



Ensinar Ciências por Investigação: Um Desafio para os Formadores

Maria Emília C. C. Lima, Marciana A. David e Wellington Ferreira de Magalhães

Neste trabalho, mostraremos que uma atitude investigativa, durante o processo de ensino por meio de experimentos, pode criar oportunidades para a aquisição de conhecimento de forma conceitualmente consistente. Dessa forma, a análise de resultados aparentemente errados constitui a força motora para novas investigações práticas e conceituais, criando um ciclo virtuoso de aprendizado. Desenvolveremos, também, os conceitos termodinâmicos de calor, transformações adiabáticas e diatérmicas assim como o de energia. Aplicamos esses conceitos na interpretação dos resultados de experimentos nos quais ocorrem variações temporárias de temperatura resultante de mudanças de estado, envolvendo a hidratação, dissolução e cristalização em água dos sais de acetato de sódio anidro e hidratado.

► ensino por investigação, formação de professores, calor ◀

Recebido em 20/12/06, aceito em 29/7/08

Ensino de ciências por investigação (ENCI) é um projeto de ensino, pesquisa e extensão que engloba um curso de especialização *lato sensu*, ofertado na modalidade semipresencial e desenvolvido pelo Centro de Ensino de Ciências e Matemática (CECIMIG), órgão complementar da Faculdade de Educação da UFMG. Temos como objetivos a instrumentalização para o trabalho de educação a distância (EAD); a articulação entre formação inicial e continuada de professores; o desenvolvimento de recursos didáticos para o ensino de ciências; e a avaliação de projeto.

O curso atende cerca de 200 docentes de Física, Química e Biologia em dois pólos: Belo Horizonte e Teófilo Otoni. Os professores inscritos são graduados na área de ciências da natureza ou comprovaram exercício de, no mínimo, três anos de docência na área. O curso tem duração prevista de dois anos e é financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) de acordo com o Edital Ciência de Todos. Os encontros de

formação do grupo são semanais e aglutinam quatro formadores; nove tutores, dois bolsistas de graduação e uma secretária do quadro técnico-administrativo da UFMG.

A fundamentação do ENCI reside no diagnóstico de que, de um modo geral, o ensino de ciências tem se realizado por meio de proposições científicas, apresentadas na forma de definições, leis e princípios e tomados como verdades de fato, sem maior problematização e sem que se promova um diálogo mais estreito entre teorias e evidências do mundo real. Em tal modelo de ensino, poucas são as oportunidades de se realizar investigações e de argumentar acerca dos temas e fenômenos em estudo. O resultado é que estudantes não aprendem conteúdos das Ciências e constroem representações míticas e inadequadas sobre a ciência como empreendimento cultural e social (Menezes, 1986).

O curso em questão visa à qualificação e atualização dos docentes, com vistas à melhoria do ensino de ciências na Educação Básica por meio da superação dessa visão de ensino aqui, brevemente, caracterizada. O

curso guarda já na sua origem dois pressupostos básicos: 1) o de que as explicações científicas são construídas, desenvolvidas e validadas em espaços de investigação orientada; 2) e o de que é necessário promover espaços permanentes de reflexão e troca de experiências entre docentes acerca da implementação de uma concepção teórico-metodológica de ensino por meio de atividades investigativas de modo a apoiar e sustentar mudanças nas escolas que lecionam.

Coerentes com o objetivo de se ensinar ciências por investigação, várias atividades estão propostas para serem realizadas pelos professores e debatidas no fórum de discussão do curso. Três casos são analisados nessa disciplina, dois deles brevemente comentados a seguir. O primeiro caso trata do desenvolvimento histórico da indústria de conservação de alimentos e do modo como aconteceu a relação entre ciência e tecnologia (APEC, 2008). Para isso, a narrativa vale-se das polêmicas em torno da teoria da geração espontânea e da biogênese. Tecnólogos e cientistas são evocados para evidenciar a relação pretendida.

No segundo caso, a história do azedamento dos vinhos sustenta o início de outras interpretações do problema relativo à origem da vida feitas por Louis Pasteur (1822-1895). Aqui o professor é convidado a examinar a relação entre ciência e tecnologia, comparar com o caso anteriormente examinado e identificar diferenças nos procedimentos de trabalho entre Nicholas Appert e Louis Pasteur (APEC, 2008).

