



INTRODUÇÃO AO TEMA DISSOLUÇÃO ATRAVÉS DA ELABORAÇÃO DE ANALOGIAS PELOS ALUNOS FUNDAMENTADA NA MODELAGEM

TEACHING OF DISSOLUTION THROUGH STUDENTS' MODELLING- BASED GENERATION OF ANALOGIES

Nilmara Braga Mozzer¹

Rosária Justi²

¹ Universidade Federal de Minas Gerais / Faculdade de Educação,
nilmarab@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Química, rjusti@ufmg.br

Resumo

Existe um relativo consenso na literatura de que analogias devem ser usadas no ensino para facilitar o entendimento dos alunos, a aquisição de novos conhecimentos e a modificação de concepções alternativas. Neste trabalho, nos propusemos a investigar como atividades de elaboração de analogias pelos alunos, fundamentadas em modelagem, podem contribuir para que eles compreendam aspectos submicroscópicos do processo de dissolução. Por meio da análise de todo material produzido pelos alunos e das anotações de campo da pesquisadora, foi produzido um estudo de caso de um grupo participante com o objetivo de identificar como as idéias dos alunos se modificaram ao longo do processo de ensino. A análise dos dados mostrou que as atividades forneceram as condições necessárias para que professora e alunos se engajassem no processo de elaboração, avaliação, modificação ou até substituição das comparações estabelecidas, resultando na compreensão de idéias coerentes com aquelas cientificamente aceitas para o processo.

Palavras chave: Analogias, comparações, modelagem, dissolução.

Abstract

The view that analogies should be used in teaching contexts in order to facilitate students' understanding and conceptual change is generally accepted in the literature. In this study, we aim at investigating how modelling-based generation of analogies activities can contribute for students' understanding of dissolution sub-microscopic aspects. From the analysis of both all the written material produced by students and one of the researcher's notes, we have produced a case study for one of the students' groups in order to identify how their ideas had changed during the teaching process. Data analysis showed that the teaching activities provided the necessary conditions for favouring the teacher and the students' engagement in producing, assessing, changing, or even substituting the comparisons previously proposed, thus resulting in students' understanding of ideas coherent with those scientifically accepted.

Keywords: Analogies, comparisons, modelling, dissolution.

INTRODUÇÃO

ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A distinção entre o familiar e o não familiar, ou entre o conhecido e o desconhecido, ocorre por meio de comparações por nós estabelecidas. Sem essa capacidade de distinção, todas as nossas experiências nos pareceriam genuinamente novas. Como destacado por Wong (1993), entre outros, somente aquilo que nos surpreende como não familiar é que se define como diferente ou novo em nossas experiências. É esse equilíbrio entre reconhecimento e diferenciação que caracteriza a percepção e o entendimento humanos e faz do raciocínio analógico um recurso potencial do nosso pensamento.

Como representações parciais de idéias, analogias são *modelos* (DUIT, 1991) que propiciam o estabelecimento de *relações* entre um domínio familiar chamado de *domínio análogo* (GLYNN, 1991) e um outro desconhecido chamado de *domínio alvo* por autores como Gentner (1983), Duit (1991) e Glynn (1991).

Na medida em que possibilitam a comparação entre situações novas e um domínio do conhecimento mais familiar, as analogias podem ser valiosas ferramentas de ensino, especialmente sob o ponto de vista construtivista, segundo o qual aprender é um processo de construção ativa e que só é possível com base no conhecimento previamente adquirido. De acordo com esse enfoque, o conhecimento prévio do aluno determina os significados que ele atribui, derivados do processo de instrução. Além disso, o ensino que não se constrói sobre esse conhecimento e entendimento tende a não conduzir a uma aprendizagem significativa (BROWN; CLEMENT, 1989).

No caso da aprendizagem de ciências como a química, em que os aspectos novos a serem entendidos pelos alunos são, em sua maioria, abstratos, o uso de analogias mostra-se relevante. Por esse motivo, existe uma grande defesa na literatura do ensino de química e de outros ramos da ciência (como a física, a biologia e a geografia) favorável à utilização e elaboração de analogias com os objetivos de facilitar o entendimento dos alunos, a aquisição de novos conhecimentos e a modificação de concepções alternativas (BROWN; CLEMENT, 1989; MENDONÇA, et al., 2006; THIELE; TREAGUST, 1991).

Apesar do reconhecimento do papel das analogias na aquisição de novos conhecimentos e na mudança conceitual por parte de professores e de diversos pesquisadores das áreas de educação em ciências e psicologia da educação, a maioria das experiências conduzidas em salas de aula e em outros ambientes de trabalho examina o raciocínio analógico em contextos de resolução de problemas nos quais os domínios alvo e análogo são fornecidos e bem definidos pelo professor e/ou pesquisador, restando ao aluno e/ou sujeito da pesquisa apenas estabelecer as correspondências e relações entre aqueles domínios.

