

MARTELANDO MATERIAIS E RESSIGNIFICANDO O ENSINO DE LIGAÇÕES QUÍMICAS

HAMMERING MATERIALS AND RESIGNIFYING THE CHEMICAL BONDS TEACHING

Elisangela Pariz^{1}; Patrícia F. Lootens Machado²*

^{1,2}Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências/UnB

**elispariz@yahoo.com.br*

Resumo

Estudos realizados apontam para a dificuldade de se trabalhar o conteúdo de ligações químicas em sala de aula. Em parte, as dificuldades podem estar associadas à falta de materiais didáticos que associem teoria-experimento, sem banalizar os conceitos químicos. Atividades experimentais demonstrativas-investigativas, com enfoque nas relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e abordagens de problemas ambientais, foram propostas para investigar o processo ensino-aprendizagem de ligações químicas e aplicadas em duas turmas da segunda série do Ensino Médio de uma escola pública do Distrito Federal. Com base na análise desses dados, constatamos que a utilização de estratégias didáticas diversificadas, principalmente as atividades experimentais colaboraram para a compreensão dos conceitos de ligação química, bem como para o entendimento da linguagem representacional para os modelos de ligação.

Palavras-chave: Ensino de Química; Ligação Química; Atividades Experimentais.

Abstract

The research on chemical bonds subject points to the difficulty on teaching. It is possible that the difficulties are associated with the lack of materials in chemical bonds that relate experiment and theory and that do not vulgarize chemical concepts. It proposed experimental demonstration-investigative activities, focusing on the relations between Science-Technology-Society (STS) and environmental problems to investigate the process of teaching-learning. The activities was applied to two classes of second grade in a Distrito Federal's public high school. Based on the analysis of these data, we found that the use of diversified teaching strategies, mainly experimental investigative activities, contributed to the understanding of the chemical bonding concepts and of the chemical language.

Key words: Teaching of Chemistry; Chemical Bonding; Experimental Activity.

INTRODUÇÃO

A Química, por ser uma ciência dedicada ao estudo de substâncias, do modo como elas se constituem, interagem e se transformam pela ação da natureza ou ação humana, apresenta grande aplicação nas mais diversas áreas do conhecimento. A importância dos diferentes materiais e substâncias na vida contemporânea revela-se tão grande quanto à lista

¹ Bolsista CAPES no período de 2009 a 2011.

dos seus usos e aplicações. As propriedades físico-químicas das diferentes substâncias dependem da organização dos seus átomos e, portanto, da natureza de suas ligações. Logo, entender como se ligam átomos e íons, como interagem moléculas, como se formam as substâncias e no que isso interfere na constituição e propriedades dos novos materiais, assegura aos estudantes o direito de um julgamento mais consciente e fundamentado das informações que nos chegam diariamente.

Esse contexto justifica a pertinência do estudo de ligações químicas no nível básico de ensino, visto ser este o período de escolaridade final para a maioria da nossa população. No entanto, para o Ensino Médio, a compreensão dessas interações químicas e do relacionamento com as propriedades das substâncias perpassa o nível sensorial, pois exige que o aluno seja capaz de passar da observação para a formulação de modelos (Fernandez; Marcondes, 2006). Portanto, a complexidade desse conhecimento encontra-se na necessidade de elaborações abstratas, tendo grande potencial para gerar concepções equivocadas sobre ligações químicas.

Alguns estudos sobre o processo ensino-aprendizagem de ligações químicas, divulgados na literatura nacional (Fernandez; Marcondes, 2006) e internacional (De Posada, 1999; Riboldi *et alii*, 2004) evidenciam as concepções apresentadas por alunos, em diferentes níveis de ensino. Para Silva *et alii* (2009), a compreensão equivocada sobre o conteúdo em questão pode estar relacionada a simplificações e abordagens inadequadas dos livros didáticos durante a apresentação do conteúdo, sobretudo com relação ao modelo de ligação metálica.

A dificuldade de se trabalhar esse conteúdo em sala de aula pode estar, em parte, associada a obstáculos de se implementar estratégias didáticas diversificadas, além da falta de materiais, que associem teoria-experimento sem banalizar os conceitos químicos, atribuindo-lhes significados mais próximos aos aceitos cientificamente. Entendemos que o uso de atividades experimentais, modelagem, jogos e vídeos educativos, paradidáticos e textos de divulgação científica associados às aulas, de maneira que o processo ensino-aprendizagem seja indissociável, permite ao estudante apreender o conhecimento de forma integrada, interdisciplinar e contextualizada.