O terceiro caso, que será relatado e examinado neste artigo, diz respeito a um determinado tipo de bolsa térmica. O professor refletirá e discutirá com os colegas a relação entre ciência, tecnologia e ensino. Deverá responder a duas questões, a saber:

- Que relação existe entre a produção da bolsa térmica de acetato de sódio e os conhecimentos de equilíbrio termodinâmico? Compare com os dois primeiros casos analisados.
- Como objetos tecnológicos são vistos e examinados por diferentes pessoas?

A investigação de uma bolsa térmica

Uma das atividades apresentadas no ENCI consiste em investigar o funcionamento de uma bolsa térmica que está disponível no comércio (Figura 1) e que é capaz de “liberar calor sozinha”. Basta o usuário acionar uma pequena placa metálica flexível que existe no interior da bolsa para dar início ao processo de aquecimento. Feito isso, o líquido que preenche a bolsa vai se cristalizando (Figura 2) e a temperatura aumenta até atingir 50°C. No rótulo do produto lêem-se as informações:

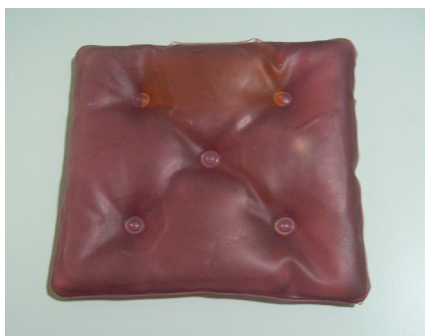


Figura 1: Bolsa térmica encontrada no comércio.



Figura 2: Bolsa térmica encontrada no comércio após a cristalização.

- Contém acetato de sódio.
- Pressione o disco metálico, antes de usar.
- Para usar novamente, aqueça a bolsa em água fervente.

A partir dessas informações, de outros conhecimentos químicos e de pesquisas sobre o comportamento do acetato de sódio, os professores-tutores do ENCI investigaram o funcionamento da bolsa e reproduziram outra semelhante (Figura 3), utilizando-se para isso uma bolsa de

coleta de urina, adquirida em farmácia, e uma solução supersaturada de acetato de sódio que encontraram no laboratório do CECIMIG.

Depois de solucionado o problema, a atividade foi introduzida em uma das disciplinas do curso, chamada Ciência, Tecnologia e Sociedade I. Para auxiliar os professores na investigação e discussão da bolsa térmica, foi proposto o seguinte texto, seguido de algumas questões.

Uma bolsa térmica de funcionamento surpreendente

A saturação de uma solução está relacionada com a solubilidade do soluto dissolvido, ou seja, a quantidade máxima que é possível dissolver de tal soluto em determinada quantidade de água e sob certas condições. Uma solução saturada é aquela em que o soluto atinge a quantidade máxima: qualquer quantidade adicional do soluto adicionada a essa solução vai precipitar, pois não é possível que se dissolva mais naquela temperatura.



Figura 3: Bolsa de acetato de sódio produzida no CECIMIG, antes (a) e depois da cristalização (b).

No entanto, para a maioria das substâncias que são solúveis em água, a solubilidade aumenta com o aumento de temperatura, ou seja, se uma solução saturada for aquecida, é possível dissolver uma quantidade maior de soluto

Questões para discussão:

- Onde o material pode ser adquirido?
- Por que esse material se comporta dessa maneira?
- O que acontece quando o sal é dissolvido? E quando recristaliza?
- Para que serve a placa metálica? A placa metálica é necessária para o fenômeno acontecer?
- Quais são as explicações para o fenômeno?
- Quais conteúdos podem ser explorados a partir desse experimento em sala de aula?
- Como esse artefato foi produzido?
- Como organizar um roteiro para o experimento com acetato em sala de aula com nossos alunos?

Menezes e Curto (1998) apresentam um roteiro de observação do comportamento da solução saturada do acetato de sódio.

Existem vários exemplos de sistemas metaestáveis, como o que se obtém do acetato de sódio. São os casos de uma cerveja que se congela imediatamente ao ser retirada do congelador ou freezer e do processo utilizado para se “fazer chover”. Um sistema pode se apresentar no estado líquido em temperaturas superiores à sua temperatura de ebulição ou inferiores à sua temperatura de solidificação. Em outras palavras, dizemos que ele se encontra afastado do equilíbrio termodinâmico. É um estado metaestável dito super-resfriado ou superaquecido. Qualquer perturbação como um movimento mais brusco pode levar à fervura ou à cristalização, dependendo do caso. Para se obter artificialmente um sistema metaestável, a nucleação pode ser induzida pela adição de partículas (núcleos) estranhas ao sistema. Para provocar chuva artificialmente, avi-

ões espalham núcleos nas nuvens gerando a nucleação do vapor de água em torno desses núcleos. No caso da bolsa térmica, a nucleação é induzida pela placa metálica que existe no interior dela.