Nesses casos, o sucesso ou insucesso em executar a tarefa, e, conseqüentemente, o raciocínio analógico do sujeito, depende do estabelecimento das relações consideradas “corretas” entre os domínios comparados, com vistas a uma melhor compreensão do modelo científico consensualmente aceito (domínio alvo).

Se considerarmos que os alunos, usualmente apresentam um conhecimento anterior incompleto ou mal organizado com relação ao domínio alvo (WONG, 1993) e que, muitas vezes, o próprio domínio análogo a eles apresentado pode não lhes ser familiar ou, ainda, que eles podem possuir concepções errôneas com relação a este que podem ser transferidas para o alvo (DUIT, 1991), verificamos que o tipo de tarefa descrito anteriormente não é condizente com as premissas construtivistas aqui

apresentadas e defendidas e que, portanto, podem falhar no que diz respeito a situações de aprendizagem.

Atualmente, existem poucos estudos sobre alunos utilizando analogias espontaneamente ou gerando suas próprias analogias (CLEMENT, 2008; MOZZER, 2008; PITTMAN, 1999; WONG, 1993). Entretanto, os poucos estudos conduzidos nessas perspectivas demonstraram que, ao permitir que os alunos estabeleçam suas próprias analogias, eles têm que procurar por relações de similaridades a partir de sua própria perspectiva, o que pode levá-los a um entendimento mais profundo dos domínios comparados (PITTMAN, 1999).

A complexa, tácita, não-observável e contra-intuitiva natureza dos modelos científicos faz com que concepções errôneas dos alunos venham a se tornar a regra ao invés de a exceção durante o processo de instrução, o que destaca a importância de processos de *feedback* crítico e correção. Para que os alunos entendam porque um modelo estabelecido tem certas vantagens sobre suas pré-concepções, eles precisam estar envolvidos na auto-avaliação de seus próprios entendimentos (meta-conhecimento). Isso significa que a aprendizagem de modelos científicos requer um tipo de aprendizagem por execução, construção e crítica, ao invés de somente pela escuta (CLEMENT, 2008).

O ESTABELECIMENTO DE ANALOGIAS FUNDAMENTADO EM MODELAGEM

A promoção de atividades de modelagem entre alunos em contexto escolar se apresenta como uma boa alternativa na busca de atingir os objetivos didáticos, relacionados à aprendizagem de conteúdo, e heurísticos, relacionados à aprendizagem sobre os processos de construção da ciência, destacados por Duit (1991).

Ao criar, expressar e avaliar seus modelos, os alunos podem se tornar capazes de conhecer os principais modelos da química; desenvolver uma visão adequada da natureza analógica desses modelos; e apreciar o papel dos modelos na credibilidade e disseminação dos produtos da investigação química (JUSTI; GILBERT, 2002), reconhecendo sua validade, seu poder de predição e suas limitações. Isso atenderia também aos objetivos dos PCN+ para o ensino de química, de fornecer condições para o aluno “*reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos para situações-problema, fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos*” (BRASIL, 2002, p. 91, ênfase nossa).

O processo de modelagem, ao contrário de simples memorização de conteúdos, requer que os alunos, ao elaborar seus modelos, construam explicações, definam e revisem problemas ao longo de todo o processo e procurem por informações e fontes de dados. Esse processo também pode fornecer a eles “um contexto para pensar sobre os objetivos da ciência e os objetivos de ferramentas da ciência (como modelos e teorias)” (JUSTI, 2009, p. 32).

Aspectos como os anteriormente citados justificam a opção, neste trabalho, por uma estratégia de ensino baseada em modelagem. A estratégia que será apresentada baseia-se no diagrama Modelo de Modelagem (JUSTI; GILBERT, 2002) apresentado na figura 1, desenvolvido como uma estrutura geral para o processo de modelagem vivido por cientistas num ciclo sustentado de desenvolvimento de teoria, crítica e revisão, comumente utilizado por eles (CLEMENT, 2008).

Esse diagrama não pretende oferecer uma descrição fiel de como todos os cientistas trabalham – algo que seria impossível em função da complexidade e de idiosincrasias da produção do conhecimento em diferentes áreas. Seu objetivo principal é identificar etapas necessárias e inerentes ao processo de elaboração de modelos.

