativa sobre o mundo, elas alteram suas maneiras de identificar e classificar os objetos, substituindo um critério que mescla propriedades intensivas e extensivas, por um critério mais fidedigno, que utiliza apenas as propriedades intensivas dos objetos materiais. Isso indicaria uma modificação na forma como as crianças vêem o mundo. Na medida que elas utilizam mais as propriedades intensivas, elas se tornam mais atentas para as propriedades intrínsecas da matéria, que são independentes da forma ou do tamanho dos objetos. Esses autores chamam esse reconhecimento de *substancialização* dos objetos.

No nível conceitual básico, a matéria é identificada conforme a variedade de propriedades comuns existente em alguma coisa. Algumas dessas propriedades intensivas podem ser determinadas por simples ações sobre os objetos, como por exemplo, escorrer, amassar, dobrar, cortar, levantar ou assoprar. Outras propriedades, como o ponto de fusão ou a condutividade elétrica, não fazem parte da experiência cotidiana das crianças. Assim, quando as ações simples (escorrer, amassar, dobrar, etc.) falham para identificar os pós e os agregados da mesma substância, as crianças são incapazes de perceber a conservação da matéria em diversas formas.

Por fim, esses autores, sugerem que o desenvolvimento do conceito de matéria, assim como o desenvolvimento de outros conceitos científicos, está ligado a todo o desenvolvimento cognitivo das crianças e somente se manifestaria na época em que aparece o pensamento operacional concreto.

Em uma investigação sobre as transformação da matéria, também sob inspiração piagetiana, Gómez, Benarroch e Marin (2006) estudaram as concepções de 43 estudantes, entre 9 e 22 anos de idade, para fenômenos físicos que envolviam: a dissolução de um sólido de cor amarela em água, a mistura de dois líquidos (álcool e água) envolvendo redução de volume e compressão de ar e de água em seringas. O dados evidenciados nessa investigação permitiram elaborar uma descrição das diferentes concepções dos estudantes em relação a natureza particulada da matéria, que, entretanto, está melhor descrita em Benarroch (2000).

O desenvolvimento dos níveis explicativos dos estudantes sobre a natureza corpuscular da matéria é descrito por Benarroch (2000) através de cinco níveis. O nível I é caracterizado por uma imagem contínua e estática da matéria. Os alunos desse nível são incapazes de atravessar a barreira do observável e, além disso, não compreendem a necessidade de dar explicações às mudanças da matéria. As coisas ocorrem por si só. Por exemplo, na observação da compressão do ar na seringa e da não compressão da água, os alunos dizem "isso é assim mesmo, o ar pode apertar, a água não".

O nível II envolve modelos de matéria que seguem sendo contínuos, mas que passam a ser enriquecidos com elementos percebidos (bolhinhas, buracos, etc.) que são utilizados na explicação dos dados empíricos. A importância desses elementos percebidos é tanta que o modelo de matéria se modificará de uma substância a outra, sem prejuízos, com a finalidade de dar explicações às mudanças da matéria. É essa necessidade de explicação que diferencia esse nível do anterior. Por exemplo, um estudante pode conceber a água como um contínuo embutido de gotas e o ar como um contínuo de buracos, tentando explicar as diferenças de compressão.

O nível III constitui o primeiro da evolução conceitual que implica concepções corpusculares. Nesse nível, a matéria é formada por partículas, que são invisíveis, inclusive a nível microscópico. Portanto, as partículas já não mais estão relacionadas com a percepção, mais ou menos, direta, tal como ocorria no nível anterior. Entre as partículas há buracos que, na maioria das vezes, estão cheios de alguma outra substância. Na compressão, por exemplo, a substância dentro desses buracos é entendida com elástica.

No nível IV, além da existência das partículas na matéria, considera-se o vazio como sendo necessário entre elas. Essa é a diferença entre esse nível e o anterior, onde o vazio é rechaçado, evitado ou ignorado. Os buracos entre as partículas devem estar vazios, pois se houvesse algo entre elas, também seria formado por partículas e, assim, não haveria buraco entre as partículas.

Finalmente, o nível V coincide com o conteúdo acadêmico do ensino da natureza corpuscular da matéria. Portanto, nesse nível a matéria é concebida como um sistema de interação entre as partículas, movendo-se continuamente, sem nada entre elas, somente vazio.

Porém, como mostram diversos autores (Eichler, Parrat-Dayán e Fagundes, 2007a e 2007b; Nakhleh, Samarapungavan e Saglam, 2005) tanto adolescentes quanto adultos apresentam dificuldades na utilização de

modelos corpusculares da matéria para explicar transformações físicas, tais como, a dissolução ou as mudanças de estado da matéria.

Nakhleh, Samarapungavan e Saglam (2005) realizaram uma investigação, com 9 alunos que estavam finalizando o ensino médio, sobre suas concepções de matéria e dos fenômenos de mudanças de estado físico e de dissolução. Os resultados dessa investigação indicam que a maioria dos estudantes entrevistados sabe que a matéria é composta de átomos e moléculas, entretanto, eles não conseguiram explicar de forma consistente as propriedades da matéria e seus processos baseados em seus conhecimentos sobre a composição particulada dos materiais. Dessa forma, segundo essas autoras, a fragmentação das idéias dos estudantes de ensino médio sobre a matéria, provavelmente, reflete a dificuldade que eles tiveram em assimilar (e/ou acomodar) as características submicroscópicas do conhecimento científico, apresentado através de instrução formal, em seus esquemas prévios de conhecimentos macroscópicos.

Nas conclusões de seu artigo, essas autoras sugerem que o caminho do desenvolvimento conceitual em química pode ser bastante diferente daquele de outros domínios, onde as crianças constroem modelos sintéticos após a instrução formal, como por exemplo, a astronomia. Tais diferenças podem estar relacionadas, em parte, ao amplo conjunto de substâncias, fenômenos e processos que a química explica. Além disso, essas autoras evidenciaram que a transição do nível macroscópico para o submicroscópico é difícil de ser realizada pelos estudantes.

A dificuldade de utilização dos conceitos escolares na interpretação das transformações da matéria, também, foi evidenciada em investigações empreendida com sujeitos adolescentes e adultos sobre as mudanças de estado da matéria (Eichler, Parrat-Dayán e Fagundes, 2007a e 2007b). Sob o aspecto estrutural, por hipótese, os sujeitos entrevistados possuiriam as estruturas dos pensamentos operatório concreto e operatório formal, necessárias para a solução do problema. Na tarefa que envolvia as mudanças de estado do éter (Eichler, Parrat-Dayán e Fagundes, 2007a), evidenciou-se que a maior parte dos adultos antecipou e descreveu as mudanças de estado em um sistema fechado (destilador de Franklin¹), explicando-as com a utilização de modelos corpusculares. Entretanto, poucos foram os adolescentes que assim conceberam o deslocamento do líquido do balão aquecido para o balão resfriado. Mesmo assim, a maior parte dos adolescentes utilizou alguma idéia de evaporação para justificar o transvasamento, mas sem idéias de conservação de quantidade e de reversibilidade do processo (condensação), por exemplo. O fato de o vapor de éter ser invisível foi determinante para a dificuldade na interpretação da transformação e da mudança de estado. Em relação às características de conservação, esse experimento contém uma dificuldade que pode estar relacionada à generalização empírica da mudança de estado por evaporação. A evaporação e a condensação da água são os fenômenos empíricos mais próximos da experiência pessoal. Uma vez que a água é o

¹ O equipamento consiste de dois balões de vidro ligados por um tubo de vidro. Inicialmente, um dos balões está com um pouco de éter e outro está vazio (contém apenas ar). O balão contendo o éter é mergulhado em um pote de água quente, ao mesmo tempo em que o balão vazio é mergulhado em um pote de água fria. A evaporação do líquido resulta um gás invisível que, ocupando todo o equipamento, condensa-se no balão mergulhado na água fria.

protótipo de líquido e o vapor d'água o de estado gasoso, é difícil para o sujeito conceber um estado gasoso (ou de vapor) que não seja perceptível pelos sentidos visuais ou olfativos. Talvez isso possa justificar que alguns adultos tenham tido dificuldade em relacionar o transvasamento com as mudanças de estado da matéria (evaporação e condensação). Além do mais, notou-se que os conhecimentos escolares dos adultos, muitas vezes, não foram operacionais, aparecendo algumas vezes em frases isoladas e de forma imprecisa e mal-organizada. Por exemplo, na evaporação do líquido sugeriram que o volume aumentaria porque os próprios corpúsculos dilatariam.

Por sua vez, a interpretação das mudanças de estado por sublimação do iodo (Eichler, Parrat-Dayan e Fagundes, 2007b) foi dificultada por outras características perceptíveis. A tarefa consistia no aquecimento de iodo sólido em um tubo de ensaio aberto, com posterior arrefecimento e reaquecimento. Nessa tarefa, são muitas as características perceptíveis e de conservação que intervêm na compreensão das mudanças de estados físicos, entretanto é preciso ressaltar que as diferenças de cor do sólido (acinzentado) e do fluido (violáceo) orientaram fortemente a organização do pensamento do sujeito. Assim, em relação à conservação, esse experimento contém uma dificuldade que pode estar relacionada à generalização empírica da mudança de estado por sublimação. A fusão do gelo, a evaporação e a condensação da água são os fenômenos empíricos mais próximos da experiência pessoal. Portanto, é difícil para o sujeito conceber um estado gasoso (ou de vapor) que seja perceptivamente tão diferente do estado líquido. Em geral, as substâncias quando mudam de estado físico, não mudam de cor. No caso do iodo, sim. Sólido ele é acinzentado, gasoso, violáceo. A densidade e a fluidez do violáceo também chegou a ser um problema para a organização do pensamento, uma vez que a fluidez é uma característica típica dos líquidos. Por isso, a cor violeta, muitas vezes, foi interpretada como sendo de um líquido. Além do mais, o próprio fenômeno de sublimação não é empiricamente generalizável. Na solução deste problema, portanto, a questão do apoio concreto, da generalização empírica, não foi suficiente. Esse tipo de tarefa, que continha fenômenos novos e inesperados pelo sujeito, solicita muito da criatividade dos sujeitos. Uma vez que a percepção do fenômeno foi muito distante da experiência física dos sujeitos para as mudanças de estado da matéria, houve dificuldade em utilizar idéias de conservação da substância. Dessa forma, foram esboçados muitos modelos por parte dos sujeitos, incluindo tanto idéias de extração de essências ou decomposição da substância, bem como de reações com o calor ou com o ar.