A partir dessa perspectiva, foram elaboradas e aplicadas atividades experimentais demonstrativas-investigativas para explorar possibilidades ao processo ensino-aprendizagem do conteúdo de ligações químicas. Com as atividades propostas, investigou-se como a utilização de uma abordagem contextualizada e a inserção de temas históricos, sociais, tecnológicos e ambientais, pode contribuir para que os alunos desenvolvam a capacidade de questionar as alternativas propostas pela Ciência para resolução de problemas reais.

Com vistas a consolidar a apreensão do conhecimento sobre ligações químicas pelo aluno e a possibilitar a compreensão de propriedades relevantes de materiais e substâncias, que fazem parte de nossas vidas, buscamos aporte teórico que refletisse a articulação entre os saberes científico e cotidiano, mediante o uso de atividades experimentais demonstrativas-investigativas, para ensinar Química em um contexto escolar real.

ARTICULANDO SABERES CIENTÍFICO E COTIDIANO PARA ENSINAR QUÍMICA

Muitos são os desafios encontrados por educadores químicos no processo ensino-aprendizagem e o primeiro deles é despertar nos alunos o interesse pelo conhecimento científico. Compartilhar os conhecimentos científicos, apreendidos durante a formação docente, demanda mais que dominá-los, exige reorganizá-los, reestruturá-los e, sobretudo, didatizá-los. Os textos de Bachelard (1999), Lopes (1997, 1999) e de outros autores possibilitam a reflexão sobre o que vêm a ser os conhecimentos cotidiano, científico e escolar

e como a inter-relação entre eles pode contribuir para “resgatar e salientar o papel da escola como socializadora/produtora de conhecimento” (Lopes, 1997, p. 566).

Espera-se que a escola contemple no currículo, os saberes construídos socialmente e o conhecimento escolar. De modo semelhante, espera-se que o professor seja capaz de selecionar, organizar e trabalhar conhecimentos relevantes e significativos a serem aprendidos pelos alunos ao longo do processo ensino-aprendizagem. Os saberes construídos socialmente são definidos como “âmbitos de referência dos currículos” (Moreira; Candau, 2007, p.22). Os saberes produzidos em universidades e centros de pesquisa, no mundo do trabalho, nas atividades desportivas, nas de produção artística, no campo da saúde, nos movimentos sociais e até mesmo nas formas de exercício da cidadania são selecionados e passam, primeiramente, por uma descontextualização. Posteriormente, eles são recontextualizados para, por fim, constituírem o currículo formal e tornarem-se conhecimento escolar a ser aplicado em sala de aula (Moreira; Candau, 2007). Cabe aos professores explicitarem que os conhecimentos que são apresentados na escola não são verdades inquestionáveis e necessitam do crivo da razão (Pierson *et alii*, 2007).

Segundo Lopes (1999), o conhecimento científico tem caráter de abstração quando aplicado ao conhecimento escolar, o que é pertinente ao conteúdo de ligações químicas, alvo dessa investigação. Por sua vez, Scriptori (2004) aponta a importância da abstração, como processo cognitivo e constitutivo da aprendizagem. O autor ressalta ainda a importância de considerar os saberes cotidianos, por aqueles “que se propõe ensinar, sobretudo quando se pretende de alguma maneira, favorecer a aprendizagem escolar” (p. 69-70). Entendemos, pois, que há necessidade de reordenação das disciplinas convencionais, a fim de articular o diálogo entre elas e entre os diferentes saberes, na perspectiva de renovação.

Um dos objetivos da pesquisa em ensino de Ciências deve ser elaborar estratégias e metodologias de ensino, que tenham como pressuposto compreender as dificuldades de apreensão de um determinado conteúdo pelo aluno, e em um contexto mais amplo articular os conhecimentos cotidiano, científico e escolar, objetivando resultados mais significativos.

Por fim, em consonância com Moreira e Candau (2007), julgamos necessário avaliar o processo de construção do conhecimento escolar, mediante reconhecimento de que se devem promover diferentes formas de se trabalhar os recursos didáticos disponíveis. Ao trilhar esse caminho, buscamos com o presente trabalho favorecer um processo ensino-aprendizagem mais reflexivo e significativo a alunos e professores, bem como uma maior compreensão do processo pedagógico para esse.

Pensamos que refletir sobre os aspectos discutidos nesse trabalho seja uma maneira de minimizar a pouca empatia e, conseqüentemente, a falta de aprendizado dos conteúdos de Química, que é por si só, uma matéria difícil, dado seu elevado grau de abstração. Isso se aplica perfeitamente aos conceitos de ligações químicas, que exigem do aluno um salto do concreto para o abstrato, ou seja, do mundo macro para o universo microscópico das ideias.