No caso específico da elaboração desse trabalho, buscamos apoio neste diagrama no sentido de orientar nossas escolhas e ações na elaboração de uma estratégia de ensino

que visa promover uma situação em que os alunos vivenciem diversas etapas do processo de modelagem por meio da elaboração de analogias sob orientação constante de um professor tutor.

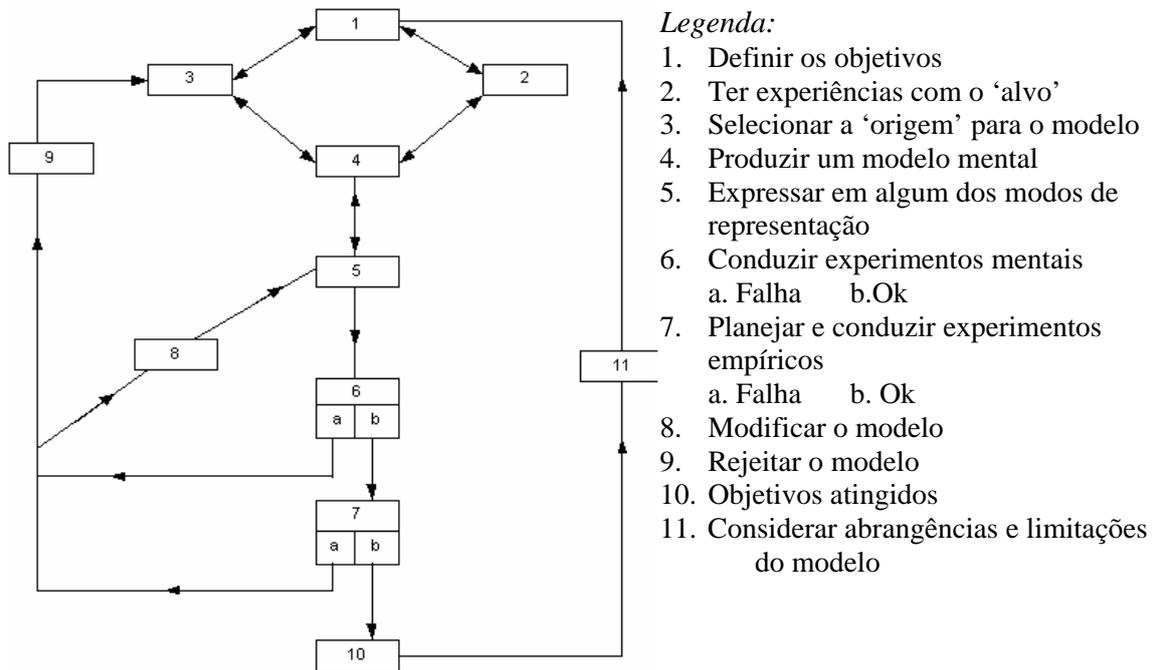


Figura 1. Diagrama Modelo de Modelagem (JUSTI; GILBERT, 2002, p. 271).

O que apresentamos a seguir é uma adaptação da descrição das etapas do processo de modelagem para a elaboração de analogias pelos alunos, pois um dos pressupostos que fundamentam esse trabalho é o de que as analogias são *modelos* como todos os outros comumente utilizados na ciência e no ensino de ciências.

Segundo a proposta desse diagrama, a construção de um modelo, no nosso caso o estabelecimento das analogias pelos alunos, começa com a “definição de seus objetivos” – etapa 1: o quê a analogia pretende descrever, explicar ou prever sobre uma dada entidade ou fenômeno e a delimitação de seu contexto, ou seja, que aspectos da entidade modelada ou fenômeno (domínio alvo) serão contemplados pela analogia. Os objetivos definidos deverão guiar a obtenção inicial de informações sobre a entidade modelada, o que está representado no diagrama como “ter experiências com o alvo” – etapa 2. Essas informações podem ser adquiridas por meio de observações ou de informações prévias ao sujeito ou disponíveis na literatura.

Simultaneamente, ocorre a seleção dos aspectos da realidade que serão usados para descrever o alvo – etapa 3: “selecionar a origem” para a analogia. Elabora-se então um “modelo mental” inicial que estabelece relações analógicas com o alvo – etapa 4. Esse estágio do processo é caracterizado por intensas relações entre todos os elementos definidos.

O modelo mental produzido e a relação analógica que ele estabelece com o alvo deverão, então, ser “expressos” – etapa 5 – em algum modo de representação (material, visual, verbal ou matemático), momento que pode levar a modificações do modelo mental e da analogia. O próximo estágio é testar os modelos expressos (relacionados ao modelo mental e/ou à analogia a ele associada), o que pode ocorrer por meio de “experimentos mentais” – etapa 6 – (conduzidos na mente) e/ou “testes empíricos” – etapa 7 – (idealização e condução de práticas, coleta e análise de dados, avaliação dos resultados produzidos à luz das previsões do modelo). Se o modelo falhar quanto às

previsões que basearam os testes – etapas 6a e/ou 7a –, deve ser modificado – etapa 8 – a fim de que possa reentrar no ciclo.

