

“Ligando” as idéias dos alunos à realidade científica – uma proposta de ensino de ligação metálica através da modelagem.

Paula Cristina Cardoso Mendonça (PG)^{1*} (paulaquimica2003@yahoo.com.br), Kristianne Lina Figueiredo (PG)¹, Rosária da Silva Justi (PQ)¹.

1. Programa de Pós-graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901, Belo Horizonte

Palavras Chave: ensino de química, ligação metálica, construção de modelos.

Introdução

O Ensino de Ligação Metálica (LM)

A compreensão dos alunos a respeito de ligação química é algo essencial à química porque é através do entendimento de como e de que forma os átomos se ligam que os alunos serão capazes de compreender as propriedades dos materiais. Reconhecendo e compreendendo as propriedades dos materiais, estudar o assunto ligação química fará sentido para eles. Além disso, a compreensão de ligações químicas é de extrema importância para o entendimento de outros assuntos de química.

Muitos conceitos de química são extremamente abstratos, sendo, portanto, problemáticos de serem trabalhados. Nesse grupo de conceitos insere-se o de ligações químicas. Um tipo de ligação que merece destaque especial é a metálica que, no ensino, parece ser deixada para segundo plano em relação aos outros tipos de ligações. De acordo com as pesquisas⁽¹⁾, no ensino são mais enfatizadas as ligações iônica e covalente; muito pouco é discutido a respeito da LM.

Com o intuito de facilitar a compreensão do modelo de LM, a abordagem mais comumente verificada no ensino médio é fundamentada na analogia do “mar de elétrons”, freqüentemente encontrada nos livros didáticos e utilizada pelos professores. De acordo com essa analogia, nos metais os elétrons de valência se movimentam livremente entre os íons metálicos (cátions) que os atraem como se fosse um mar no qual tais íons estariam submersos. Grande parte da discussão a respeito de LM fica restrita a essa analogia que associa LM somente à presença de elétrons livres, sem qualquer referência ao equilíbrio das forças de repulsão (entre os núcleos dos átomos e entre os elétrons) com as forças de atração (dos núcleos dos átomos com os elétrons de valência) justificando a estabilidade das substâncias metálicas.

Em relação às propriedades dos metais exploradas no ensino médio, ocorre uma restrição à condutividade elétrica, justificada pela presença dos elétrons livres. Outras propriedades dos metais como o brilho, maleabilidade, ductibilidade e densidade são

pouco exploradas, não sendo sequer citadas na maioria dos livros didáticos.

De acordo com algumas pesquisas^(1, 2, 3) foi verificado que os alunos apresentam grande dificuldade em elaborar modelos mentais coerentes sobre LM através da analogia do “mar de elétrons”. Ainda segundo Taber⁽¹⁾, ao tentar dar sentido à expressão “mar de elétrons”, os alunos a interpretam literalmente. Conseqüentemente, o sentido analógico do “mar de elétrons” parece trazer para eles associações com elétrons fluindo, boiando, nadando, mergulhados, etc. Isso indica que eles aceitam a analogia de forma não crítica, sem pensar nas conseqüências de tais imagens na formulação de explicações para as propriedades dos metais⁽³⁾.

Como muitas vezes essa analogia é apresentada pelos livros didáticos e pelos professores sem enfatizar as limitações da mesma, portanto sem ressaltar para os alunos quais aspectos ela não é capaz de explicar, a analogia passa a ser vista como a própria LM. Isso induz os alunos a desenvolverem concepções alternativas sobre o assunto.