Para conhecer alguns experimentos nos quais se observam tais sistemas, consulte o artigo “Transição de fase e experimentos com estados metaestáveis” (Silveira, 2006).

Atividade: Que relação podemos estabelecer entre ciência, tecnologia e ensino no caso da bolsa térmica em questão? Reflita e registre suas idéias.

- Que relação existe entre a produção da bolsa térmica de acetato de sódio e os conhecimentos de equilíbrio termodinâmico? Compare com os dois primeiros casos analisados (o primeiro caso proposto para análise na disciplina CTS I tratou do desenvolvimento de técnicas de conservação de alimentos anteriores a Pasteur e o segundo caso, das contribuições de Pasteur para entender a ação de microrganismos).
- Como objetos tecnológicos são vistos e examinados por diferentes pessoas?
- Entre no fórum e dê um outro exemplo de objeto tecnológico que pode desencadear atividades investigativas no sentido de seu entendimento e apropriação.
- Elabore um planejamento de investigação para ser desenvolvido com seus alunos e alunas para investigar um artefato tecnológico (Pode ser até mesmo a bolsa térmica de acetato de sódio).

Não se esqueça de:

- Testar e registrar as dicas importantes para outros colegas professores fazerem também.
- Indicar a bibliografia consultada.
- Enviar para seu tutor o planejamento proposto, com as devidas recomendações de como fazer e interpretar os resultados em sala de aula. Lembre-se que seu trabalho será disponibiliza-

do pelo tutor na página do curso para todos se beneficiarem dele.

Para que os professores-tutores pudessem “reproduzir” com os professores cursistas a “investigação” do funcionamento da bolsa térmica, compramos termômetros, acetato de sódio em quantidade suficiente para os cursistas e dois exemplares da tal bolsa térmica para conhecerem o aparato tecnológico comercializado.

Ao se realizar a atividade presencialmente com os cursistas, qual não foi a nossa surpresa ao constatarmos que, em vez da dissolução provocar abaixamento da temperatura – o que sabíamos de antemão quando foi feita a investigação pelos tutores –, a temperatura do termômetro começou a subir, indicando um processo exotérmico.

No teste anterior, a dissolução do acetato foi acompanhada de abaixamento da temperatura. Na investigação realizada pelos professores cursistas, o resultado foi outro. Diante da surpresa da professora-tutora, os cursistas concluíram que o experimento havia “dado errado”.

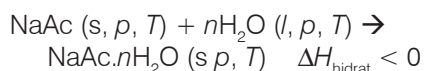
O que estava “dando errado” no experimento

A primeira constatação foi a de que o acetato utilizado para o teste era hidratado enquanto que o que foi comprado para a aula era anidro. No caso do acetato de sódio anidro, a adição de água causou aumento de temperatura. Trata-se de um processo exotérmico. No caso do hidratado, a adição de água causou abaixamento da temperatura, logo, trata-se de um processo endotérmico. Mas qual é a diferença química entre “hidratar” o acetato e “dissolver” o acetato já hidratado?

Como explicar o que ocorrerá? Ou o que é dissolver e hidratar?

Dizemos que uma substância sólida é anidra quando em sua estrutura cristalina não aparecem moléculas de água entre as moléculas ou os íons da substância que constitui o sólido. Hidratar um sólido anidro significa introduzir na rede cristalina do sólido

moléculas de água que não existiam nele. Após a hidratação do sólido, ele permanece sólido, mas agora em sua estrutura cristalina encontramos moléculas de água entre as moléculas ou os íons da substância sólida inicialmente anidra. Durante a hidratação de um sólido, quando ele absorve moléculas de água da atmosfera ou da água líquida, novas interações atrativas se formam entre as moléculas ou os íons da substância sólida anidra e a água, enquanto algumas das interações íon-íon já existentes tornam-se mais fracas, pois entre alguns pares de íons encontram-se moléculas de água. Podemos representar o processo isotérmico e isobárico de hidratação do acetato de sódio anidro por meio da equação termoquímica de reação:



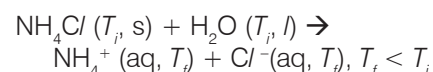
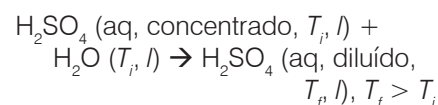
Na equação, n representa uma certa quantidade em mol de moléculas de água por mol do sal (NaAc); Ac representa o ânion acetato; e o ponto que aparece no produto indica que as n moléculas de água fazem parte da estrutura cristalina do novo sólido hidratado formado. ΔH_{hidrat} representa a entalpia de hidratação ou o calor de hidratação que é liberado durante a mudança de estado termodinâmico de hidratação isotérmica do acetato de sódio anidro. Os estados físicos e a temperatura de cada espécie aparecem entre parênteses ao lado de cada uma delas. Como o processo é isotérmico, todos os reagentes e produtos estão na mesma temperatura T . Vale lembrar que devido à introdução das moléculas de água na estrutura cristalina do sal, o sal anidro e o hidratado não têm a mesma estrutura cristalina. No mínimo, as distâncias entre os íons são aumentadas, aumentando também o volume da célula unitária da estrutura cristalina ou mesmo ocorre alteração no tipo de célula unitária que é alterada, por exemplo, passando de cúbica de corpo centrado para cúbica simples ou outra qualquer.

De uma forma geral, o processo de hidratação pode levar à estabiliza-

ção ou desestabilização do sistema, reduzindo ou aumentando, respectivamente, a energia potencial associada às interações intermoleculares no sistema, levando à liberação ($\Delta H_{\text{hidrat}} = Q_{\text{hidrat}} < 0$, calor é produzido na reação) ou à absorção ($\Delta H_{\text{hidrat}} = Q_{\text{hidrat}} > 0$, calor é consumido na reação), respectivamente, do calor de hidratação. Em transformações termodinâmicas sob temperatura e pressão constantes, isotérmicos e isobáricos, o calor envolvido é igual à variação de entalpia da transformação. Se a hidratação é feita em um sistema diatérmico (que permite transferência de calor através de suas fronteiras), a estabilização ou desestabilização é alcançada por meio da liberação (da transferência) de energia do sistema para suas vizinhanças, ou vice-versa, na forma de calor. Nesse caso, após a hidratação, o sólido hidratado formado estará na mesma temperatura do sólido anteriormente anidro, sendo o processo de hidratação isotérmico. Se a hidratação é feita em um sistema adiabático (aquele que não permite transferência de calor através de suas fronteiras), o sistema não pode liberar ou absorver energia durante o processo de hidratação através da absorção ou liberação de calor da ou para as vizinhanças. Nesse caso, se o processo de hidratação estabiliza o sólido hidratado relativamente ao sólido anidro, a redução da energia potencial das novas interações íon-água e íon-íon é obtida por meio da conversão de energia potencial das interações intermoleculares em energia térmica do sistema sólido. Por consequência, aumenta a energia cinética média translacional e vibracional das entidades elementares (íons e moléculas) constitutivas do sistema. Esse aumento de energia cinética média se revela macroscopicamente pelo aumento da temperatura do sistema. Por outro lado, se a hidratação do sólido leva à desestabilização do sistema, a energia cinética média das entidades elementares do sistema é reduzida, sendo convertida em um aumento da energia potencial relacionada às novas interações íon-água e íon-íon no sólido hidratado. Essa redução de energia cinética média se revela ma-

croscopicamente pelo abaixamento da temperatura do sistema.