Em casos extremos, quando os testes apontam para sérios problemas no modelo, este pode ser rejeitado – etapa 9. Como consequência, ocorrerá uma reconsideração radical dos elementos do estágio inicial. Se, por outro lado, a fase de testes ocorre com sucesso – etapas 6b e/ou 7b –, o propósito para o qual a analogia foi elaborada foi alcançado – etapa 10. Resta ao seu elaborador convencer outros do valor dessa analogia, oportunidade em que também são consideradas suas “abrangências e limitações” – etapa 11 – ou seja, o que a analogia explica, e o que não consegue explicar.

É importante ressaltar que, apesar de o estabelecimento de comparações ser uma prática cotidiana do pensamento humano, a situação é completamente diferente quando se trata do estabelecimento de analogias com objetivos didáticos e heurísticos no cotidiano das salas de aula de ciências. Nesse caso, o processo necessita ser guiado para garantir que etapas não espontâneas do raciocínio analógico dos alunos como as de avaliação, inferências e generalização (CLEMENT, 2008; MOZZER, 2008) sejam vivenciadas.

ESTRATÉGIA DE ENSINO PARA INTRODUÇÃO AO TEMA DISSOLUÇÃO

Nesta seção, descreveremos a aplicação da estratégia elaborada para a introdução ao tema dissolução na primeira série do ensino médio, a partir dos aspectos comentados anteriormente.

Vale ressaltar que a estratégia foi idealizada para o início do ano letivo em que os alunos teriam um primeiro contato formal com o tema. A maioria desses alunos cursou a 8ª série do ensino fundamental na mesma instituição em que a pesquisa foi realizada e teve, posteriormente, um estudo focado em análise gráfica e aspectos quantitativos da dissolução.

Por esse motivo, os principais objetivos da atividade, em termos do conteúdo foram favorecer: (i) a distinção entre propriedades macro e submicroscópicas e; (ii) o entendimento da existência de interações entre as partículas de soluto e de solvente no processo de dissolução (BRASIL, 2002). Esses objetivos se justificam pelo fato de que o excessivo enfoque nos aspectos quantitativos tem colaborado para que os alunos desenvolvam inúmeras concepções alternativas já destacadas na literatura (BARKER, 2004; EBENEZER; ERICKSON, 1996), como:

- a dissolução é um fenômeno químico;
- a diferença de densidade é apresentada como a causa pela qual o soluto não se combina com o solvente;
- o soluto não se dissolve, porque não encontra espaço suficiente no solvente.

A elaboração das atividades se baseou nos conhecimentos ou noções prévias(as) dos alunos sobre propriedades específicas da matéria e modelos atômicos.

Com relação ao conhecimento geral sobre modelos, a noção que esses alunos possuíam era a de uma representação de algo. Por outro lado, o processo de modelagem, no sentido adotado nesse trabalho, era inteiramente novo para eles.

Selecionamos como fenômenos a serem modelados a dissolução, com agitação, do giz em água (Sistema 1) e do permanganato de potássio em água (Sistema 2). Os alunos foram organizados em grupos de 5 a 6 integrantes e dispostos em bancadas para a realização das atividades descritas no Quadro 1.

Atividade	Descrição	Associação com etapas da modelagem
1	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação dos sistemas 1 e 2; • Previsão para o que ocorrerá em cada sistema após a junção dos materiais; • Registro das observações após realização do experimento; • Discussão das possíveis diferenças entre o previsto e o observado. 	Ter experiências com o “alvo”.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Representação material dos fenômenos observados, no nível submicroscópico; • Elaboração de analogias para explicar os fenômenos representados; • Estabelecimento das semelhanças e diferenças entre os domínios comparados. 	Produzir e expressar um modelo. Conduzir experimentos mentais e empíricos para testar o modelo.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Observação de novos aspectos do sistema modelado: adição do permanganato em água sem agitação; • Utilização das analogias estabelecidas para explicar os novos aspectos; • Reformulação ou substituição das analogias estabelecidas previamente, caso necessário. 	Conduzir experimentos empíricos para testar o modelo. Modificar ou rejeitar o modelo.

Quadro 1: Descrição das atividades de ensino.