No contexto educacional em que se insere essa pesquisa, a experimentação defendida por Silva *et alii* (2010) foi encontrada como uma forma de reorganizar e trabalhar conteúdos de ligações químicas no nível médio de ensino. Para superar as limitações apresentadas na escola e dar novo significado as atividades experimentais, a experimentação assume nova função pedagógica. E com intuito de não se desvincular teoria e experimento, ampliamos, como recomendam os autores mencionados, a concepção do que é um laboratório de ensino.

Para tal, assumimos que o desenvolvimento de uma atividade experimental não deve estar vinculado à existência de um laboratório na escola e buscamos ampliar a diversidade dos espaços em que essas podem ser realizadas. Segundo Weissmann (1998), uma solução a essa

problemática está na inserção da “sala ambiente” no meio escolar, ou seja, um espaço multifuncional, em que as abordagens e estratégias atuais, recomendadas para o ensino de Ciências possam ser realizadas, tais como: aulas expositivas, discussões em grupo, atividades lúdicas, projeções de filmes e vídeos, simulações em computadores, experimentação demonstrativa-investigativa, etc. Todas essas modalidades vêm sendo citadas pela literatura (Hodson, 1994; Barberá; Valdés, 1996; Pontone Jr., 1998; Silva; Zanon, 2000; Silva *et alii*, 2010) como alternativas possíveis às aulas práticas. Destacamos a estratégia proposta por Silva *et alii* (2010) denominada atividades demonstrativas-investigativas, por ter sido adotada durante este trabalho. Esta atividade deve ter por características:

(...) maior participação e interação dos alunos entre si e com os professores em sala de aula; melhor compreensão por parte dos alunos da relação teoria-experimento; o levantamento de concepções prévias dos alunos; a formulação de questões que gerem conflitos cognitivos em sala de aula a partir das concepções prévias; o desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio da formulação e teste de hipóteses; a valorização de um ensino por investigação; a aprendizagem de valores e atitudes além dos conteúdos, entre outros. (p. 246).

Na busca por resultados efetivos no processo ensino-aprendizagem, autores como Hodson (1994) e Silva *et alii* (2010) sugerem uma sequência de etapas que o professor deve utilizar para conduzir um experimento em sala de aula. Em linhas gerais, o trabalho mais recente faz uma expansão do anterior e recomenda que, ao desenvolver uma atividade experimental, o professor deve contemplar seis passos fundamentais, a saber:

- formulação de uma pergunta inicial, que desperte a curiosidade e o interesse dos alunos;
- descrição da observação macroscópica do fenômeno;
- interpretação microscópica, de acordo com teorias científicas que explica o fenômeno;
- inserção de aspectos históricos sobre a teoria científica;
- expressão representacional, que emprega a linguagem química, física ou matemática;
- fechamento da aula, que consiste em responder a pergunta inicial, incluindo a interface CTS e ambiental e a avaliação da aprendizagem. (p. 247-249).

Essas etapas servem de apoio e orientação ao professor na realização dos experimentos em sala de aula. Neste tipo de abordagem, os fenômenos são observados e o aluno poderá, sob orientação docente, refutar ideias de senso comum e relacioná-los com uma teoria, acrescentando à sua estrutura cognitiva noções do conhecimento científico (relação teoria-experimento). Em todas as etapas, deve-se privilegiar mais o questionamento e a reflexão dos alunos do que propriamente a manipulação de materiais e/ou a montagem de equipamentos. Assim, mais importante que realizar o experimento é promover a discussão entre os alunos, buscando articular os três níveis do conhecimento.

Diante da discussão de vários aspectos importantes relacionados à experimentação no ensino de Ciências e na busca por caminhos que almejam superar as críticas e as dificuldades encontradas para o ensino-aprendizagem do conteúdo de ligações químicas, em parte relacionada à necessidade de abstração pelos alunos, vimos na metodologia da experimentação demonstrativa-investigativa a possibilidade de desenvolver os conceitos cientificamente aceitos.

METODOLOGIA

A proposta de ensino, concebida para essa pesquisa, foi aplicada em um contexto escolar real durante o segundo semestre letivo de 2010 em uma escola pública do Distrito Federal, como parte de uma dissertação de mestrado recém concluída (Pariz, 2011). Em decorrência de a proposta didática contemplar o conteúdo de ligações químicas, a mesma foi

aplicada em duas turmas da segunda série do Ensino Médio (Turma A e B). Ambas tinham 32 alunos, sendo a maioria pertencente à faixa etária padrão para a série (idades variando entre 15 a 18 anos). A turma A era constituída de 18 alunas e 14 alunos. Já a turma B, era formada por 22 alunas e 10 alunos. O fato de a grande maioria dos alunos ter cursado a primeira série na escola contribuiu para a aplicação desta proposta, pois os estudantes já estavam ambientados ao espaço escolar. As salas de aula da escola são distribuídas por disciplina, o que promove uma melhor organização da rotina escolar. A especificidade da sala de aula permite a construção de uma identidade própria para o ambiente, que com a instalação de equipamentos e materiais específicos da disciplina possibilita o planejamento e a execução de diferentes modalidades didáticas, como em uma sala ambiente.