A partir do resultado dessas investigações, Eichler, Parrat-Dayan e Fagundes (2007a e 2007b) sugeriram que, na resolução de problemas, cotidianos ou de tarefas de pesquisa, é o conhecimento que faz as estruturas do pensamento funcionarem. As estruturas são necessárias, mas não são suficientes, muitas vezes é preciso algum conhecimento escolar. Pode-se dizer que, em relação aos problemas sobre as explicações causais, sob o ponto de vista piagetiano, há nas evidências dessas pesquisas uma certa novidade: se não se tem (ou não são operacionais) certos conhecimentos que são ensinados (como modelos corpusculares na explicação das mudanças de estado da matéria e a modificação da

aparência nos diferentes estados da matéria), os problemas que necessitam deles não são resolvidos ou devidamente justificados.

Conforme Benarroch (2000) aprender ciências é um processo gradual durante o qual as estruturas e esquemas conceituais iniciais são continuamente enriquecidos e reestruturados. Dessa forma, a investigação sobre a aprendizagem de ciências implica, ao menos, ter o conhecimento sobre:

- a) como evolui, com o desenvolvimento e a experiência, o conhecimento do aluno em um domínio específico;
- b) que mecanismos e obstáculos cognitivos facilitam ou dificultam essa evolução;
- c) como influi a instrução específica na evolução conceitual “natural”; e, por último; e
- d) como influem as interações sociais, bem como outros fatores ambientais do ensino, na evolução conceitual “natural” e “induzida”.

Essa autora sugere que a distância entre as investigações com os objetivos do *tipo a* e as com objetivos do *tipo d* é a mesma que existe entre a Psicologia do Desenvolvimento e o domínio próprio da Didática das Ciências.

Nesse sentido, dedicamos os próximos parágrafos a demonstrar, ainda que de maneira insuficiente, os fundamentos da teoria de Jean Piaget para a pesquisa em educação em ciências. Conforme Parrat-Dayán e Tryphon (1998), é precisamente no campo da pedagogia que Jean Piaget é mais freqüentemente citado. No entanto, quando se examina mais de perto o conteúdo dessas referências, percebe-se que tratam exclusivamente de sua obra psicológica. Assim, “os escritos de Piaget sobre educação permanecem praticamente ignorados” (p. 7). Segundo essas autoras, os artigos pedagógicos de Piaget sustentaram, de 1930 a 1970, seu ponto de vista epistemológico e sua posição construtivista e interacionista. Nesse sentido, duas foram as temáticas fundamentais desses textos: a atividade do sujeito, por um lado; e o papel do professor e a importância do material e das situações experimentais, por outro.

Ainda que não seja esse o enfoque de nosso artigo, trazemos aqui alguns excertos de seus textos sobre o ensino de ciências e sobre o trabalho em grupos, assuntos que estão relacionados com a análise da elaboração conceitual, em realidade escolar, que realizamos. Em relação ao ensino das ciências naturais, Piaget (1949/1998b) sugere que cabe à própria criança observar e experimentar, ou seja:

“Em outras palavras, (...), a criança não deveria permanecer passiva e receptiva, mas deve estar a cada instante livre para desenvolver por conta própria todos os recursos da experimentação e do método indutivo (...). Porém, no próprio terreno da experimentação concreta, ainda existem duas maneiras de conceber a relação do professor com a criança e desta com os objetos sobre os quais incide sua ação. Uma é preparar tudo, de tal modo que a experiência consiste numa espécie de leitura compulsória e totalmente regulada de antemão. A outra é provocar no aluno uma invenção das próprias experiências, limitando-nos a fazer com que

tome plena consciência dos problemas, que em parte ele mesmo já se coloca, e a ativar a descoberta de novos problemas, até fazer dele um experimentador ativo que procura e acha as soluções, por meio de inúmeras tentativas talvez, mas por seus próprios meios intelectuais" (p. 179).

Em relação às estratégias de ensino, Piaget (1935/1998a) chama bastante atenção ao trabalho em grupo, porque "a solidez do saber é função da atividade dispensada para sua assimilação e o trabalho em grupo é, em princípio, mais 'ativo' que o trabalho puramente individual" (pp. 149-150). Além disso, ao enfatizar o trabalho em grupo no ensino de ciências naturais sugere que:

"a experimentação se completa pela discussão conjunta, a redação ou o desenho nos cadernos de observação convoca a colaboração dos pesquisadores, em suma, o exercício das operações constitutivas do saber supõe essa cooperação intelectual que é o meio necessário para a organização das próprias operações individuais. É aqui que o papel do professor volta a ser central, enquanto animador das discussões, depois de ter sido o instigador, junto a cada criança, da apropriação desse admirável poder de construção intelectual que toda atividade real manifesta" (Piaget, 1949/1998b, p. 180).

A relação entre a concepção construtivista do conhecimento e a aprendizagem escolar, desde um ponto de vista piagetiano, pode ser encontrado em diversos autores genebrinos (Bovet, Parrat-Dayan e Vonèche, 1989; Parrat-Dayan, 2003).

Conforme Bovet, Parrat-Dayan e Vonèche (1989), algumas vezes Piaget chamou sua posição de *construtivista* para capturar o sentido em que a criança deve produzir e reproduzir os conceitos básicos e as formas lógicas de constituem o pensamento e a inteligência. Nesse sentido, deve-se dizer, Piaget preferia falar que a criança está *inventando*, ao invés de *descobrimdo*, idéias. Parrat-Dayan (2003) aponta que o aluno como sujeito é sempre o autor de seu próprio conhecimento. Nas situações escolares, como em outras, é o sujeito quem escolhe, verifica, ajusta, elimina, coordena, organiza e reorganiza os dados que ele pode assimilar.

Segundo Parrat-Dayan (2003), a aprendizagem escolar não pode ser entendida como uma recepção passiva do conhecimento, mas como um processo ativo de elaboração. Por isso, o construtivismo, o relativismo e o interacionismo, quando aplicados ao processo de aquisição de conhecimentos, são características importantes da aprendizagem escolar. Além disso, ela ressalta que a teoria de Piaget estudou a gênese de noções e conceitos que se relacionam com alguns conteúdos escolares, principalmente nas áreas da matemática e da física. Dessa forma, essa teoria se torna interessante para a educação em ciências, por exemplo.

Conforme Bovet, Parrat-Dayan e Vonèche (1989), as situações envolvendo o ensino e aprendizagem de noções causais se constituíram uma ótima oportunidade para analisar, experimentalmente, o papel da interação no desenvolvimento cognitivo.

Nessas pesquisas sobre os métodos de aprendizagem em relação à explicação causal (Bovet, Parrat-Dayan e Vonèche, 1987 e 1989), a tarefa proposta envolve o rebote de bolas contra paredes de materiais diferentes. Foram utilizados três materiais, que amplificam de maneira distinta os efeitos da compressão molecular consecutivas ao choque da bola contra a parede: a goma-espuma amplifica os efeitos da elasticidade; a plasticina amplifica os efeitos de não elasticidade; e o marfim de uma bola de bilhar, assim como o cimento de uma parede, apresenta efeitos de elasticidade que não são vistos. Os objetos apresentados à criança foram três bolas e três paredes desses materiais. Solicitou-se à criança explicar porque algumas bolas retornam e outras não quando eram lançadas horizontalmente contra uma parede.

Em uma das experiências, foi utilizado um método de aprendizagem chamado de "diálogo-dialético" (Bovet, Parrat-Dayan e Vonèche, 1987). Esse método se caracteriza por um modo particular de intervenção do experimentador, que sugere ao sujeito uma série de informações e de explicações contradizendo, apoiando ou completando as suas afirmações. Ou seja, esse método está baseado sobre a reciprocidade de informação e de explicação entre a criança e o experimentador, que colaboram na construção de um pensamento comum. Tal método, ainda, constitui-se uma extensão generalizadora das contra-sugestões piagetianas, no sentido de que o experimentador oferece sugestões de explicação à criança, entrando em relação dialética com ela.

Os autores tinham como hipóteses que a confrontação de argumentos explicativos permitiria um melhor discernimento do real e que uma explicação complementar àquela do sujeito poderia suscitar um progresso no seu comportamento cognitivo.

Dois tipos de informações foram dados à criança: aquelas que se baseavam sobre as propriedades do objeto pertinente à resolução do problema e outras que sugeririam explicações parciais e locais necessárias à resolução final do problema por uma explicação causal coerente e geral. Essas informações seriam utilizadas pelas crianças apenas na medida em que elas correspondem, ao menos parcialmente, aos conhecimentos anteriores da questão e ao nível de seu desenvolvimento cognitivo.

Os resultados obtidos nessa pesquisa demonstraram que a maioria das crianças progrediu entre o pré e o pós-teste e que isso não se deu por simples repetição das explicações propostas pelo experimentador. Ao contrário, pôde-se mesmo observar uma elaboração cognitiva pessoal por parte da criança.