De acordo com Taber⁽⁴⁾ existem concepções alternativas sobre situações físicas, por exemplo sobre movimento de corpos quando forças são aplicadas, que podem ser advindas da experiência com os objetos. Tais idéias são difíceis de serem modificadas. O mesmo não ocorre com os campos abstratos da química, como ligação química, pois os alunos não devem trazer idéias sobre como os átomos se ligam do meio extra-escolar. Para o autor, os estudantes só teriam oportunidades de desenvolver idéias sobre ligação química num contexto de instrução formal – o que a alta freqüência de concepções alternativas dos alunos mostra que não tem acontecido. Dentre essas concepções, as principais são:

- Confusão entre LM e ligação covalente. Na investigação de Coll e Treagust⁽²⁾ sobre modelos de alunos para LM, foram encontradas idéias referentes a moléculas de metais. Isso evidencia que os alunos tendem a aplicar seus conhecimentos das outras ligações que são muito mais enfatizadas no ensino do que a LM.
- As idéias de vasto excesso de elétrons (o qual não é possível na estrutura de um metal neutro) e de que a função dos elétrons na estrutura

metálica é servir de “cola”^(1,3). Um das explicações para isso pode ser a linguagem antropomórfica e animista utilizada no ensino. Taber e Watts (apud Taber⁽¹⁾) acreditam que a linguagem será interpretada pelos alunos de acordo com o sentido metafórico que ela carrega. Todavia, geralmente, os estudantes dão um sentido literal à fala do professor ao invés de reconhecer as simplificações e aspectos metafóricos utilizados.

- Não compreensão da condutividade elétrica dos metais, mesmo que exista a idéia de elétrons livres. Coll e Treagust⁽²⁾ investigaram os modelos de alunos para explicar a condutividade de um fio de cobre e uma lâmina de vidro, conectados cada um separadamente a um circuito. Uma boa parte dos alunos investigados não conseguiu apresentar explicações satisfatórias, expressando idéias do tipo: para o cobre é possível o movimento dos elétrons porque os átomos estão mais afastados um dos outros; e associação dos elétrons livres a “muitos elétrons”, sendo eles os responsáveis por “carregar” a corrente elétrica.
- Os átomos de cobre têm tendência natural a serem achatados. A maleabilidade é devida ao espaço entre as partículas na estrutura do metal e basta é só aplicar uma força muito maior para a estrutura do metal tornar-se fragmentada. Essas idéias são bem rudimentares, o que pode evidenciar a não discussão de propriedades dos metais associadas aos modelos de ligação e o não relacionamento entre forças de atração e repulsão na estrutura do metal e sua estabilidade.

Como no ensino de LM tem sido muito mais enfatizado a analogia do “mar de elétrons” e a presença dos elétrons livres, os alunos tendem a adquirir um conhecimento declarativo do assunto. Assim, quando solicitados a explicar situações problemas eles não conseguem fazer relacionamentos, justamente pelo fato de não possuírem um modelo mental coerente para a LM. Com base nisso, torna-se possível concluir que esse tipo de ensino facilita a memorização de termos sem o real conhecimento de seu significado ou origem. Outro fato a ser destacado sobre esse tipo de abordagem é uma interpretação não satisfatória das propriedades dos metais com o modelo para a LM. Desta forma, não são exploradas as potencialidades do modelo da LM.

Considerando os problemas que foram expostos relativos à abordagem tradicional de LM, emerge a necessidade de uma estratégia de ensino que seja capaz de oferecer aos estudantes um melhor entendimento sobre LM, no qual eles devam reconhecer as seguintes características:

- metais são constituídos de cátions dispostos em um arranjo tridimensional (rede) e elétrons que estão deslocalizados pela rede;

- cátions atraem e são atraídos pelos elétrons deslocalizados (livres, de condução, ou de valência) e isso faz a estrutura do metal se manter unida;
- existência de forças de repulsão entre os cátions e entre os elétrons, assim como a importância das mesmas para a definição e manutenção da estrutura;
- a condutividade elétrica dos metais é uma propriedade física característica dos metais, devido aos elétrons deslocalizados que, ao se movimentarem num fluxo direcionado transportam energia. Esse fluxo só ocorre quando os metais são submetidos a uma diferença de potencial;
- a maleabilidade e ductibilidade dos metais que pode ser explicada pelo movimento dos elétrons e pelo fato dos átomos poderem ocupar novas posições na estrutura do metal de forma que a força das ligações permaneça constante, pois o equilíbrio entre as forças de atração e repulsão não é desfeito;
- a formação do arranjo tridimensional dos cátions (aspecto que seria essencial para que os alunos entendessem a densidade);

Em relação ao que já foi comentado sobre o ensino da LM e aos problemas ocasionados por esse tipo de ensino, bem como o que se espera que os alunos aprendam sobre os metais, o presente artigo apresentará uma nova abordagem para o ensino desse tema baseada na construção de modelos. Anteriormente à apresentação dessa nova abordagem de ensino, torna-se necessário comentar alguns aspectos a respeito de modelos e modelagem.