Cada uma das etapas em que os alunos foram solicitados a elaborar ou testar suas analogias foi seguida de discussões com a professora e com os outros colegas de grupo no sentido de esclarecer os códigos de representação utilizados nos modelos materiais (Atividade 2) e aspectos de suas comparações que não haviam ficado claros ou, ainda, responder aos questionamentos da professora. Todavia, o objetivo dessas discussões nunca foi o de *corrigir* os modelos elaborados pelos alunos, mas sim o de discutir a coerência dos mesmos frente às informações disponíveis no momento e de favorecer o questionamento dos próprios alunos em relação aos modelos propostos.

QUESTÃO DE PESQUISA

No presente artigo, nos propusemos a responder a seguinte questão de pesquisa: Como atividades de elaboração e modificação de analogias pelos alunos, fundamentadas em modelagem, podem contribuir para que eles compreendam aspectos submicroscópicos do processo de dissolução?

METODOLOGIA

AMOSTRA

A estratégia de ensino foi aplicada a 119 alunos (14-16 anos) distribuídos em três turmas do primeiro ano do ensino médio de uma escola particular de Belo Horizonte. A primeira autora desse artigo era a professora da turma desde o ano anterior.

COLETA DE DADOS

Todo o material produzido pelos alunos no decorrer de 6 aulas, como modelos expressos e material escrito, foi recolhido. Anotações de campo foram efetuadas pela professora, que também fotografou os modelos dos alunos em seus diversos estágios.

ANÁLISE DE DADOS

No intuito de responder a nossa questão de pesquisa, todas as atividades escritas produzidas pelos alunos, seus modelos expressos e as anotações de campo da professora foram analisados. Por meio da análise dessas fontes, foram produzidos estudos de casos com o objetivo de identificar como as idéias dos alunos se modificaram ao longo do processo de ensino. Neste artigo, foi selecionado o estudo de caso de um grupo representativo de diversos aspectos vivenciados pelos demais grupos.

É importante destacar que, em nossa tentativa de investigar as possíveis contribuições dessa estratégia de ensino para que os alunos compreendam aspectos submicroscópicos do processo de dissolução, consideramos todo e qualquer crescimento conceitual significativo que ocorreu de forma a aproximar o modelo elaborado pelos alunos do modelo curricular¹ ou que forneceu as bases para o desenvolvimento deste (REA-RAMIREZ; NÚÑEZ-OVIEDO, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quadros abaixo apresentam as idéias centrais contidas nas respostas dos alunos do grupo selecionado para a discussão do estudo de caso e separadas por atividade.

Previsão	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sistema 1</i>: O giz não se dissolveria na água (por apresentar “moléculas muito compactadas” que a água não conseguiria separar) e flutuaria (densidade menor do que a da água). • <i>Sistema 2</i>: O permanganato de potássio se dissolveria na água, formando uma mistura homogênea de cor roxa.
Observação	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sistema 1</i>: O giz afundou na água (devido à sua maior densidade), não se dissolveu nela e liberou gás. • <i>Sistema 2</i>: Ocorreu como o previsto.
Justificativas para as diferenças entre o previsto e o observado	Falta de informações que os levaram a suposições não baseadas em dados científicos.

Quadro 2: Principais idéias contidas nas respostas dos alunos à Atividade 1.

A justificativa apresentada pelos alunos na Atividade 1 para o fato de o giz não se dissolver em água (apresentar “moléculas muito compactadas”) foi coerente com os modelos materiais (Figura 2 e 3) produzidos, posteriormente, na Atividade 2, nos quais eles representaram, com o auxílio de massinhas, “moléculas” extremamente próximas umas das outras. Isso parece demonstrar idéia de inexistência de espaços vazios na estrutura do sólido. Além disso, os alunos não mencionaram em suas explicações

¹ Simplificações dos modelos científicos que os professores almejam ensinar a seus alunos (GILBERT; BOULTER, 1995).

iniciais a origem dessa “compactação”.

Ao final da Atividade 1, os alunos solicitaram à professora que deixassem o giz na água até na aula seguinte para verificar se este se dissolveria, pois achavam que o tempo poderia influenciar no processo de dissolução e, portanto, gostariam de verificar. Assim, a realização de experimentos com o objetivo de obter mais dados para a elaboração dos modelos não foi algo proposto somente pela professora.

Na aula seguinte, antes de iniciarem a Atividade 2, a professora explicou aos alunos o que seria uma analogia com propósitos científicos, diferenciando-a das comparações utilizadas por eles cotidianamente. Para que os alunos compreendessem melhor, ela comparou o modelo atômico de Bohr ao sistema solar, destacando as semelhanças e diferenças entre os domínios comparados.

Após observarem o Sistema 1 novamente, os alunos estabeleceram a primeira comparação² entre o giz e a cenoura (Quadro 3). Esta focava somente os aspectos macroscópicos observados pelos alunos: o giz permanecia praticamente intacto na água como a cenoura.