Porém, Parrat-Dayan (2003) pondera que, quando se trata de aplicar a psicologia genética à educação, percebe-se que faltam estudos sobre a construção de conhecimentos escolares específicos e sobre a maneira como os alunos constroem progressivamente tais conteúdos. Esses conhecimentos seriam importantes para os professores, pois é necessário conhecer os procedimentos pelos quais o aluno vai se aproximando dos conteúdos escolares para que ele possa intervir de maneira eficaz na aquisição dos mesmos.

Nesse sentido, por exemplo, as investigações realizadas por Moro (1991 e 2000) estão relacionadas à aprendizagem de noções fundamentais à

matemática, envolvendo a interação entre alunos e professor em pequenos grupos. Conforme Moro (2000), abordado a interação social na aprendizagem, a execução de tarefas em um pequeno grupo (de cerca de três alunos), com orientação de um professor, é condição, no mínimo necessária, para a ocorrência de confrontos de realizações e pontos de vista diferentes ou opostos dos parceiros sobre os conceitos a serem aprendidos.

Segundo Moro (1991), os pequenos grupos surgem como alternativa interessante, especialmente para salas de aula com muitos alunos, sobretudo quando as turmas numerosas são consideradas, pelos professores, como obstáculo à introdução de inovações pedagógicas, como é o caso da proposta curricular (Samrsla, Guterres, Eichler e Del Pino, 2007) da qual essa análise é derivada.

Além do mais, ainda segundo essa autora, em tarefas verbais, a participação mediadora do professor é necessária, pois é dele que devem vir as expressões, as formulações lingüísticas das relações envolvidas na tarefa, para que os alunos as retomem, as reinterpretem, as compreendam e as apliquem. Se por um lado, é o professor que detém, via linguagem, a representação e a organização formal dessas relações, que são reelaboradas pelos alunos na construção de tais relações, por outro lado, os alunos esperam esse tipo de conduta do professor.

Dessa forma, Parrat-Dayana (2003) sugere que a análise da interatividade, entre professor e alunos, pode ser realizada a partir da consideração de uma série de elementos, tais como os objetivos, os conteúdos e as percepções mútuas, por exemplo. Assim, a autora entende que a teoria genética piagetiana pode contribuir para a análise de problemas significativos relacionados à aprendizagem escolar, tais como: os processos de aprendizagem, os erros dos alunos e seus desequilíbrios, por exemplo.

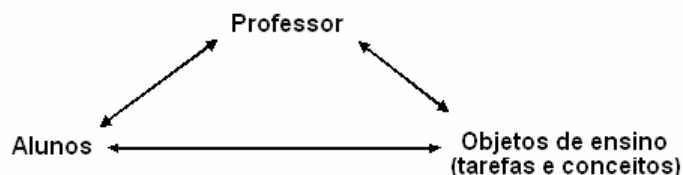
Metodologia

Como anunciado, este é um estudo de caso sobre a elaboração conceitual, em realidade escolar, de noções de conservação da matéria. Segundo Moro (2000), a análise de casos da interação social durante a aprendizagem, permite verificar semelhanças e diferenças entre ocorrências do fenômeno estudado. São essas semelhanças e diferenças que, interpretadas, permitem melhor conhecer o que está em estudo.

Nesse sentido, o que buscamos, a partir da análise dos dados, é a compreensão do fenômeno e não a comparação experimental entre manifestações do mesmo. Assim, pretendemos evidenciar a natureza das condutas cognitivas dos sujeitos, por exemplo, as resistências de integração dos dados percebidos aos seus esquemas prévios e os esboços explicativos elaborados e utilizados na compreensão das tarefas.

Perret-Clermont (1994) sugere que a análise da situação didática é um episódio social no qual o professor, como organizador da situação, desempenha um papel fundamental na interpretação que os alunos fazem da situação e do problema que lhe é apresentado. Além disso, enfatiza que a situação de ensino, tem como características essenciais o seu desenrolar

em torno de um objeto de discurso particular. Assim, sugere um modelo tripolar de interação professor/alunos/objeto de discurso:



Portanto, impõe-se a necessidade de analisar o sistema das interrelações dos indivíduos entre si (alunos e professor) e com o objeto do saber, em um modelo tripolar e não bipolar (do tipo sujeito/objeto).

A coleta de dados foi realizada durante o acompanhamento da implementação de uma proposta curricular inovadora (Samsrla, Guterres, Eichler e Del Pino, 2007). Foram coletados dados em quatro turmas do primeiro ano do ensino médio, na disciplina de química. As turmas possuíam 3 horas-aula de química por semana, em um total de 120 horas-aula no ano letivo. Durante o desenvolvimento da proposta, um grupo de alunos em cada turma, considerado exemplar em relação aos demais grupos, foi acompanhado no transcorrer do ano letivo, visando evidenciar a elaboração conceitual de noções fundamentais à química. As atividades desses grupos de alunos foram gravadas em vídeo e seus materiais escritos fotocopiados. Um desses quatro grupos, considerado, também, exemplar em relação ao demais, foi escolhido para ter suas gravações transcritas.

Assim, nossos sujeitos são quatro meninas, BRU, MAI, ITE, MIL, na época alunas da primeira série do ensino médio de uma escola pública do centro de Porto Alegre, com idades entre 15 e 17 anos. Elas compuseram um pequeno grupo que participou das atividades em sala de aula durante todo o ano letivo. O professor que orientou e participou das discussões do grupo é o primeiro autor deste artigo.

As situações de ensino que são analisadas neste artigo, que ocorreram entre 30 de maio e 13 de junho de 2005, envolveram 4 horas/aula. As tarefas apresentadas aos alunos nessas situações de ensino foram as seguintes:

- a) *Expansão do ar sob aquecimento* (1 hora/aula): a atividade consiste em aquecer um frasco de vidro que possui um balão de festa preso ao seu bocal. Com o aquecimento o balão infla. Antes de iniciar o procedimento os alunos são questionados se existe alguma coisa dentro do frasco, buscando investigar se eles conseguem perceber o ar como uma substância presente no mesmo. Durante o aquecimento outras questões são formuladas para que os estudantes descrevam o que está ocorrendo com o sistema. Utilizando a idéia que as substâncias são formadas por partículas, solicita-se que os alunos façam desenhos representando as partículas de ar no sistema, antes e depois do aquecimento.
- b) *Mudanças de estado do éter em sistema fechado* (1 hora/aula): nessa tarefa dois balões de destilação são conectados por um tubo de vidro, formando um sistema fechado, chamado de destilador de Franklin. Um balão contém éter (para os alunos é mencionado como líquido incolor).

Cada balão desse sistema é mergulhado em um frasco. Aquele que contém o éter é mergulhado no frasco que tem água quente e o outro que tem ar é mergulhado no frasco que contém água gelada. Desse modo, o éter evapora no balão aquecido e condensa no balão resfriado. Antes da realização do experimento, pergunta-se aos alunos o que eles prevêem que possa ocorrer com o sistema. Durante o experimento, eles devem anotar suas observações, descrevendo o que ocorre com o sistema. Ao final, solicita-se que eles expliquem as transformações ocorridas. Essa atividade é realizada de forma demonstrativa pelo professor, devido aos vapores de éter, que ao desenvolvê-la questiona os alunos a respeito de seu entendimento sobre o processo, de modo a auxiliá-los na elaboração da explicação final, envolvendo o modelo corpuscular da matéria.

- c) *Sublimação do iodo* (2 horas/aula): a atividade consiste no aquecimento de alguns grãos de iodo sólido dentro de um balão de vidro com haste longa. O iodo sólido sob aquecimento sublima, formando um vapor violáceo, que ao entrar em contato com as paredes frias do balão, cristaliza (ressublimação). Antes da realização do experimento os alunos devem descrever o aspecto do sólido e fazer previsões sobre o que ocorrerá quando o sólido for aquecido, dando explicações para sua resposta. Esse experimento, também por motivos de segurança, é feito de forma demonstrativa pelo professor, que durante o processo chama a atenção para determinados acontecimentos importantes no mesmo, questiona os alunos sobre suas observações e instiga os mesmos a proporem explicações para o que está ocorrendo. Em seguida os alunos respondem perguntas referentes ao processo de aquecimento e de resfriamento do sistema, sobre as características das substâncias presentes e sua quantidade. Essas perguntas têm por objetivo que os alunos discutam suas compreensões sobre os fenômenos, incluindo a conservação da quantidade de matéria (massa) e a conservação da substância. Por fim, solicita-se que os alunos façam desenhos representativos das partículas constituintes dos materiais e utilizem-nos para explicar os fenômenos ocorridos no sistema.

Com o objetivo de evidenciar as concepções espontâneas dos alunos, bem como a elaboração conceitual das noções de conservação da matéria, foram analisadas algumas seqüências das situações de ensino transcritas.

Resultados e discussões

Os resultados serão apresentados seguindo a ordem de realização dos experimentos em sala de aula, conforme descrito na metodologia. As seqüências de ensino que serão apresentadas tiveram como objetivo apoiar a elaboração conceitual das noções de conservação da substância e de conservação da quantidade da matéria envolvidas nas mudanças de estado da matéria. Embora aqui apresentemos apenas as seqüências de ensino de três experimentos ressaltamos que outras atividades foram realizadas pelos grupos, tanto antes como depois desses experimentos. A análise dessas outras seqüências de ensino será tema de outros artigos que estão em preparação. Além disso, a escolha desses experimentos se justifica por

serem os mesmos realizados na tese de doutorado de um dos autores, conforme pode ser encontrado em Eichler, Parrat-Dayan e Fagundes (2007a e 2007b). Pretende-se mostrar a evolução da compreensão dos estudantes sobre os diferentes fatores intervenientes na ocorrência dos fenômenos envolvendo transformações da matéria, que foram realizados nesta investigação.