Tendo em vista a complexidade do objeto de estudo, a abordagem qualitativa pareceu ser mais apropriada por permitir a análise de um nível de realidade que não pode ser totalmente quantificado. Tal abordagem possibilitou-nos a descrição dos eventos observados em sala de aula, da produção do material didático, da implementação e análise das práticas avaliativas realizadas.

Foi desenvolvida uma unidade intitulada “Caracterizando materiais e substâncias”, para se trabalhar os conceitos de materiais e substâncias, além de explorar a propriedade da condutividade elétrica de algumas substâncias, na perspectiva de conduzir os alunos a relacionarem essa propriedade com o tipo de interação química existente entre os constituintes das substâncias. Já a unidade intitulada “Como se ligam os átomos e as moléculas” foi dedicada especificamente aos conceitos de ligações químicas, explorando a propriedade de maleabilidade de algumas substâncias e sua relação com o modelo representacional para as ligações iônicas, covalentes e metálicas. Para cada unidade foram desenvolvidas atividades com o objetivo de possibilitar aos alunos a incorporação de novos conceitos ao seu repertório de conhecimento, despertando neles o interesse pelo conceito de ligações químicas. Dessa maneira, foram utilizadas estratégias didáticas que articulavam o conhecimento científico e o escolar ao contexto social. As unidades foram desenvolvidas em dez aulas de 45 minutos.

Quadro 1 – Atividades experimentais desenvolvidas em sala de aula nas respectivas unidades e as propriedades investigadas.

Unidade	Título do Experimento	Propriedade
Caracterizando materiais e substâncias	“Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?”	Condutividade elétrica
Como se ligam os átomos e as moléculas	“O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?”	Maleabilidade

Os experimentos foram elaborados e confeccionados no âmbito do Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química – LPEQ/UnB, que forneceu todos os materiais para o desenvolvimento dos experimentos na escola. Foi necessário, no entanto, adaptar os roteiros experimentais para serem desenvolvidos em ambiente real de sala de aula. Na escola os experimentos foram realizados sobre uma mesa com os alunos organizados em semicírculo. O planejamento e a realização de cada atividade experimental seguiu o modelo proposto por Silva *et alii* (2010), que recomenda os seis passos já descritos neste trabalho.

A seguir descrevemos o modo como as atividades experimentais foram operacionalizadas em sala de aula, bem como discutimos os resultados obtidos a partir do material escrito e produzido pelos alunos durante as avaliações formais e no diário de aula, bem como pontuamos algumas das impressões e anotações da professora ao longo do processo ensino-aprendizagem.

ANÁLISE DAS ATIVIDADES

Para a aplicação das estratégias de ensino, foi levado em consideração que os alunos traziam como bagagem conceitual: modelo atômico de Bohr; distribuição eletrônica em níveis de energia; tabela periódica; propriedades periódicas; elétrons de valência; lei de Coulomb.

Esta análise nos possibilitou levantar considerações sobre a iniciativa de construção do conhecimento escolar mediante abordagem didática do conhecimento cotidiano fundamentado em conceitos científicos. De acordo com Silva e Moreira (2010), a integração dos conhecimentos pode permitir ao aluno uma compreensão a luz da ciência sobre os fenômenos observados no cotidiano, dando a eles autonomia para julgá-los do ponto de vista das descobertas científicas, das elaborações tecnológicas e dos valores sócio ambientais.

Experimento - “Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?”

Uma maneira de estabelecermos relações entre os diversos materiais e/ou substâncias de uso cotidiano, suas propriedades e o conteúdo de ligações químicas foi mediante abordagem de propriedades específicas como a capacidade de conduzir eletricidade. Para tal, foi realizada uma atividade experimental utilizando copos com: água da torneira, água destilada, álcool, água sanitária, além de sal de cozinha, açúcar, gesso, bicarbonato de sódio, pregos, vela, colher de metal, colher de madeira e borracha escolar. O objetivo foi analisar a capacidade desses materiais/substâncias conduzirem corrente elétrica, sob diferentes condições, e classificá-los em substância iônica, molecular ou metálica, relacionando essa propriedade com o tipo de interação química existente entre seus constituintes.