Com relação ao Sistema 2, a idéia dos alunos sobre o que ocorreria com as partículas do permanganato em água foi inicialmente expressa por meio da comparação com a dissolução do caldo Knorr® (Quadro 3) e, novamente, os alunos só foram capazes de comparar aspectos macroscópicos dos domínios.

Através de suas experiências anteriores na condução de atividades em que alunos estabeleciam analogias (MOZZER, 2008), a professora sabia que, quando os alunos não possuem um modelo mental bem definido sobre o processo a ser modelado, eles se tornavam incapazes de estabelecer analogias e, por isso, tendiam a elaborar comparações mais simples. Neste momento, ela solicitou que os alunos expressassem, através dos materiais disponibilizados (massa de modelas, palitos, lápis de cor, canetinha), os processos observados. Isto foi proposto com o intuito de que eles elaborassem melhor e, até mesmo, modificassem seus modelos mentais. Os alunos produziram os modelos materiais apresentados nas figuras 2, 3, 4 e 5.

Outro fato ressaltado pela professora em discussão com o grupo foi o de que ela estava interessada em suas representações submicroscópicas para os fenômenos. Ela procurou realçar esse objetivo por meio de solicitações como a seguinte: “Imaginem que vocês conseguissem dar um ‘super zoom’ nisso que vocês estão vendo...”



Figura 2: Sistema 1 antes da mistura



Figura 3: Sistema 1 após a mistura



Figura 4: Sistema 2 antes da mistura



Figura 5: Sistema 2 após a mistura

² Não chamaremos esse tipo de comparação de analogia, pois somente propriedades descritivas (macroscópicas) são combinadas (GENTNER, 1983).

Na tentativa de expressar, através de seus modelos materiais (Figuras 4 e 5), um processo oposto àquele referente ao Sistema 1 (Figuras 2 e 3), os alunos representaram o que eles denominaram de “separação das moléculas de permanganato”. Ao longo da atividade, eles utilizaram ora o termo “moléculas”, ora “partículas” de permanganato. Diante do fato de que esses alunos haviam estudado as ligações químicas de uma maneira geral e introdutória no ano anterior e dos objetivos estabelecidos para essas atividades, as discussões sobre tais aspectos relacionados à terminologia foram adiadas.

Em seguida, os alunos estabeleceram uma nova comparação (Quadro 3 – NC 2a) entre o processo observado e um casal de mãos dadas separado por uma terceira pessoa. Neste caso, eles consideraram tanto as relações (contato físico das mãos relacionado às forças atrativas entre as partículas de permanganato e água) quanto as propriedades descritivas (partículas de permanganato encostam-se às partículas de água como as mãos das pessoas se encostam).

Comparações	Semelhanças	Diferenças
<i>Sistema 1: “A água não consegue separar as partículas do giz”, pois estas se encontram muito atraídas e o giz é mais denso que a água. Como uma cenoura colocada na água.</i>	Ambos não se dissolvem e são mais densos que a água.	São evidenciadas bolhas na superfície do giz em água que não são evidenciadas na cenoura em água.
<i>Sistema 2: “As moléculas da água separam as do permanganato”, que se dissolve homogeneamente. Como a dissolução do caldo Knorr® (sólido) na água (líquida).</i>	Separação de moléculas pela água.	Temperatura da água e solubilidade dos sólidos.
Novas Comparações	Semelhanças	Diferenças
<i>Sistema 2 – NC 2a: Casal de mãos dadas em que uma terceira pessoa passa entre eles, conseguindo separá-los.</i>	As partículas do permanganato serão separadas pela água, assim como o casal pela terceira pessoa.	Existia uma força que ligava as partículas do permanganato, mas existia apenas contato físico entre o casal.
<i>Sistema 1 – NC 1: Quebra-cabeça colado não pode ser separado por uma pessoa.</i>	O quebra-cabeça não é separado pela pessoa, assim como o giz não é separado pela água.	No quebra-cabeça, a cola une as peças e no giz a força de atração une as partículas.
<i>Sistema 2 – NC 2b: Um grupo de amigos A encontra com um grupo de amigos B em uma festa e permanecem juntos, enquanto o resto da festa fica separado.</i>	As partículas de permanganato de potássio (grupo A) se “misturam” com as de água (grupo B), enquanto outras de água “não entram em contato” com o permanganato (resto da festa).	O que mantém as partículas de permanganato juntas à água é a força de atração, enquanto, no caso dos amigos, é o laço de amizade.

Quadro 3: Principais idéias contidas nas respostas dos alunos à Atividade 2.