As seqüências de 1 a 4 estão relacionadas com a expansão do ar sob aquecimento. O objetivo didático desse experimento, realizado com o grupo de alunos, foi evidenciar e mobilizar os esquemas e as concepções prévias que possuíam os estudantes, bem como avaliar a utilização que eles faziam do modelo corpuscular da matéria, apresentado pelo professor em aulas anteriores.

As seqüências de 5 a 8 estão relacionadas com as mudanças de estado do éter. As mudanças de estado físico podem ser caracterizadas pela conservação da substância, onde também há a conservação da quantidade da matéria (conservação de massa). Esse experimento foi um dos realizados durante a última fase de pesquisas desenvolvida por Piaget (1971), dedicada às explicações causais do sujeitos para fenômenos físicos. As concepções de adolescentes e de adultos para essas transformações, bem como uma revisão sobre alguns trabalhos desse período da obra de Piaget podem ser encontrados em Eichler, Parrat-Dayan e Fagundes (2007a). Uma vez que a água é o protótipo de substância líquida, o vapor de água (que é visível) de substância gasosa e a evaporação e a condensação são os protótipos das transformações físicas que sofrem os líquidos, esse experimento traz uma dificuldade para os alunos devido ao vapor de éter ser invisível. Portanto, o objetivo didático desse experimento foi evidenciar essas diferenças perceptíveis existentes na transformação da matéria com conservação da substância e provocar o debate entre os alunos sobre a aplicação dos modelos corpusculares na interpretação de fenômenos de mudanças de estado da matéria.

Finalmente, as seqüências de 9 a 16 estão relacionadas à sublimação do iodo. Esse experimento foi realizado por Stavy (1990a e 1990b) e replicado com adolescentes e adultos por Eichler, Parrat-Dayan e Fagundes (2007b). Esse experimento também traz dificuldades perceptíveis aos sujeitos, uma vez que os estados físicos da matéria são visivelmente muito diferentes. No estado sólido, o iodo é acinzentado. No estado gasoso, é violáceo. Além disso, o fluido é mais denso que o ar, o que traz uma dificuldade adicional em relação ao escorrimento da substância gasosa. Por fim, o próprio processo de sublimação, em geral, não é uma transformação que está ao alcance da vivência extra-escolar dos alunos ou que possa ser compreendida por generalização de fenômenos cotidianos. O objetivo didático desse experimento, portanto, foi o mesmo do anterior.

Seqüência 1:

Experimento com a expansão do ar, sob aquecimento. Essa seqüência permite evidenciar a concepção espontânea dos estudantes em relação ao fenômeno observado, o enchimento do balão. MIL interpreta que o ar foi impulsionado para o balão de festa, deslocando-se desde a parte de baixo do balão de vidro, sob aquecimento. Ao final da seqüência MIL se questiona

sobre essa sua interpretação do fenômeno. As alunas não utilizam nessa seqüência o modelo corpuscular da matéria para interpretar o fenômeno. Por outro lado, registramos nessa seqüência um diálogo entre MIL e BRU em relação ao preenchimento do questionário entregue pelo professor, no sentido de mostrar um pouco a dinâmica envolvida no grupo, no qual essas duas alunas realizavam a maior parte das intervenções, bem como dificuldades de outras naturezas, como o domínio do vocabulário e da escrita.

MIL: *"Olha BRU, a próxima [pergunta feita no questionário entregue pelo professor]. Por que o balão de festa ficou inflado? Eu acho que a temperatura impulsionou o ar que estava dentro do frasco e encheu o balão".* BRU já vai falando antes de MIL terminar: *"É tá, tá, é isso aí".* BRU [enquanto está escrevendo a resposta]: *"Impulsionadas, existe esta palavra?".* MIL: *"Hã?".* BRU: *"Impulsionadas, existe esta palavra?".* MIL: *"Claro que existe, né."* [depois fica observando BRU escrever]. ITE: *"Deu BRU?".* BRU olha para o relógio. MIL: *"Só falta tu colocar que foi impulsionada para dentro do balão."* BRU balbucia algo. MIL: *"Ficaria mais claro".* BRU: *"Deu, deu".* BRU [lendo sua resposta, sugerida por MIL, que seria a mesma aceita por todo grupo de alunas]: *"Porque a alta temperatura fez com que o ar que estava no interior do balão fosse impulsionado, fazendo o balão inflar".* MIL: *"Fosse impulsionado para onde? É isso que eu estou querendo dizer".* BRU e MIL comentam mais alguma coisa que não foi possível transcrever porque ITE estava gritando, que termina MIL: *"...até pode ser".*

Seqüência 2:

Essa seqüência registra o diálogo entre o professor e as alunas, enquanto elas respondem outra parte do questionário. A questão solicita que seja feita uma representação que auxilie a explicação do fenômeno, envolvendo o modelo de partículas, enunciado em aula pelo professor. Na folha de questionário há dois desenhos, com o sistema antes e depois do aquecimento. Em cada um desses desenhos há um *zoom* de uma área do balão de vidro, no qual seriam desenhadas as representações envolvendo as partículas. BRU confirma a sua concepção espontânea, ela entende que a maior parte do ar foi deslocado para o balão de festas, e resiste em modificá-la. MIL modificou sua concepção, já pressupõe um espalhamento do ar entre os balões de vidro e de festa. O professor faz questionamentos ao grupo procurando interpretar e desequilibrar a concepção espontânea expressa por BRU. Discute-se a conservação da quantidade da matéria, onde ao final o professor afirma essa conservação. Novamente, ainda não é utilizado o modelo corpuscular para explicar o fenômeno.

PROFESSOR: *"Bom, foi para cima e não tem mais ar em baixo?".* BRU: *"Tem mas..."* MIL interrompe. MIL: *"Olha aqui".* [indicando o desenho do sistema sob aquecimento e mostra que desenharam as partículas]. PROFESSOR: *"Tem tá."* MIL: *"Tem poucas, mas tem [referindo-se as partículas desenhadas]".* PROFESSOR: *"Tá, era isso que eu queria saber".* BRU [apontando para o desenho do sistema sob aquecimento]: *"Tem mais ar aqui [no balão de festas] do que aqui [no balão de vidro]".* MIL: *"Não!?"*. PROFESSOR: *"Não? Aqui e aqui [apontando para o balão de festas e para o balão de vidro, ambos na representação do sistema aquecido] tem a mesma quantidade de ar, né?".* BRU: *"Tá, e aqui?"* [indicando a representação do sistema antes do aquecimento]. PROFESSOR: *"Aqui [balão de vidro na representação do sistema antes do aquecimento] está toda a quantidade de ar, mas está*

restrito aqui [balão de vidro], certo?". MIL: "Ah-ham" [interjeição afirmativa]. PROFESSOR: "Então, aqui e aqui [indicando o balão de vidro e balão de festa na representação do sistema aquecido] tem a mesma quantidade de ar, só que restrito a tudo isso aqui [indicando todo o sistema aquecido]". MIL: "Pois é, está certo então?". PROFESSOR: "Tá...".

Seqüência 3:

Outra parte do diálogo entre professor e alunas sobre a representação e o desenho das partículas na interpretação do fenômeno. O professor questiona sobre os tamanhos diferentes das partículas desenhadas, maiores no sistema sob aquecimento. MIL manifesta a idéia que as partículas poderiam ser visíveis, talvez enfatizando a dificuldade em utilizar idéias que se relacionam a uma escala submicroscópica. BRU diz para considerar todas as partículas do mesmo tamanho, talvez por se adiantar à crítica do professor relacionada à dilatação das partículas. Nesse momento o professor poderia ter continuado questionando a concepção sobre o tamanho das partículas dos alunos, apesar de o período dessa aula estar terminando e os alunos se preparando para o intervalo.

PROFESSOR: "Tá, mas por que tem umas bolinhas maiores e umas bolinhas menores?". BRU: "Ai, porque..." MIL interrompe. MIL com voz hilária: "Porque as partículas que nós vimos, que a gente olhou..." ITE interrompe par ficar gozando do modo como MIL fala. BRU: "Ô, professor! Faz de conta que é tudo do mesmo tamanho". PROFESSOR: "Então escreve que são do mesmo tamanho".

Seqüência 4:

Essa é a última seqüência sobre a expansão do ar sobre aquecimento. As alunas estão discutindo a resposta para a última pergunta do questionário. Ao explicar o fenômeno BRU diz que as partículas com o aquecimento vão se espalhar e inflar o balão. Ou seja, a quantidade e as características das partículas continuam as mesmas, o que muda é o espaçamento entre elas. Portanto, de acordo com essa seqüência é possível dizer que as alunas conseguiram aplicar o modelo corpuscular na interpretação do fenômeno de expansão do ar sob aquecimento. Embora, na última intervenção de MIL ainda haja a declaração de um deslocamento vertical, sugerindo que a utilização do esquema de espalhamento das partículas, de acordo com o modelo corpuscular, ainda não estaria suficientemente equilibrado, ou acomodado.

BRU: "Aqui assim, ô [lê a última questão] utilizando a idéia de pequenas partículas constituintes das substâncias, explique como o balão de festas ficou inflado?". BRU complementa logo depois: "São pequenas partículas, mas são muitas". BRU fica escrevendo e MIL conferindo o que ela escreve. Enquanto tudo isso MAI e ITE ficam falando e olhando fotos. MIL comentando a resposta que BRU escreveu: "São pequenas partículas, mas são muitas. Com o aquecimento as partículas. Não seriam de ar aqui? Não teria que dizer do que eram?". BRU: "É lógico que eram de ar, não precisa dizer". Mesmo com esse comentário BRU apaga a folha e escreve partículas de ar na resposta. MIL: "Eu acho assim. Se espalharam subiram do frasco até o balão inflando-o".