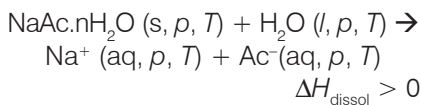
No processo de dissolução de um sólido em um dado solvente líquido, as entidades elementares constitutivas do sólido, sejam elas íons ou moléculas que no sólido estão umas ao lado das outras e interagindo entre si, se separam, permitindo que muitas moléculas do solvente se coloquem entre as entidades elementares do sólido. O resultado disso é que o sólido desaparece e o sistema constituído do sólido dissolvido no solvente se torna completamente líquido. Evidentemente, existem processos de dissolução de um sólido em outro sólido formando uma solução sólida ou de um gás em um líquido ou em um sólido, formando uma solução líquida ou sólida, respectivamente, e a dissolução de um gás em outro gás. Em qualquer um desses possíveis processos de dissolução, novas interações se formam entre as entidades elementares do soluto e do solvente, enquanto velhas interações entre soluto-soluto e solvente-solvente se rompem. Também aqui o processo de dissolução pode levar à estabilização ou desestabilização do sistema. Como no processo de hidratação de um sólido discutido acima, esse processo, quando feito de maneira diatérmica, leva à liberação ou absorção de energia na forma de calor e é isotérmico. Quando a dissolução é feita de maneira adiabática também poderá haver o aumento ou o abaixamento da temperatura da solução. Os exemplos clássicos dessas situações é a diluição adiabática do ácido sulfúrico concentrado em água, que leva a um aumento da temperatura (aquecimento) da solução aquosa formada, e a dissolução adiabática do cloreto de amônio sólido em água que leva a uma redução da temperatura (resfriamento) da solução formada. As equações de reação dessas duas dissoluções adiabáticas são:



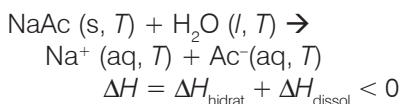
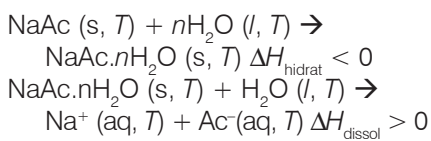
Nesses processos adiabáticos, a temperatura final mantém-se permanentemente acima ou abaixo da temperatura inicial. Na realidade, porém, quando realizamos no laboratório a diluição do ácido sulfúrico concentrado ou a dissolução do cloreto de amônio em um béquer, esses processos ocorrem muito rapidamente. No curtíssimo intervalo de tempo necessário à realização desses processos, não há transferência apreciável de calor através das paredes de vidro do béquer ou através da pequena área da interface ar-solução. É bom lembrar que o vidro das paredes do béquer é mal condutor de calor, isto é, tem baixa condutividade térmica. Nessas circunstâncias, e por um intervalo de tempo curto após a mistura do soluto com o solvente, esses processos são praticamente adiabáticos, assim observamos um aquecimento temporário na diluição do ácido e um resfriamento temporário na dissolução do cloreto de amônio, relativamente à temperatura ambiente em que se encontravam inicialmente. No entanto, paulatinamente à medida que o tempo passa, após o processo de mistura, o calor flui da solução para o ambiente no caso da solução ácida ou vice-versa no caso da solução salina, como consequência da diferença de temperatura entre as soluções e o meio ambiente. Assim observamos que a solução ácida, inicialmente quente, imediatamente após a diluição, vai se esfriando, retornando à temperatura ambiente. Semelhantemente, a solução de cloreto de amônio, inicialmente fria, imediatamente após a dissolução, vai se esfriando, retornando à temperatura ambiente.

Como já anunciado anteriormente, a dissolução do acetato de sódio hidratado em água em temperatura ambiente, causa, imediatamente após sua dissolução, um abaixamento de temperatura e paralelamente a gradativa absorção de calor a partir do meio ambiente até que a solução retorne à temperatura ambiente. Por isso, dizemos que é endotérmica a dissolução do acetato de sódio hidratado quando realizada de modo a que a temperatura inicial do sal e da água seja a mesma da temperatura

final da solução obtida. Para que isso ocorra, devemos esperar um tempo suficiente para que o calor flua através das paredes do recipiente que contém a solução. Podemos representar o processo isobárico, isotérmico e endotérmico de dissolução do acetato de sódio hidratado por meio da seguinte equação termoquímica de reação:

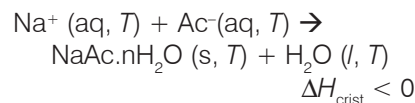


Quando misturamos acetato de sódio anidro com água para obtermos sua dissolução, na verdade ocorrem dois processos consecutivos e quase simultâneos: a hidratação exotérmica do sal anidro seguida da dissolução endotérmica do sal hidratado. Assim, de fato, podemos considerar que o sal que realmente sofreu uma dissolução foi o hidratado. O processo total de dissolução do sal anidro pode ser obtido da soma desses dois processos, que podemos representar pela soma de duas equações termoquímicas:



O processo global de dissolução isobárica e isotérmica do sal anidro é exotérmico, uma vez que em módulo a entalpia de hidratação do sal anidro é maior que a de dissolução do sal hidratado. Assim, a rápida dissolução do sal anidro em um recipiente de vidro ou de plástico, cujas paredes são também más condutoras de calor, é temporariamente adiabática e a temperatura aumenta. Isso explica o inesperado aumento da temperatura ao invés de seu abaixamento durante a aula. Se prepararmos o estado metaestável formado por uma solução supersaturada de acetato de sódio aquosa, esse estado poderá existir por um tempo indeterminado até

que, mediante algum procedimento, quebramos o equilíbrio metaestável desse sistema. Assim, o sal hidratado será formado a partir da solução supersaturada. Esse processo dito de cristalização é o inverso do processo de dissolução do sal hidratado e, portanto, é exotérmico quando feito de forma diatérmica e isotérmica:



Se essa cristalização for realizada de forma quase adiabática em um béquer ou dentro de um recipiente de plástico, a temperatura do sistema sofrerá um momentâneo aumento, como se observa na bolsa térmica.

Moral da história

A postura epistemológica e investigativa da tutora, acrescidas do domínio conceitual, foi fundamental para ela indagar o que se passava ali, no sentido de compreender o “que estava errado”. Consultando o rótulo do frasco do sal, pôde-se ler “ACETATO DE SÓDIO ANIDRO”. Mesmo sem dar conta, naquele momento, de propor uma explicação mais elaborada para a variação inesperada da temperatura, houve uma solução satisfatória para compreender/explicar o “erro”. A partir daí, o sal foi deixado em hidratação e, depois, retomaram a “investigação”.

É fácil propor situações desconhecidas para serem investigadas depois de já se conhecer as explicações, ter testado o experimento e possuir um razoável conhecimento teórico-conceitual, capaz de aplicá-lo em situações desconhecidas e inesperadas.

Os retruques da prática, seja ela de laboratório ou da própria sala de aula no que se refere ao ensino, colocam o formador/professor frente ao inusitado a todo o momento. Formar o professor para enfrentar esses desafios não tem fórmula nem garantia de que os cuidados e as recomendações para se enfrentar a sala de aula funcionarão ou serão eficazes diante dos acontecimentos, mas há uma contribuição importante que nós formadores pode-

mos promover. A mudança epistemológica que quisemos promover pode contribuir para o professor ter maior serenidade ao enfrentar situações inusitadas ou conflitantes com o planejado, adotando nesses momentos uma postura mais investigativa e menos dogmática. Assim, uma formação no campo da epistemologia nos ajuda a acreditar que nesses casos não há erro, mas algo que nos escapa e que tem uma explicação plausível. Outra lição importante é a de que nunca temos o completo domínio das situações de sala de aula (Lima, 2005) e que, por isso, a abertura ao inusitado e ao enfrentamento das dúvidas é uma postura importante do professor para ensinar ciências por investigação.

E, por último, mas não menos importante, é que estamos sempre aprendendo e aprender é enfrentar o novo, a partir das bases conceituais que estruturam o pensamento químico.

São essas bases que estudantes, professores e formadores precisam dominar para compreender a tecnologia e a sociedade. Não se forma cidadão no discurso vazio, mas no domínio dos conhecimentos básicos que dão margem a compreender as tecnologias e suas relações com a sociedade. É isso a que chamamos de formar o cidadão autônomo e crítico: aquele que sabe buscar a informação e transformá-la em conhecimento pessoal, em ferramenta para pensar e agir nos meios sociais em que vive, circunstanciado em seu tempo e lugar.

Assim tem acontecido conosco no âmbito do ENCI. A atividade de investigação da bolsa térmica é apenas um dos exemplos de como nós professores e tutores do curso temos formado e enfrentado os desafios de se pensar um ensino de ciências por investigação. O caso da bolsa térmica, também, serviu como desafio para a formação do grupo, na medida em que estamos nos propondo a criar um entendimento comum sobre o que estamos chamando de “atividades

investigativas”. Para fundamentar nossa compreensão, temos estudado diferentes visões sobre ensino por investigação (Chinn e Malhotra, 2002). Contudo, podemos afirmar que a visão do grupo, sobre o que seja uma atividade de ensino, baseada na investigação, está sendo construída na prática (Munford e Lima, 2007; Sá e cols., 2007), durante os processos vivenciados como formadores. Isso só confirma nossa convicção de que a formação continuada de professores tem mais sucesso quando realizada por meio de grupos colaborativos que tomam o desafio de aprender juntos.