Contribuições de modelos e modelagem para o ensino de ciências

Levando em consideração a atual dinamicidade do conhecimento científico e tecnológico, tem-se uma perspectiva desafiadora para o ensino de ciências que pressupõe promover condições para o aluno *aprender ciência e tecnologia, aprender sobre ciência e tecnologia, fazer ciência e tecnologia e engajar-se em ações sócio-políticas*⁽⁵⁾. De fato, o que pretende é alcançar uma formação de cidadãos capazes de analisar e/ou tomar decisões sobre assuntos que envolvam questões científicas ou habilidades sempre que solicitados, além de ajudar os alunos a desenvolver um entendimento mais coerente, flexível, sistemático e, principalmente, crítico desses conhecimentos.

Compartilhando dessas pretensões, sugerimos uma metodologia desenhada a partir do processo de construção e reformulação de modelos, a modelagem. Entendemos aqui, que um modelo pode ser definido como uma representação parcial, não única, de um sistema, um objeto, um evento, um processo ou uma idéia, focando um ou mais aspecto(s) específico(s) deste e que a modelagem é

processo de criação desse modelo, bem como suas adequações após testes de validade e abrangência.

Sendo o uso de modelos uma tendência muito forte no desenvolvimento do conhecimento científico e uma de suas bases, principalmente no que diz respeito ao campo da química (uma vez que esta estuda e aborda objetos e conceitos extremamente abstratos), sugerimos que os mesmos sejam usados no ensino de ciências visando as seguintes contribuições descritas por Justi e Gilbert⁽⁶⁾:

- *Para aprender ciências*, os estudantes devem conhecer mais os modelos históricos e científicos, bem como abrangência e limitações de tais modelos;
- *Para aprender como fazer ciências*, os estudantes devem ter oportunidades de criar, expressar e testar seus próprios modelos, e
- *Para aprender sobre ciências*, os estudantes devem aprender sobre natureza dos modelos e reconhecer o papel deste na credibilidade e disseminação dos produtos de investigação científica.

A fim de sistematizar a realização dessa proposta, iremos nos basear no diagrama de "Modelo de Modelagem" (figura 1) desenvolvido por Justi e Gilbert⁽⁷⁾ a partir de resultados de uma análise de como os modelos são construídos na produção do conhecimento científico.

Inserir figura 1

Esse diagrama não é a única possibilidade para se conduzir uma modelagem, mas é uma proposta bastante flexível e coerente. Suas etapas não seguem, necessariamente, uma seqüência linear, e, como demonstrando no esquema, tampouco unidirecional.

Considerando a utilização desse diagrama como base para fundamentar propostas de ensino, podemos dizer que, na primeira fase, compete ao professor definir os objetivos do processo a ser desenvolvido. É importante que ele tenha claro um modelo curricular, isto é, a uma simplificação do modelo científico que se espera que os alunos aprendam. Entretanto, é importante que o professor não se prenda a esse modelo como a única possibilidade ou como o único 'correto', uma vez que outros modelos, igualmente coerentes e com poderes de explicação e previsão adequados, podem ser expressos pelos alunos.

As duas etapas seguintes, ter experiências com o 'alvo' e selecionar a 'origem' para o modelo tratam, respectivamente, de escolher dados e informações relevantes que serão fornecidos aos alunos, assim como os conceitos prévios que são pré-requisito, para favorecer a construção de um modelo mental (a próxima etapa), e de escolher analogias adequadas para o estabelecimento de relações entre a entidade modelada e o modelo. É a partir do processo dinâmico de ocorrência desses elementos que o modelo mental inicial é construído.