A comparação NC 2a parece ter influenciado suas idéias sobre o Sistema 1, pois ao estabelecerem uma nova comparação para explicar o fenômeno (Quadro 3 – NC 1), os alunos foram capazes de transpor a idéia de forças atrativas entre partículas para seu modelo representativo do sistema giz e água. Apesar disso, eles demonstraram persistir na concepção de inexistência de espaço entre as partículas do sólido.

Outro aspecto importante a ser notado é o papel ativo que os alunos atribuíram à água na dissolução a partir de frases como: “A água não consegue separar as partículas do giz” ou “As moléculas da água separam as do permanganato”. Isso pode ter suas origens tanto no próprio ensino de ciências – que faz menção à água como “solvente universal” sem que, normalmente, nada seja dito sobre o que isso significa – quanto no senso comum – quando afirmamos que *a água dissolve* determinada substância ou que esta é *dissolvida pela água*.

Quando solicitados, na Atividade 3, a fornecer explicações, por meio de suas analogias, para o fato possível de ser observado de o permanganato de potássio se dissolver em água, mesmo sem agitação, os alunos utilizaram a analogia NC 2a, fazendo nela pequenas adaptações (Quadro 4), mas mantendo, principalmente, as idéias de forças atrativas e de contato físico entre as partículas.

Observação	Ao adicionar o permanganato de potássio em água sem agitação, ele se concentrou no fundo do béquer (por ter densidade maior). Pelo fato de as moléculas do permanganato não terem entrado em contato com “todas as moléculas de água” houve a formação de precipitado ³ .
Explicação	Referente à analogia NC 2a: Ao passar por uma multidão, algumas pessoas separam suas mãos e outras continuam com as mãos dadas. Algumas partículas de permanganato de potássio são separadas pela água e outras não (aquelas que não “entraram em contato”).
	Referente à analogia NC 2b: Só haveria atração entre as partículas de permanganato e as de água que “entraram em contato”; com as demais não há força de atração. Da mesma forma, o grupo de amigos A é atraído pelo grupo de amigos B pelos laços de amizade e o restante da festa “não se mistura” a esses grupos, pois não há laço de amizade.

Quadro 4: Principais idéias contidas nas respostas dos alunos à Atividade 3.

A professora, ao perceber a persistência dessa concepção, solicitou aos alunos uma explicação, por meio de suas analogias, para o fato de que, depois de dissolvido na água, o permanganato não decantou.

Na tentativa de fornecer uma explicação à professora, e diante da limitação percebida em sua comparação (NC 2a) sobre a necessidade de contato físico entre as partículas para o estabelecimento das ligações, os alunos decidiram abandoná-la e estabelecer uma nova (Quadro 3 – NC 2b), através da qual focassem na existência de forças atrativas exercidas à distância.

Embora em suas repostas os alunos tenham utilizado a expressão “entrar em contato”, isso parece ter ocorrido na falta de outra mais adequada para expressar a atração entre as partículas do permanganato e da água que se encontravam próximas no béquer. Para verificar qual era o significado atribuído pelos alunos para “contato físico”, a professora perguntou-lhes, a partir de seu modelo material (Figura 5), como eles

³ Os alunos estabeleceram suas analogias com relação às suas observações iniciais, ou seja, quando apenas parte do permanganato de potássio havia se dissolvido.

imaginavam aquelas partículas e eles, explicitamente, afirmaram que “próximas, mas não encostadas”.

CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

O presente trabalho foi realizado num contexto no qual os alunos foram solicitados a estabelecer suas próprias comparações (inclusive e, principalmente, no que se refere à seleção do domínio análogo) – etapas 4 e 5 do Diagrama Modelo de Modelagem –, o que permitiu ao professor acessar idéias importantes relacionadas aos modelos mentais desses alunos, consistentes ou não com o modelo curricular almejado e disponíveis em suas estruturas cognitivas no momento em que raciocinavam comparativamente.

O acesso a essas idéias forneceu as bases para que o professor e seus alunos se engajassem num processo, a partir do qual o professor teve condições de guiar seus alunos na avaliação, modificação ou até substituição de suas comparações – etapas não espontâneas do raciocínio analógico dos alunos (CLEMENT, 2008; MOZZER, 2008) – com vistas ao estabelecimento de analogias coerentes com o conhecimento científico e com o próprio processo de construção da ciência.

No caso específico dessa estratégia de ensino, esses processos se relacionam, principalmente, com as etapas 6 e 7 (condução de experimentos mentais e empíricos), 8 (modificação do modelo) e 9 (rejeição do modelo) do Diagrama (figura 1).