Seqüência 5:

Essa é a primeira seqüência que é destacado um diálogo sobre as mudanças de estado do éter em sistema fechado. Essa aula foi realizada nove dias depois da aula em que foi discutida a expansão do ar sob aquecimento. O diálogo, com a intervenção do professor, ocorre depois que ele demonstra o experimento. As alunas são questionadas sobre a descrição do fenômeno, desaparecimento do líquido incolor que estava no balão em aquecimento e aparecimento de um líquido incolor no balão submerso em água gelada. BRU comenta em sua resposta que o líquido vai evaporar, movendo-se para o outro lado e se concentrando lá. Portanto, a aluna utiliza a idéia de evaporação para justificar o fenômeno, ainda que tenha dificuldade em atribuir uma causa para o mesmo, supondo alguma influência do ar nesse processo. BRU também manifesta uma idéia de que o gás pode ser invisível. Nessa declaração inicial não é aplicado o modelo corpuscular para justificar o fenômeno.

BRU [lê a resposta que escreveu em seu questionário]: *“Eu coloquei assim. Acho que o líquido incolor vai evaporar movendo-se para o outro balão se concentrando lá, pois a água estará fria”*. PROFESSOR: *“Tá, mas por que ele consegue se mover de um lado para o outro? [pausa] Vocês estão vendo alguma coisa aqui?”*. BRU: *“Ai... Por causa do..., do..., do ar dentro do..., do recipiente. Ou sei lá”*. PROFESSOR: *“Pois é, isso que nós estamos tentando investigar, por que será? A gente consegue ver ele passando daqui para lá?”*. BRU e ITE: *“Não”*. BRU: *“Não, pois ele está na forma de gás”*. MAI: *“É”*.

Seqüência 6:

Nessa seqüência o professor provoca a discussão sobre a causa do fenômeno. O diálogo se dá somente em relação aos fenômenos. Fala-se sobre evaporação, mas não se declara a idéia de condensação na reversibilidade do processo. BRU chega a sugerir que uma parte do líquido é arrastada no transvasamento do líquido. BRU utiliza uma analogia com uma situação real com a intenção de auxiliar a sua descrição do processo de evaporação. As alunas não aplicam o modelo corpuscular para justificar as transformações. Também não utilizam o esquema de espalhamento que foi evidenciado na seqüência 4. BRU manifesta impaciência com as perguntas do professor sobre a causa do fenômeno.

BRU: *“Tá, mas qual foi a pergunta que o senhor me fez, que eu não respondi?”*. PROFESSOR: *“Como ele passa de um lado para o outro?”*. BRU: *“Eu disse por era que tinha gás”*. [Parte inaudível na gravação]. BRU: *“O líquido. Assim, ô, professor! O líquido incolor está passando de um lado para o outro, porque a água, não, o líquido está evaporando, se transformando em gás e vai passar para o outro lado e lá vai ficar porque a água está gelada e ele não vai evaporar”*. PROFESSOR: *“Tá. Mas... Quando ele chega aqui assim [balão submerso na água gelada], chega na forma de quê?”*. BRU: *“De gás”*. PROFESSOR: *“De gás”*. BRU: *“E com a água”*. PROFESSOR: *“E por que ele fica líquido ali?”*. BRU: *“Porque a água está gelada, está fria”*. PROFESSOR: *“Porque o recipiente está frio então, é isso?”*. BRU: *“Isso”*. PROFESSOR: *“Mas, por... Então quando está frio vai virar líquido novamente?”*. BRU: *“Isso”*. PROFESSOR: *“Tá, e agora?”*. BRU: *“O que acontece quando está calor? A água dos mares evapora e daí forma as nuvens e chove água líquida”*. MIL fala algo que não foi possível captar no áudio. PROFESSOR: *“Só que agora, aqui assim... Como ele vai passar de um lado para o outro? [indicando com os dedos o caminho de um balão pra o outro]”*. BRU: *“Porque... Ai, meu deus!”*

Está difícil, ele não entende! Tem que ensinar para ele". PROFESSOR: "Não, eu quero ter certeza que vocês elaborem... Vocês estão dizendo que o vapor passa de um lado para o outro. E como é que ele passa de um lado para o outro?". BRU: "Professor, olha só! A água quente está aquecendo o líquido, incolor". PROFESSOR: "Sim...". BRU: "Fazendo com que ele evapore, se transformando em gás". PROFESSOR: "Ta, e daí?". ITE: "Está passando". BRU: "Ele vai passando para lá em gás. Quando ele chega lá, está gelado, está frio o recipiente". PROFESSOR: "Frio o recipiente...". BRU: "E como está frio, a água torna-se líquida, a água não, o líquido". PROFESSOR: "Volta a ser líquido?". BRU: "Isso, o líquido incolor".

Seqüência 7:

Uma vez que houve a dificuldade das alunas em utilizar o modelo corpuscular da matéria para justificar o fenômeno de transvasamento do líquido, o professor traz a discussão sobre a idéia de partículas, propondo relacioná-la com as mudanças de estado da matéria. No decorrer do diálogo, o professor apresenta a idéia da conservação da partícula e de sua forma, dirigindo o diálogo nesse sentido. ITE chega a supor que são as partículas que evaporam, mostrando uma concepção espontânea muito comum, onde se atribui as propriedades do sistema à própria partícula. Porém, no decorrer do diálogo manifesta a idéia de conservação da partícula. O próprio professor chegou a utilizar essa idéia, o que evidencia a dificuldade de um diálogo sobre a atribuição de causa das mudanças de estado da matéria. Ao final do diálogo, BRU sugere que as partículas estão mais ou menos agrupadas conforme o estado físico. Essa idéia BRU já havia manifestado em uma aula em que se debateu a diluição do permanganato de potássio (um sal de cor violeta) em água, mas que não consta das seqüências de ensino apresentadas neste artigo.

O esquema de agrupamento das partículas para explicar as mudanças de estado da matéria foi evidenciado por Piaget (1971), onde ele indicou que esse esquema consistiria na aplicação de uma ação de cerrar/descerrar, ou de juntar/desjuntar, das partículas que fazem parte da matéria.

PROFESSOR: "Vamos pensar assim agora em termos de densidade... Nós estamos falando a idéia de partículas. O que está acontecendo com a partícula do líquido que está aqui [balão inserido na água quente]? Que aqui é líquida... Pega e o que acontece com a partícula?". ITE: "Vai evaporar". PROFESSOR: "Vai evaporar, ela se destrói ou não?". ITE: "Não". PROFESSOR: "Não. O líquido que eu tenho aqui [balão sob aquecimento] é o mesmo que eu tenho aqui [balão sob resfriamento] não é?". ITE: "Sim". PROFESSOR: "Então devem ser as mesmas partículas. [Pausa] Elas só se transformam em vapor (sic!)". BRU: "Se transformou em... [não foi possível transcrever o resto da frase porque ITE fala mais alto]". ITE: "Ta, professor, levanta esta parte aqui [balão sob resfriamento]. Por que esta parte fica assim [apontando para a parede do balão, que tinha água condensada do lado de fora]?". PROFESSOR: "Porque está na água... Porque aqui assim a própria umidade da..., do ambiente. Saindo vapor aqui [frasco com água quente] e o nós [faz gestos de estar respirando], sai vapor. É o que acontece com um copo gelado, aquela umidade que fica ali, assim, é por causa do., da umidade do ar que se condensa porque está frio. Que é basicamente a mesma coisa que está ocorrendo dentro [indica o balão sob resfriamento], tá frio o líquido se condensa. Só que na superfície [aponta com o dedo para parede externa do balão] é vapor de água. Vamos agora a idéia de partícula... Se eu tenho uma partícula aqui, ela está saindo do líquido e indo para o vapor. A substância,

ah, a partícula está se modificando?”. ITE: “Não”. MIL balança a cabeça negativamente. PROFESSOR: “Não. A partícula não se modifica, né? Tanto que quando ela volta aqui para o lado de cá [balão sob resfriamento] ela é da mesma substância”. BRU: “É que aqui ela está mais agrupada né?...” ITE fala mais alto que BRU, não sendo possível transcrever o final da frase de BRU.

Seqüência 8:

Nessa seqüência, o professor formaliza a noção de volume do sistema material, sugere a noção de distância entre as partículas no modelo corpuscular, apresenta o conceito de densidade e indica a conservação de massa (quantidade de matéria) envolvida na transformação. Ele direciona a discussão com a intenção de que os alunos atribuam essas noções e conceitos na descrição e explicação do fenômeno de transvasamento. Ao final desse diálogo, mais uma vez BRU aplica o esquema de agrupamento das partículas para justificar as mudanças de estado. ITE sugere que uma das dificuldades na interpretação do fenômeno é a percepção, o gás (vapor de éter) é invisível.