As próximas duas fases são inerentes ao processo e aparecem espontaneamente. Diante de uma situação problema, o aluno é solicitado a construir um modelo que possa elucidar a mesma, daí inicialmente ele constrói um modelo mental – uma idéia pessoal a qual só ele tem acesso – e, posteriormente, expressa esse modelo de modo a permitir que outras pessoas (como o professor e seus colegas) também possam conhecê-lo. Identificando os diversos modelos produzidos pelos alunos, o professor não deve simplesmente julgar e sentenciar o certo e o errado, mas, sim, trazer novos elementos que possam se contrapor às incoerências observadas, levando os alunos a testarem seus modelos através da condução de experimentos mentais, o que remete a sexta fase do diagrama. Se o modelo responder positivamente ao teste (for capaz de explicar os novos dados) deve-se seguir para a próxima etapa, caso contrário, o modelo mental deverá ser modificado, ou até mesmo rejeitado, iniciando-se o processo novamente.

A penúltima fase, que nem sempre é possível ou necessária de ser realizada (dependendo do conteúdo em questão e da disponibilidade de recursos materiais) prevê o planejamento e condução de testes empíricos do modelo. Se os resultados falharem, deve-se reformular o modelo; se forem compatíveis, pode-se dizer que o objetivo inicial foi atingido e faz-se necessário somente discutir a abrangência e as limitações do modelo desenvolvido (última fase).

O grande desafio de nossa proposta é a transposição da aplicabilidade (ou viabilidade) dessas etapas do processo científico para o processo de ensino. Essa proposta de transposição do diagrama do contexto científico para o escolar é um grande desafio, uma vez que requer grande dedicação e conhecimento do professor a fim de propor como cada etapa será conduzida. Por outro lado, alguns trabalhos como os de Ferreira⁽⁸⁾ e Mendonça e Justi⁽⁹⁾ evidenciaram que isso é possível e que os resultados alcançados em termos de aprendizagem dos alunos são muito bons.

Metodologia

Para o adequado planejamento das etapas de nossa proposta de ensino, foi desenvolvido um conhecimento prévio sobre o diagrama "Modelo de Modelagem" através do estudo do mesmo. Além disso, foram pesquisadas na literatura as principais concepções alternativas dos alunos em relação ao tema ligações metálicas e, com base nisso, previstos os possíveis modelos que eles poderiam construir para explicar essa ligação. Esta previsão foi fundamental para subsidiar a escolha das informações e dados mais relevantes a serem fornecidos aos alunos, bem como a definição dos testes que deveriam ser feitos nos modelos a fim de alcançarmos um modelo consensual mais próximo do

aceito cientificamente e uma aprendizagem mais coerente por parte dos alunos.

Resultados e Discussão

A proposta de ensino formulada se dividiu em cinco momentos, conforme seus objetivos. Tais momentos não necessariamente correspondem à uma hora/aula. Os pré-requisitos para o desenvolvimento desta proposta são:

- Modelo atômico de Bohr e tabela periódica;
- Elétrons de valência (elétrons que são mais fracamente atraídos pelo núcleo);
- Energia de ionização;
- Discussão a respeito de abaixamento de energia e estabilidade das substâncias (sugere-se a discussão do gráfico de energia potencial em função da distância entre os núcleos atômicos).

Se o professor for trabalhar com alunos que ainda não tiveram contato com processo de construção de modelos, uma aula introdutória sobre o que são modelos na ciência deve ser desenvolvida antes das etapas sugeridas a seguir. Esse primeiro contato dos alunos com o “processo” a ser desenvolvido antes de analisar efetivamente a “situação-problema” e indispensável para que eles entendam para que servem os modelos, suas limitações e como realizar a modelagem¹. Sendo assim apresentamos a seguinte proposta para o ensino da LM:

- Definição do objetivo da proposta: o objetivo central é favorecer a aprendizagem dos alunos sobre ligações metálicas a partir do estudo de suas propriedades.