A execução dessas etapas forneceu os elementos da estratégia de ensino que contribuíram para a modificação das idéias dos alunos. Por exemplo:

- *a disponibilização de informações importantes sobre modelos:* Como os alunos não tinham conhecimento sobre analogias como modelos na ciência, ou seja, como representações parciais e relacionais, esse tipo de informação foi de fundamental importância, principalmente para ressaltar a existência de diferenças entre os domínios comparados e, portanto, as limitações das analogias;
- *os conhecimentos da professora sobre o processo de raciocínio analógico de alunos:* A professora guiou os alunos no estabelecimento de analogias, dado que esses, espontaneamente, estabeleceram comparações nas quais somente propriedades descritivas foram combinadas, focados nos aspectos visuais mais facilmente perceptíveis;
- *o fato de os modelos serem constantemente testados:* Dados empíricos que apresentavam aspectos discrepantes com relação às idéias dos alunos e os questionamentos da professora (sem que qualquer resposta direta fosse fornecida), contribuíram para que eles refletissem sobre tais aspectos de seu modelo (incoerentes com o modelo curricular), fomentando o teste que levou à reformulação e posterior substituição da analogia elaborada.

Verificamos também, por meio dos modelos expressos pelos alunos, uma evolução de suas idéias de ligação como união física entre partículas para a idéia de força exercida à distância e de comparação como combinação de propriedades descritivas para analogias como comparações relacionais.

Esses resultados apóiam nossa crença de que atividades fundamentadas na modelagem em que se permite aos alunos estabelecer suas próprias comparações, orientados por um professor tutor, podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem de química e, mais especificamente, para a introdução de temas que envolvem a compreensão de noções abstratas, como aquelas necessárias para o entendimento do processo de dissolução no nível submicroscópico. Além disso, essas atividades podem contribuir para que alunos compreendam a importância de atuar como agentes na construção de seu próprio conhecimento e professores compreendam como

seus alunos atribuem significados aos novos conceitos introduzidos nas salas de aula de ciências.

REFERÊNCIAS

- BARKER, V. Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas. **LearnNet**, 2004. Disponível em: <www.chemsoc.org/networks/learnnet/miscon.htm> Acesso em: 24 jan. 2009.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+ - Ensino Médio - Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, p. 87-110, 2002.
- BROWN, D. E.; CLEMENT, J. Overcoming misconceptions via analogical reasoning: abstract transfer versus explanatory model construction. **Instructional Science**. Dordrecht, v. 18, p. 237-261, 1989.
- CLEMENT, J. **Creative model construction in scientists and students: the role of imagery, analogy and mental simulations**. Massachusetts: Springer, 2008. 601 p.
- DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**. v. 75, n. 6, p. 649-672, 1991.
- EBENEZER, J. V.; ERICKSON, G. L. Chemistry students' conceptions of solubility: a phenomenography. **Science Education**. v. 80, n. 2, p. 181-201, 1996.
- GENTNER, D. Structure-mapping: a theoretical framework for analogy. **Cognitive Science**. v. 7, n. 2, p. 155-170, 1983.
- GILBERT, J.; BOULTER, C. Stretching models too far. Annual Conference of the American Educational Research Association. **Anais...** San Francisco, 1995.
- GLYNN, S. M. Explaining science concepts: a teaching-with-analogies model. **The psychology of learning science**. Hillsdale, N. J.: Erlbaum, 1991. p. 219-240.
- JUSTI, R. S. Learning how to model in science classroom: key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills. **Educación Química**. v. 20, n. 1, p. 32-40, 2009.
- JUSTI, R. S.; GILBERT, J. Modelling, teachers' view on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**. v. 24, p. 369-387, 2002.
- MENDONÇA, P. C. C., et al. Analogias sobre ligações químicas elaboradas por alunos do ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 6, p. 35-54, 2006.
- MOZZER, N. B. **O ato criativo de comparar: um estudo das analogias elaboradas por alunos e professores de ciências**. 2008, 201 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- PITTMAN, K. M. Student-generated analogies: another way of knowing. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 36, n. 1, p. 1-22, 1999.
- THIELE, R. B.; TREAGUST, D. F. Using analogies in secondary chemistry teaching. **Australian Science Teachers Journal**. v. 37, p. 10-14, 1991.
- WONG, E. D. Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 30, n. 10, p. 1259-1272, 1993.
- REA-RAMIREZ, M. A.; NÚÑEZ-OVIEDO, M. C. Role of discrepant questioning leading to model element modification. In: REA-RAMIREZ, M. A.; CLEMENT, J. (Org.). **Model Based Learning and Instruction in Science**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 195-213

AGRADECIMENTO: CNPq.