PROFESSOR: “O que acontece ali assim? A partícula muda? [Pausa] Não”. ITE: “Não”. PROFESSOR: “Se a partícula não muda, a massa dela muda?”. ITE: “Não”. PROFESSOR: “Não, basicamente o que vocês disseram que mudou. A distância entre elas, não é?”. Alunas confirmam com um balançar de cabeça. PROFESSOR: “A distância então está relacionada... Então se vocês pegarem três dimensões, vai dar o que?”. ITE: “O que?”. PROFESSOR: “Se eu pegar distância em três dimensões [faz gestos em três direções], vai representar o que? Não vai se representar o volume?”. ITE: “Vai”. PROFESSOR: “Então em três dimensões vai ser o volume. Então se está aumentando a distância entre elas, está aumentando o volume entre elas. [Pausa] Né? [Pausa] Então se a massa é a mesma e o volume é maior, o que acontece com a densidade?”. ITE: “Aumenta. Não?”. PROFESSOR: “Densidade é a massa dividido por volume. Se eu divido por um negócio maior, ela diminui né? Por isso a densidade do gás é menor, tem mais espaço entre as partículas, por isso o volume vai ser maior também. Por isso a densidade do gás é menor. Se a densidade do gás é menor, tem mais espaço para as partículas se moverem entre elas”. BRU: “O professor a três [refere-se a questão do questionário, que solicita: “explique, através do modelo de partículas constituintes das substâncias, o que está acontecendo”] dá para responder com desenhos?”. PROFESSOR: “Pode representar com desenhos também. Sempre pensando nas partículas. O que está acontecendo com as partículas agora, elas estavam ali agrupadas”. BRU: “Elas estão agrupadas, então se quebram e se espalham e passam para o outro lado”. PROFESSOR: “E por que elas se espalham e conseguem vir para cá [balão sob resfriamento]?”. BRU: “Por causa do.., do..., sei lá”. PROFESSOR: “Tem alguma coisa impedindo de elas virem para cá?”. ITE e BRU: “Não”. PROFESSOR: “Então se as part... Isso é uma característica do gás, um gás pode se expandir até todo o recipiente que ocupa”. BRU: “Ta, então ele passa para o outro lado e se reagrupa”. PROFESSOR: “Então quando elas se condensam aqui assim [balão sob resfriamento] O que acontece? Não vai sobrar espaço aqui, não vai? Então as moléculas vão continuar a vir para cá. Por que a tendência é todo o tubo estar ocupado com a mesma concentração de gás”. ITE: “Só que a gente não vê”. PROFESSOR [mostrando o equipamento]: “Só que a gente não ver o gás, né?”. ITE: “Posso brincar com o equipamento?”. PROFESSOR: “Não. Tem material tóxico ali junto no brinquedo”.

Seqüência 9:

Essa é a primeira seqüência relacionada à tarefa com a sublimação do iodo. A aula ocorreu cinco dias depois da aula envolvendo o experimento com o éter. Essa aula teve maior carga horária, sendo realizada em dois períodos consecutivos, justamente devido à presumida maior dificuldade dos alunos na compreensão desse fenômeno. Essa primeira seqüência está relacionada com a previsão do fenômeno, ocorreu, portanto, antes que o professor demonstrasse o experimento. Nessa previsão, as alunas discutem se o sólido iria desmanchar, evaporar, derreter ou virar pó, manifestando suas concepções espontâneas. Nota-se, aqui, a prevalência das opiniões de BRU e de MIL em relação a suas colegas, que chegam a silenciar ITE. Em outras seqüências pôde-se notar que ela falava mais alto, ao mesmo tempo de suas colegas. Nessas seqüências podemos evidenciar que as trocas de idéias não ocorrem entre todas as alunas do grupo. Para explicar a resposta dada BRU vai dizer que a temperatura vai fazer as partículas se dispersarem, mas uma vez aplicando o esquema evidenciado nas seqüências anteriores. É interessante verificar que o pó chega a ser entendido por BRU como um estado físico diferente do sólido. As concepções dos alunos para esses possíveis estados físicos intermediários foram registradas por Nakhleh, Samarapungavan e Saglam (2005).

BRU [lendo a pergunta do questionário]: *“O que você acha que irá acontecer quando o sólido for aquecido?”*. BRU: *“Será que ele vai se desmanchar ou será que ele...”*. MIL interrompe dizendo: *“Vai se transformar em pó”*. ITE tenta falar alguma coisa, mas é interrompida por BRU. BRU: *“Sim, será que ele vai se desmanchar ou será que ele vai evaporar?”*. MAI: *“Eu acho que ele vai se desmanchar”*. BRU: *“Se desmanchar, tipo derreter”*. MAI: *“É derreter”*. BRU [lê sua resposta para as colegas]: *“Acredito que ele se desmanche, tornando-se pó”*. Ficam escrevendo nas folhas, todas escrevem a mesma coisa. MAI: *“Eu não entendi a três [questão em que se solicita que elas expliquem sua previsão]”*. BRU [interrompendo]: *“Só um pouquinho, se não eu vou perder o raciocínio”*. BRU escreve sua resposta. BRU [lê sua resposta]: *“Eu coloquei assim: Porque acredito... A pergunta dizia: Explique sua resposta à questão anterior. Eu coloquei: Porque acredito que o aumento da temperatura faça com que as suas partículas se dispersem dando forma de pó ao sólido”*.

Seqüência 10:

O professor realiza a demonstração. As alunas observam a formação do vapor violáceo ou róseo durante o aquecimento. Posteriormente o professor retira o balão de vidro do aquecimento e pergunta para as alunas que o que ocorre quando o sistema resfria. A conservação da substância não é compreendida, as alunas têm dificuldades de formular uma resposta. Elas não identificam o material brilhante disperso (iodo recristalizado) como sendo o mesmo sólido inicial. As alunas, mais uma vez, se impacientam com a insistência do professor em perguntar sobre a descrição do fenômeno. MAI chega a supor que o material inicial se transformou, mas não indica o tipo de transformação. BRU e ITE sugerem que o material brilhante disperso tem origem no material sólido inicial. Ainda não é possível evidenciar o modelo de transformação que as alunas atribuem ao fenômeno.

PROFESSOR [fazendo a demonstração do experimento para toda a turma]: *"Logo que começa a esfriar o que acontece com o gás? Com a cor?"*. Muitos alunos da turma: *"Vai sumindo"*. PROFESSOR: *"Por que a cor vai sumindo?"*. Alvorço, vários alunos da turma tentam formular respostas. PROFESSOR: *"Se está assim [mostra o balão com o bocal para cima] a cor está escapando?"*. Outro aluno fala com o professor tentando dar uma explicação. Enquanto isso MAI e BRU ficam conversando a respeito. MAI [interrompendo BRU para ouvir o professor]: *"Porquê?"*. BRU para MAI: *"Porque não tem mais, porque não tem mais aquele, porque não está mais aquecido, sei lá"*. MAI para BRU: *"Não, por causa do ar, lembra o ar é mais pesado"*. PROFESSOR [segue a demonstração e pergunta para toda a turma]: *"Se eu esquentar, vai voltar a cor, mas de onde surge está cor? Recapitulando"*. BRU: *"Do sólido"*. PROFESSOR: *"Do sólido tá. E onde está o sólido agora?"*. BRU: *"Desmanchado, sumiu, sei lá"*. MAI: *"Se transformou"*. MIL fala alguma coisa não captada pelo áudio. PROFESSOR: *"Mas onde estão ele agora?"*. BRU: *"Estão dispersos aí, sei lá"*. PROFESSOR: *"Dispersos aonde?"*. BRU: *"Dentro do recipiente"*. PROFESSOR: *"Da para ver estas partículas aí?"*. BRU: *"Não, pois estão em forma de vapor"*. PROFESSOR: *"Mas o vapor não é a coisa rosa?"*. BRU: *"É, professor"*. PROFESSOR: *"Mas onde está a coisa rosa agora?"*. BRU [mostra impaciência]: *"Ah, professor!"*. ITE [falando para as colegas]: *"Vai começar tudo de novo"*. MAI para BRU: *"Então dá para ver"*. PROFESSOR: *"Tá! O que apareceu mais no recipiente além da coisa rosa?"*. MIL: *"Brilho"*. PROFESSOR: *"Brilho, tem brilho aqui em cima [apontando para as paredes do balão]?"*. PROFESSOR [mostrando o balão para todos os alunos da turma]: *"Tem brilho aqui? Tem brilho aqui?"*. Os alunos vão respondendo que sim. PROFESSOR: *"De onde vem esse brilho?"*. BRU e ITE: *"Do sólido"*.

Seqüência 11:

O professor termina a demonstração e pede que os pequenos grupos discutam entre si e respondam os questionários, que contém questões sobre a descrição e a explicação dos fenômenos. O professor passa entre os grupos, discutindo com os alunos as suas respostas. No grupo que foi acompanhado, as alunas ainda manifestam dificuldade na compreensão da transformação. BRU declara que o sólido poderia ter se transformado em vapor, mas MAI, também, sugere que a cor viria do sólido. Não se pôde perceber se ela teria a idéia que a cor foi extraída de dentro do sólido, como, por exemplo, declaram sujeitos adolescentes e adultos na investigação desenvolvida por Eichler, Parrat-Dayán e Fagundes (2007b). Em relação ao modelo corpuscular, dessa vez é MAI quem tenta atribuir o esquema de dispersão na descrição do fenômeno.

MIL [lê uma pergunta do questionário]: *"De onde vem a cor?"*. BRU: *"Do sólido"*. MAI: *"Eu perguntei para ele [referindo-se a PROFESSOR], mas ele disse que não"*. BRU [chamando o professor]: *"Ô, professor! [Quando ele chega] Assim ô, a pergunta pede para descrever o que está acontecendo, eu respondi: Ele se transforma em gás com cor roxa. Fica no fundo do recipiente pois, é mais denso que o ar"*. PROFESSOR: *"Sim"*. BRU: *"E depois pergunta de onde vem a cor dentro do tubo? Do sólido"*. PROFESSOR: *"Sim, não é?"*. BRU percebe que pulou uma a pergunta do questionário. MIL fica confusa. Ambas ficam confusas, até que BRU lê a questão novamente: *"O que é a cor dentro do tubo?"* Ela complementa respondendo: *"É o sólido se transformando em vapor"*. MAI: *"Não é a dispersão das partículas que se abrem e...?"*. BRU [interrompe falando algo que não foi possível captar no áudio, terminado com]: *"... se está no vapor as partículas já estão dispersas"*. Todas escrevem

nas folhas, as mesmas respostas. BRU [lendo uma pergunta do questionário]: *"De onde vem a cor dentro do tubo"*. MAI: *"Do sólido"*.