1º Momento: Introdução ao Tema Ligações Metálicas

- Proposta: Pesquisa sobre metais a ser realizada pelos alunos organizados em grupos. Foco da pesquisa: Origem e aplicação dos metais.
- Objetivo²: Ter experiência com o ‘alvo’.
- Justificativa: Pretende-se promover o primeiro contato dos alunos com os metais e suas propriedades. Ao perceberem a relevância do tema e a correlação com o cotidiano, os alunos tendem a ficar mais motivados e interessados a aprender sobre o assunto.
- Papel do professor: a) Selecionar os metais mais comuns a serem analisados, de preferência os mesmos que, posteriormente, serão testados em sala de aula. b) Propor a pesquisa em tempo hábil para que possa ser apresentada como abertura do estudo do conteúdo de LM. c) Fazer um fechamento superficial concluindo que os metais são formados através da LM e que as

¹ Como referência para atividades de discussão das principais características de modelos (natureza, uso, entidades modeladas, possibilidade de modificação) e sobre modelagem, ver proposta presente em Mendonça e Justi⁽⁹⁾.

² Refere-se ao relacionamento entre as fases do diagrama e a proposta.

características dessa ligação (modelo da LM) podem explicar as propriedades dos metais.

2º Momento: Atividade 1 – Teste da condutividade elétrica e observação do brilho dos materiais

- Proposta: Mostrar a diferença de comportamento, em relação a essas duas propriedades de materiais constituídos por ligações químicas diferentes (a princípio sugerimos cristais de compostos iônicos e placas metálicas). A partir disso, solicitar que os alunos construam um modelo que explique as propriedades observadas.
- Objetivo: a) Realização dos testes e observações – ter experiência com o ‘alvo’; b) construção de um modelo inicial – produção de um modelo mental e, posteriormente, expresso.
- Justificativa: a participação ativa dos alunos na investigação das propriedades é um fator extremamente motivador. Além disso, o fato de constatarem a ocorrência das propriedades diferentes entre os compostos apresentados pode instigar o aluno a querer entender o porquê disso. Assim, o aluno constrói um ‘modelo mental’ para compreender o ocorrido. Para que o professor possa acessar esse modelo idealizado pelo aluno é necessário que o mesmo o expresse em algum modo de representação (nesse caso sugerimos desenhos e explicações escritas).
- Papel do professor: a) Orientar os alunos a expressar suas idéias recorrendo aos seus conhecimentos prévios sem interferir ou manipular os resultados que devem ser produzidos individualmente, ou em grupo, pelos alunos. b) Conduzir o processo de socialização dos modelos propostos observando a validade destes para explicar as propriedades estudadas – não se espera que os alunos atinjam já nessa fase o modelo próximo ou igual ao aceito cientificamente, por isso nenhum deve ser refutado por esse motivo. c) Trazer novos dados que possam contrastar com os modelos inadequados e ajudar os alunos a reformulá-los.

3º momento: Atividade 2 – A energia envolvida nas ligações químicas

- Proposta: Levar o aluno a estabelecer relações entre as energias envolvidas numa ligação química em termos de atração e repulsão, e a estabilidade da mesma através de ‘questões geradoras’³. Tais questões têm o propósito de estimular o desenvolvimento do modelo e a

³ Tradução usada nesse trabalho para a expressão em inglês “generative questions”, apresentada por Vosniadou⁽¹⁰⁾.

construção do conhecimento, uma vez que não podem ser respondidas apenas pela evocação de um conhecimento já pronto.

- Objetivo: Conduzir experimentos mentais (teste dos modelos).
- Justificativa: Talvez no modelo expresso, principalmente nas explicações escritas, o aluno não explicita o que pensa sobre a estabilidade da LM. Isso pode acontecer porque o aluno não pensa nesse aspecto ou não o compreende muito bem. Dessa forma, ao serem levantadas questões sobre o assunto, pretende-se que o aluno teste o seu modelo mentalmente, verificando e construindo argumento(s) que explique(m) essa estabilidade.
- Papel do professor: a) Conduzir a discussão sobre qual tipos de fenômeno (atração ou repulsão) observa-se entre os átomos da estrutura metálica. b) Promover discussões que culminem em uma conclusão consensual de que há equilíbrio entre as forças de atração e repulsão que justificam a estabilidade.