Infelizmente não poderemos discorrer nesse artigo sobre o próprio processo de preparação de tal solução supersaturada, bem como o modo de os professores resistirem e enfrentarem o desafio de investigar o que se passa e de preparar uma solução que se comporte como a da bolsa comercializada. Esses dois

relatos foram altamente pedagógicos para nós e merecem ser discutidos em outra ocasião, o que não faremos aqui por mera limitação de espaço.

Agradecimentos

Ao FINEP/MCT, órgãos financiadores do projeto ENCI – Ensino de Ciências por Investigação.

Maria Emília C. C. Lima (emilia@netuno.lcc.ufmg.br), licenciada em Química e mestre em Educação pela UFMG, doutora em Educação pela UNICAMP, é professora da Faculdade de Educação da UFMG e coordenadora do Projeto Ensino de Ciências por Investigação do CECIMIG. **Marciana Almendro David** (marciana@educativa.org.br), graduada em Química, especialista em Ensino de Ciências, mestre em Educação e doutoranda em Educação pela UFMG, é professora de Química da Rede Municipal de Belo Horizonte e tutora do Projeto Ensino de Ciências por Investigação. **Wellington Ferreira de Magalhães** (welmag@ufmg.br), graduado em Química e mestre em Química pela UFMG, doutor em Química Nuclear pela Université de Strasbourg, França, é professor do Departamento de Química da UFMG e colaborador do CECIMIG.

Referências

APEC - Ação e Pesquisa em Educação em Ciências. Construindo Consciências. São Paulo: Scipione, 2008.

CHINN, C.A. e MALHOTRA, B.A. Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*. 86: 175-218. 2002

LIMA, M.E.C.C. Sentidos do trabalho: a educação continuada de professores. Belo Horizonte: Autêntica, 2005.

MENEZES, L.C. Formar professores: tarefa da universidade. In: CATANI, D.B., MIRANDA, H.T., FISHMANN, R. E MENEZES, L.C. (Orgs.). *Universidade, escola e formação de professores*. São Paulo: Brasiliense, 1986.

MENEZES, M. D. e CURTO, M. J. M. *Observação do comportamento de soluções supersaturadas*. Nov, 1998. Disponível em <<http://www.chemkeys.com/bra/map/map.htm>>. Acesso em: fev. 2006.

MUNFORD, D e LIMA, M.E.C.C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? *Ensaio*. v.9, n.1, Dez; 2007. Disponível em <<http://www.cecimig.fae.ufmg.br/ensaio/volumes/>

volume-9-1>. Acesso em jun. 2008.

SÁ, E.F.; PAULA, H.F.; LIMA, M.E.C.C. e AGUIAR JÚNIOR, O.G. As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências. In: *Atas do VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2007, Florianópolis, SC.

SILVEIRA, F.L. *Transição de fase e experimentos com estados metaestáveis*. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/fis183/textos/superaquec/sa.html>>. Acesso em maio de 2006.

Para saber mais

BROWN, J.S.; COLLINS, A. e DUGUID P. Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*. v.18, n.1, p. 32-42, 1989.

LIMA, M.E.C.C. e CASTRO, R.S. Ciência, tecnologia e sociedade. In: *Ensino de Ciências por Investigação*. Módulo II. Cecimig/Finep. 2005.

SHAKHASHIRI, B.Z. e cols. *Chemical demonstrations: thermochemistry, chemiluminescence, polymers, color and equilibria of metal ion precipitates and complexes*. University of Wisconsin Press: Madison, v. 1. 1992.

Abstract: *Teaching Science Through Investigation: A Challenge To Formers.* In this work we demonstrate that an inquisitive attitude during the teaching process through experimentation leads to opportunities for an knowledge acquirement in a conceptually consistent way. Therefore, the analysis of apparently wrong results build the driving force for new practical and conceptual investigation, leading to a virtuous cycle of understanding. We also develop the thermodynamic concepts of heat, adiabatic and diathermic transformations as well as of the energy. We apply these concepts to interpret the results of experiences where temperature variations occur temporarily as a result of state transformations of hydration, dissolution and crystallization of anhydrous or hydrated salts of sodium acetate.

Keywords: teaching by investigation, teachers formation, heat.