Seqüência 12:

Nessa seqüência as alunas voltam a chamar o professor, para que ele oriente as respostas ao questionário. O professor aproveita o momento e sugere respostas alternativas, no sentido de identificar a consistência das respostas das alunas. Além disso, sugere o uso do termo substância e questiona sobre a conservação da mesma durante a realização do experimento. BRU utiliza a idéia de dispersão entre as partículas para justificar a transformação da aparência da substância. Ao final, ao responder uma contra-sugestão do professor, MIL manifesta, ainda que sem precisão, que houve a conservação da substância.

BRU [perguntando par o PROFESSOR que está de pé, circulando pela sala]: *"Ô, professor! A questão 5, pergunta o que é a cor que surge dentro do tubo, eu coloquei: é o sólido se transformando em vapor, ou seja, suas partículas ficam bem dispersas, é isso?"*. PROFESSOR passa pelos grupos e BRU fica perguntando se está certa a resposta. PROFESSOR [ao se aproximar do grupo]: *"Está no estado sólido ou já está em outro estado?"*. BRU: *"Eu coloquei que é o sólido se transformando em vapor. O que é a cor? É o sólido se transformando em vapor"*. PROFESSOR: *"Ou já é o vapor?"*. BRU: *"Não, já é vapor"*. MIL: *"É o vapor do sólido, então"*. Todas apagam as folhas e escrevem a nova resposta. BRU [pergunta ao PROFESSOR sobre a mesma questão]: *"É só esta a resposta: é o vapor do sólido?"*. PROFESSOR: *"Não chama sólido chama de substância"*. BRU: *"Então é o vapor da substância, só isso?"*. PROFESSOR: *"Ou é uma outra substância que aparece aqui dentro [mostra o balão em que foi realizado o experimento]?"*. MIL: *"Não. Era o vapor daquela substância"*. PROFESSOR [balança a cabeça positivamente]: *"Tá"*. MIL comenta algo com PROFESSOR que não foi possível transcrever. PROFESSOR: *"É que poderiam dizer que era uma outra substância..."*. MIL: *"Nããã... Não"*.

Seqüência 13:

As alunas discutem sobre o desaparecimento da cor e a formação do sólido finamente dividido na parte superior do balão. Mais uma vez a discussão é feita apenas entre MIL e BRU. As outras alunas, ITE e MAI, apenas acompanham a discussão, esperando alguma solução para escrever o mesmo que suas colegas em seus questionários. A reversibilidade do processo, com a recristalização do iodo, ainda causa desequilíbrio. Inicialmente MIL têm dificuldade em formular a idéia de conservação da substância na reversibilidade do processo, "não consigo falar". Depois descreve apenas o fenômeno. Por fim, afirma que o processo resultou na mesma coisa. Nessa seqüência pode-se observar que ela declara a conservação da substância, que na seqüência anterior apareceu de forma imprecisa. Ao final, BRU parece não aceitar essa idéia, que parece supor um modelo de material composto, a cor surge do material quando aquecido e depois voltaria para ele quando resfriado.

MIL [lê uma a pergunta do questionário]: *"O material brilhante na parte superior do tubo é a mesma substância sólida que foi aquecida? Por quê?"* [Ela responde] *"É, pois a substância aquecida se transformou em vapor e..."* [faz um careta, como se ficasse confusa]. BRU [interrompendo]: *"Espera aí. O material brilhante na parte superior do tubo é a mesma substância sólida que*

foi aquecida? Por que? [Pausa] "Por que a purpurina [referindo-se ao sólido finamente dividido] é o sólido". BRU [lê novamente a pergunta]: "O material brilhante na parte superior do tubo é a mesma substância sólida que foi aquecida? Por que?". MIL: "Eu estou com o pensamento na ponta da língua, mas não consigo falar". Por um momento, ficam em silêncio. MIL: "Porque devido à temperatura, o sólido se transformou nestas partículas finamente divididas. É isso". BRU e MIL escrevem suas respostas, enquanto MAI e ITE, a essa altura um tanto fora da discussão, tentam ficar copiando o que BRU e MIL escrevem. BRU: "O que tu colocou aí que eu não entendi?". MIL: "É que a temperatura fez o sólido se transformar nestas coisas brilhantes". BRU: "No vapor na realidade, ele não se transformou naquilo ali, ele foi perdendo a cor". MIL interrompe: "Sim, foi um processo que resultou na mesma coisa". BRU: "Só se agente deixar assim ele [professor] vai dizer que está errado". BRU [lê mais uma vez a pergunta]: "O material brilhante na parte superior do tubo é a mesma substância sólida que foi aquecida? Por que? [Complementando lendo a resposta que escreveu] É, pois devido ao aquecimento o sólido se transformou em vapor. [Depois acrescenta uma idéia que ainda não está escrita] E logo após, quando houve o resfriamento ele foi se depositando nestas partes brilhantes". MIL faz uma careta, parece que não gostou muito da resposta formulada por BRU. BRU segue escrevendo, MIL faz outra careta. MAI e ITE tentam ver o que BRU escreve. BRU: "Olha aqui como ficou MIL. É, pois devido ao aquecimento o sólido transformou-se em vapor. Quando houve o resfriamento ele foi se depositando neste sólido finamente dividido". BRU [chamando o professor]: "Ô, professor! Está errado não é possível!"

Seqüência 14:

Nessa seqüência é possível notar o papel do professor na elaboração da idéia de conservação da substância. O professor conduz o diálogo de forma que seja utilizada a idéia que se uma propriedade da matéria se conserva (no caso, sob aquecimento tanto do sólido inicial quanto do sólido finamente dividido ocorre o aparecimento de cor), há conservação da substância. MIL já havia aceito essa idéia. Quando BRU declara que não havia outro material dentro do balão de vidro, rejeita uma hipótese que foi encontrada na pesquisa de Eichler, Parrat-Dayan e Fagundes (2007b), de que a formação da substância colorida poderia ser explicada através de algum tipo de reação entre o material sólido e o calor ou o ar, por exemplo, como declararam alguns adolescentes e adultos. BRU responde afirmativamente as questões do professor, mas ainda não é possível depreender que ela tenha assimilado a noção. MAI e ITE, mais uma vez, que fora do diálogo.

BRU: "Professor a resposta de uma questão não ficou clara. O material brilhante na parte superior do tubo é a mesma substância sólida que foi aquecida? Por que? Olha a minha resposta. É, pois devido ao aquecimento o sólido transformou-se em vapor. Quando houve o resfriamento ele foi se depositando neste sólido finamente dividido". PROFESSOR: "Tá, mas...". BRU [interrompe, com impaciência]: "Eu não acredito está toda essa resposta errada". PROFESSOR: "Calma um pouquinho. Como você tem certeza que era o mesmo material?". BRU: "Não tinha outro material ali". PROFESSOR: "Tá, mas poderia se pensar que havia se transformado em outro material. Então tem que ver as características do material. Por isso que a gente trabalha com características e/ou propriedades. Quais as características do sólido antes? As características que o sólido tinha antes era um sólido cinza brilhante. Quais as características que tu tem no sólido depois? Também meio acinzentado e brilhante. São parecidos. A cor cinza a gente quase não pode perceber por ele

estar bem finamente dividido. Mas qual outra característica mais importante que a gente fez no experimento? Quando a gente aqueceu o sólido inicial o que acontecia com ele?”. BRU: “Virava vapor”. PROFESSOR: “Virava um vapor colorido. Quando a gente aqueceu a purpurina [o sólido finamente dividido] o que aconteceu com ela?”. MIL: “Virou um gás colorido. Então eles [referindo-se aos sólidos inicial e final] eram a mesma coisa, pois tinham as mesmas características”. PROFESSOR: “Isso. Ambos quando são aquecidos viram um gás colorido”. BRU: “Ambos o que? É porque têm as mesmas características não é isso?”. PROFESSOR: “Quando aqueceu o sólido não virou um gás colorido?”. BRU: “Ah-ham [responde afirmativamente]”. PROFESSOR: “Quando foi aquecida a purpurina também não virou um sólido colorido?”. BRU: “Ah-ham [responde afirmativamente]”.

Seqüência 15:

Nessa seqüência BRU e MIL dialogam sobre a conservação da quantidade da matéria (conservação de massa). Sozinhas elas não conseguem chegar a uma conclusão. Enquanto esperam pelo retorno do professor, conversam sobre outros assuntos. MIL sugere que há conservação da quantidade de matéria, justificando a conservação da substância. BRU questiona essa idéia e diz esperar o professor.

BRU para MIL: *“Tu respondeu a 14 [a questão é a seguinte: “a quantidade de material brilhante é a mesma quantidade de material contida na pedrinha colocada no início ou houve alteração da quantidade?”]?”*. MIL: *“Eu estou em dúvida. Porque. Houve alteração na quantidade? Eu acho que não, pois ele só está mais disperso, mas o sólido é o mesmo”*. BRU: *“Eu acho que não, pois na parte do material brilhante ainda tem partes vapor, ou seja, mesmo que, vamos dizer assim, é difícil. O material brilhante tende, ai! Quando tem o material brilhante na bordinha ali, tem também no vapor ainda, não está tudo no material brilhante. Mas eu não sei se ele está dizendo depois que já está tudo no material brilhante...”*. MIL: *“É isso que eu ia perguntar para ele, mas daí começou a falar, mas foi embora e não respondeu”*. BRU: *“Mas respondeu a pergunta anterior, resolveu uma pergunta pelo menos”*. Chamam o professor. Todas as alunas do grupo ficam, por mais de um minuto, conversando sobre o dia-a-dia. MIL: *“BRU o que é a 14? Tu entendeu”*. BRU: *“Eu não sei, estou esperando o professor aparecer”*. MIL: *“Espera ai, mas a resposta é sim, só tem que justificar”*. MIL fica lendo a questão

Seqüência 16:

O professor volta para conversar com as alunas do grupo sobre a questão envolvendo a conservação da quantidade da matéria. Durante o diálogo, MIL continua com suas respostas de conservação, manifestando, inclusive, critérios em que não ocorreria a conservação. No decorrer do diálogo, BRU manifesta a conservação da quantidade da matéria como uma consequência da conservação da substância. Ao final, atribuem o esquema de agrupar/desagrupar para justificar as mudanças de estado da matéria. Também indicam que a temperatura estaria relacionada a tal esquema. Para uma efetiva elaboração do modelo corpuscular da matéria, falta apenas a idéia que as partículas estão em agitação e que ela aumenta com a temperatura, provocando o desagrupamento das partículas. Essa idéia seria trabalhada pelo professor a partir de outros experimentos, na continuidade das aulas.