4º momento: Atividade 3 – Ductibilidade e maleabilidade dos metais

- Proposta: Apresentar aos alunos cristais de compostos iônicos (por exemplo) e metais (placas e fios) para que sejam testados e comparados em termos de suas propriedades de maleabilidade – capacidade de serem moldados em finas lâminas sem se romperem – e ductibilidade – capacidade de formarem fios. A intenção é que o aluno perceba que devido à diferença de ligação química, os metais são passíveis de serem moldados em lâminas e fios, e tente explicar isso através de seu modelo construído.
- Objetivo: Conduzir experimentos mentais (teste dos modelos) e modificar ou rejeitar o modelo anterior (expressar um modelo novo ou reformulado).
- Justificativa: Nessa atividade, o aluno poderá testar o seu modelo através de outros elementos que são apresentados. Os alunos que propuseram um modelo coerente nas atividades 1 e 2 poderão testá-lo novamente, sendo um exercício para verificação do modelo e do aprendizado do aluno. Por outro lado, para aqueles que não chegaram a um modelo coerente antes, este poderá ser um momento de perceber as incoerências e reformular o modelo anterior.
- Papel do professor: a) Certificar-se de que os alunos entendem o significado dos conceitos de maleabilidade e ductibilidade. b) Se os alunos já tiverem estudado ligação iônica, usá-la como contra-exemplo, explicando, de forma interativa com os alunos, porque o cristal iônico se rompe. c) Se não tiverem estudado, dar como pista o

fato de que o metal não se fragmentar e ser moldável se relaciona à estabilidade da ligação (retomando a questão das forças). d) Promover discussões que culminem na elaboração de um modelo consensual entre os alunos de modo que esse se aproxime ao máximo do aceito cientificamente e enfatizar as principais características da LM.

5º momento: Atividade 4 – Densidade dos metais.

- Proposta: Retomar o conceito de densidade, como uma propriedade muito importante das substâncias. Apresentar os valores de densidade de alguns metais e pedir que os alunos modelem a estrutura dessas substâncias metálicas de modo a explicar as variações.
- Objetivo: Atingido o objetivo inicialmente definido, extrapolar o modelo na perspectiva de compreender a estrutura do arranjo espacial de átomos numa substância metálica.
- Justificativa: Uma vez que os alunos estarão estudando as principais propriedades dos metais, a densidade não poderia ser excluída. Todavia, como ela se justifica pelo arranjo dos átomos (um aspecto de percepção mais difícil para os alunos do que os relacionados com a existência dos elétrons deslocalizados), optamos por apresentá-la no momento de os alunos pensarem na abrangência de seus modelos.
- Papel do professor: a) Lembrar aos alunos (caso isso não ocorra) que a distribuição da massa atômica se concentra no núcleo. b) Lembrá-los também de correlacionar volume atômico e raio atômico. c) Fornecer aos alunos instrumentos (materiais como bolinhas de isopor e varetas, por exemplo) para que possam modelar concretamente seus modelos mentais. d) Fazer o fechamento do processo, discutindo os últimos modelos propostos pelos alunos e enfatizando quais dos elementos desses modelos justificam a diferença de densidade. Não se espera que os alunos façam arranjos cúbicos, hexagonais, etc, mas sim que demonstrem uma relação coerente entre densidade e empacotamento dos átomos.

Conclusões

A proposta de ensino de LM baseada numa transposição das etapas do diagrama modelo de modelagem para uma situação de planejamento de atividades para o ensino demonstra a validade do diagrama como um instrumento para o professor. Através do entendimento, por parte do professor, do diagrama e das relações que podem ser estabelecidas para propor atividades, ele poderá utilizá-lo também para outras situações em que julgar necessário o ensino através da modelagem. Para conduzir processos de modelagem para outros

temas, ele deverá estar consciente das concepções prévias dos estudantes para o tema e ter noção dos modelos possíveis de serem elaborados pelos alunos a fim de buscar elementos para ajudar o aluno a testar seu modelo e para propor 'questões geradoras'. Nesse processo, o professor atuará como facilitador, dando suporte aos estudantes de forma a engajá-los na construção de modelos. Por isso, acreditamos que aspectos relacionados à construção de modelos e utilização de atividades desse tipo no ensino devem fazer parte da formação dos professores.

Acreditamos também que essa proposta deverá proporcionar um aprendizado significativo por parte dos alunos. Essa crença se origina dos resultados de trabalhos que investigaram o aprendizado do aluno através de modelagem em outros assuntos de química (equilíbrio químico⁽⁸⁾ e ligação iônica⁽⁹⁾), bem como a impressão das pesquisadoras durante a aplicação de um piloto dessa proposta. Apoiadas nas outras pesquisas e com base em nossas impressões, acreditamos que o aprendizado significativo dos alunos através da modelagem poderá ocorrer em duas instâncias:

- *de conteúdo*, no qual os alunos poderão desenvolver uma melhor compreensão sobre LM, bem mais ampla do que a que é observada no ensino tradicional do assunto. Através das atividades esperamos que eles sejam capazes de estabelecer relações entre energia e estabilidade na formação de uma substância metálica e que sejam capazes de manipular o modelo da LM para explicar as propriedades: condutividade elétrica, brilho, maleabilidade, ductibilidade e densidade, realizando uma transposição do macroscópico para o microscópico, bem como do microscópico para o macroscópico, para fazer previsões de comportamento dos metais.
- *sobre modelos e modelagem*. Esperamos que os alunos sejam capazes de criar, expressar e testar seus próprios modelos e, através disso, possam avaliar o papel de modelos no desenvolvimento dos conhecimentos científicos. Dessa forma, eles poderão adquirir uma visão menos limitada de modelos.

A partir de nossas experiências prévias e da literatura da área, podemos dizer que as aulas de acordo com essa estratégia se tornam mais motivadoras para os alunos, visto que eles não recebem o conteúdo pronto e são instigados e bastante motivados pelo professor a resolver uma situação problema, o que contribui para torná-los mais engajados durante as aulas. Além disso, como eles trabalham em grupos, ocorre um favorecimento das trocas de idéias entre os alunos e uma melhor socialização entre eles e com o professor. Para tanto, o professor não deverá julgar se o modelo dos alunos são corretos ou incorretos, o que poderia diminuir a motivação deles para participar do processo, mas sim, como enfatizado antes, contribuir

com suas ações e questões para que os alunos aprendam de maneira significativa.

Agradecimentos

- CNPq
- Professoras Clarissa Rodrigues e Cristiane Martins Pereira, que também participaram da elaboração da proposta de ensino.

-
- (1) Taber, K. S. *Sci. Edu.*, **2003**, 87, 732.
 - (2) Coll, R. K. e Treagust, D. F. *Sci. Edu.*, **2003**, 87, 685.
 - (3) Carvalho, N. B., Justi, R.S. e Ferreira, P. F. M, *Ens.de las Cienc.*, **2005**, número extra.
 - (4) Taber, K.S. *Sch. Sci. Rev.*, **1997**, 78, 85.
 - (5) Hodson, D. *Int. J. Sci. Edu.*, **1992**, 14, 541.
 - (6) Justi, R. S. e Gilbert, J. K. *Int. J. Sci. Edu.*, **2002a**, 24, 1273.
 - (7) Justi, R. S. e Gilbert, J.K. (2002). *Int. J. Sci. Edu.*, **2002b**, 24, 369.
 - (8) Ferreira, P.F.M. Dissertação de Mestrado, FaE-UFMG, Brasil, **2006**.
 - (9) Mendonça, P. C. C. e Justi, R. S. V *ENPEC*, Bauru, Brasil, **2005**.
 - (10) Vosniadou, S. In *Model-based Reasoning in Scientific Discovery*:: L. Magnani et al. (eds), Kluwer: New York, **2002**.

Anexo

Figura 1. Diagrama “Modelo de Modelagem” ⁽⁷⁾