BRU: *"Eu quero saber como faz a 14 [pergunta sobre a conservação da quantidade da matéria]. Porque assim, ô, eu não sei se quando tem o material brilhante, já não é mais vapor, já está tudo brilhante. Entendeu?".* PROFESSOR: *"Isso".* BRU: *"Então não houve, então não pode ter ocorrido, não diminui a quantidade melhor dizendo? A não ser que...".* PROFESSOR: *"Por que diminuiria a quantidade?".* BRU: *"Eu não sei. Eu acho que não diminui a quantidade".* PROFESSOR: *"E por que tu acha..."* MIL: *"Só se saiu [faz um gesto com as mãos, no sentido de levar adiante]".* PROFESSOR e BRU falam ao mesmo tempo: *"Se saísse do frasco".* PROFESSOR: *"Se não saiu, o que aconteceu com o vapor? Se tornou sólido novamente".* MIL: *"Então o sólido é o mesmo".* PROFESSOR: *"Então o sólido é o mesmo".* BRU: *"A quantidade é a mesma".* PROFESSOR: *"Se não saísse nada do frasco".* BRU: *"Dai vai perguntar o porquê disso?".* MIL: *"Por que o sólido não saiu do frasco. Não é por isso? [perguntando ao professor]".* PROFESSOR: *"Por isso e por que mais também. Não é o mesmo sólido?".* MIL: *"Então eu poderia dizer...".* BRU [interrompe]: *"... que é o mesmo sólido".* MIL [complementa]: *"E que o mesmo não saiu do frasco".* As alunas escrevem suas respostas. BRU: *"A questão 17 pergunta: Utilizando da idéia de pequeníssimas partículas constituintes das substâncias explique o que ocorreu no sistema? Eu botei assim ô. Quando sólidas, as partículas estavam bem agrupadas, quando vapor as partículas ficaram dispersas, quando brilho ele estava com suas partículas bem agrupadas, pois também é sólido".* PROFESSOR: *"E o que fez as partículas se agruparem e se desagruparem?".* BRU: *"A temperatura".* PROFESSOR: *"Então coloca".* BRU: *"Colocar o motivo disso é a temperatura. É isso?".* PROFESSOR: *"Não. O que o aumento da temperatura faz agrupar ou desagrupar?".* BRU: *"Ai meu deus, então eu vou ter que apagar tudo!".* PROFESSOR: *"Não só complementa assim as partículas são agrupadas quando tal, as partículas são agrupadas quando tal".* BRU: *"MIL eu complementei assim. As partículas são desagrupadas quando há um aumento de temperatura e agrupadas quando há resfriamento".*

Conclusões

A partir das seqüências de ensino analisadas, buscou-se evidenciar a compreensão das estudantes sobre os fenômenos de expansão do ar, sob aquecimento, e de mudanças de estado físico. Os modelos explicativos utilizados pelas alunas na justificação dos fenômenos observados, também, foi um foco de análise.

Cada uma das experiências teve por objetivo evidenciar as concepções espontâneas das alunas, para que o professor através de uma intervenção dialógica pudesse fomentar o entendimento dos aspectos de conservação da substância, durante as mudanças de estado da matéria. Nos diferentes experimentos, objetivando a compreensão dos fenômenos em estudo, buscou-se a retomada dos conceitos construídos, como forma de consolidá-los e servirem de âncora para novas construções conceituais. Em cada experiência um novo desafio, novas construções.

No decorrer dos experimentos, pôde-se evidenciar a formação do esquema de agrupamento para justificar as mudanças de estado da matéria. Nesse sentido, BRU e MIL utilizaram esse esquema para descrever e justificar diversas transformações que fizeram parte das atividades didáticas. Assim, é possível afirmar que houve evolução dos estudantes em relação à compreensão dos fundamentos da organização da matéria a nível corpuscular.

Embora os estudantes tenham mostrado sua compreensão dos fenômenos estudados em sala de aula, é importante salientar que eles conservam alguma dificuldade de mobilizar o conhecimento construído para novas situações de aprendizagem, como foi visto na sucessão dos diferentes episódios de ensino.

As interações entre as alunas não foram constantes. MAI praticamente não participou das discussões e ITE participou pouco. Então, a maior parte das trocas foram realizadas entre BRU e MIL. Nesse sentido, pode-se imaginar incluir, em pesquisas futuras, alguns elementos para o estudo sobre as características motivacionais dos estudantes de ciência em nível escolar.

Apesar do professor ter sido, em diversas vezes, muito diretivo em suas interações, explicitando as idéias que poderiam ter sido elaboradas pelas alunas do grupo, evidenciamos que o papel mediador do professor na construção de conceitos pelo aluno foi fundamental para a aprendizagem das alunas em realidade escolar. Além disso, ao longo dos diálogos registrados nas seqüências de ensino, foi possível constatar que a proposta didática do professor, envolvendo a demonstração e a realização de experimentos discutidos em pequenos grupos, auxiliou a elaboração conceitual das alunas que participaram ativamente do processo, possibilitando uma melhor compreensão dos fenômenos em estudo.

Por fim, em relação ao exercício docente, entendemos que é importante ressaltar a valorização do tempo que o professor dispensa para seu planejamento das atividades de sala de aula, bem como as ações de formação continuada em que se ele insere, como, por exemplo, em nível de pós-graduação.

Referências bibliográficas

Barker, V. (2000). *Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas*. Londres: Royal Society of Chemistry. [Documento digital em: <http://www.chemsoc.org/networks/learnnet/miscon.htm>].

Benarroch, A. (2000). El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 235-246.

Bovet, M.; Parrat-Dayán, S. e J. Vonèche (1987). Comment engendrer une explication causale par apprentissage? I – Le rôle du dialogue. *Enfance*, 40 (4), 297-308.

Bovet, M.; Parrat-Dayán, S. e J. Vonèche (1989). Cognitive development and interaction. Em: M.H. Bornstein e J.S. Bruner, *Human Development* (pp. 41-57). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Eichler, M.L.; Parrat-Dayán, S. e L.C. Fagundes (2007a). Concepções de adolescentes e de adultos sobre as mudanças de estado do éter. *Submetido à publicação*.

Eichler, M.L.; Parrat-Dayán, S. e L.C. Fagundes (2007b). Concepções de adolescentes e de adultos sobre a sublimação do iodo. *Submetido à publicação*.

Gómez, E.J.; Benarroch, A. e N. Marín (2006). Evaluation of the degree of coherence found in students' conceptions concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 577-598.

Krnel, D; Glažar, S.A. e R. Watson (2003). The development of the concept of 'matter': a cross-age study of how children classify materials. *Science Education*, 87, 621-639.

Krnel, D.; Watson, R. e S.A. Glažar (2005). The development of the concept of 'matter': a cross-age study of how children describe materials. *International Journal of Science Education*, 27 (3), 367-383.

Moro, M.L.F. (1991). Crianças com crianças, aprendendo: interação social e construção cognitiva. *Cadernos de Pesquisa*, 79, 31-43.

Moro, M.L.F. (2000). A epistemologia genética e a interação social de crianças. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 13 (2), 295-310.

Nakhleh, M.B.; Samarapungavan, A. e Y. Saglam (2005). Middle school students' beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 581-612.

Parrat-Dayán, S. (2003). Psicologia de Piaget aplicada à educação: como isto funciona? *Escritos sobre Educação*, 2 (2), 33-42.

Parrat-Dayán, S. e A. Tryphon (1998). Introdução. Em: J. Piaget. *Sobre a pedagogia*. São Paulo: Casa do Psicólogo.

Perret-Clermont, A.-N. (1994). Interações sociais no desenvolvimento cognitivo: novas direções de pesquisa. Em: E. Toschi (Org.), *Abordagem psicossociológica do desenvolvimento humano* (pp. 7-29). Porto Alegre: FAGED/UFRGS.

Piaget, J. (1971). Causalité et opérations. Em J. Piaget e R. García. *Les Explications Causales*. Paris: PUF.

Piaget, J. (1990). *Epistemologia genética*. São Paulo: Martins Fontes.

Piaget, J. (1998a). Observações psicológicas sobre o trabalho em grupo. Em: J. Piaget. *Sobre a pedagogia*. São Paulo: Casa do Psicólogo. (Trabalho originalmente publicado em 1935).

Piaget, J. (1998b). Observações psicológicas sobre o ensino elementar das ciências naturais. Em: J. Piaget. *Sobre a pedagogia*. São Paulo: Casa do Psicólogo. (Trabalho originalmente publicado em 1949).

Samrslá, V.E.E.; Guterres, J.O.; Eichler, M.L. e J.C. Del Pino (2007). Da mineralogia à química: uma proposta curricular para o primeiro ano do ensino médio. *Química Nova na Escola*, 25, 20-26.

Stavy, R. (1990a). Children's conceptions of changes in the state of matter: from liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (3), 247-266.

Stavy, R. (1990b). Pupils' problems in understanding conservation of matter. *International Journal of Science Education*, 12 (5), 501-512.