Em um primeiro momento, apresentamos a pergunta problematizadora (título do experimento - ver Quadro 1): “Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?” Esta pergunta foi propositalmente pensada como possibilidade para despertar a curiosidade e o interesse dos alunos, inserindo-se na perspectiva de Bachelard (1999), segundo o qual “todo conhecimento é resposta a uma pergunta”. Após alguns minutos, percebendo a dificuldade dos alunos formularem respostas, demos início à medição da condutividade de uma porção de água da torneira, usando um dispositivo recomendado por Fantini (2009), que se utiliza de diodo emissor de luz-LED ligado a duas pilhas e fios de cobre. Foi feita uma breve explicação sobre a construção do condutivímetro e a importância de sua utilização para Ciência.

A escolha de iniciar a demonstração com água da torneira foi por considerar que os alunos conheciam a condutividade de tal material. Enquanto observavam o experimento, os alunos foram incentivados a descrever o que visualizavam (*observações macroscópicas*) e o que sabiam sobre tal fenômeno. Ao longo das explicações, apareceram inúmeras concepções alternativas. Para eles, a água conduzia eletricidade por ser líquida, enquanto os objetos sólidos foram apontados como não condutores, com exceção dos metais. Segundo os estudantes, a condutividade elétrica dos líquidos reside no fato da água facilitar a promoção de choques elétricos, como pode ser observada na fala:

“(...) a água da torneira conduz eletricidade, porque quando colocamos a mão molhada em um “fio de luz” podemos levar um choque”. A borracha e o plástico não conduzem porque eles são usados nos “fios de luz” para proteger contra os choques elétricos.” (TB-G8)

Já a justificativa dos alunos para a não condução elétrica dos sólidos foi devido ao conhecimento de isolantes somente no estado sólido, e citaram como exemplo borracha, plástico e madeira. Neste ponto, inserimos a discussão possíveis aplicações de materiais condutores e isolantes que usamos diariamente.

A participação e os questionamentos constantes mostraram o grau de motivação e interesse dos alunos. Eles manifestaram inquietações quanto ao fato do sal de cozinha em solução aquosa conduzir corrente elétrica, enquanto que uma solução de açúcar não conduz, apesar da semelhança macroscópica entre os sólidos. Também buscaram respostas para o fato

do LED ter acendido com a água da torneira, diferentemente da destilada. Aproveitamos o momento para perguntar se “A água da CAESB era um material ou uma substância?” Prontamente, 37,5% dos alunos da turma A e 42,85% da turma B classificaram a água, que consomem em casa como material, devido à adição de substâncias para torná-la potável.

Outro fato que promoveu perguntas foi quanto à diferença de intensidade na luz emitida pelo LED, quando testados diversos materiais em relação aos metais. Este fato foi propositalmente deixado para ser explorado quando a ligação metálica fosse o centro das discussões. À medida que os diferentes materiais iam sendo testados, os alunos tinham que preencher uma tabela classificando-os em condutores e isolantes. Ao final da atividade, os alunos classificaram os materiais utilizados em três categorias: 1^a. Condutores de corrente no estado sólido e no líquido, como os metais; 2^a. Isolantes no estado sólido e no líquido, e, por fim, 3^a. Isolantes no estado sólido, mas condutores quando no estado líquido (NaCl fundido).

No segundo momento dessa atividade, deu-se início a discussão sobre como a Ciência explica a propriedade de conduzir corrente elétrica apresentada por alguns materiais. Para auxiliar a interpretação microscópica dos conceitos químicos, elaboramos um texto intitulado “Caracterizando materiais e substâncias”, baseado em Beltran; Liegel, 2008; Santos; Mól, 2005; Silva *et alii*, 2005, e lemos em sala com os alunos. Além desse, trouxemos o texto “Investigando a estrutura das substâncias”, retirado de Beltran; Liegel, 2008. No primeiro texto foram apresentados os conceitos fundamentais para o entendimento da condutividade elétrica e demais propriedades dos materiais/substância e as propriedades físicas, químicas e organolépticas, que as caracterizam. No segundo texto foram abordados os modelos representacionais, cientificamente aceitos, para cada tipo de substância, facilitando a análise dos resultados experimentais. Inicialmente, não se envolveu conceitos de ligação química ou de distribuição eletrônica, mas foi usado o conceito de íons e elétrons livres. Para cada uma das substâncias trabalhadas, os alunos apresentaram um modelo representacional (ver Figura 1), para explicar a propriedade da condutividade elétrica.

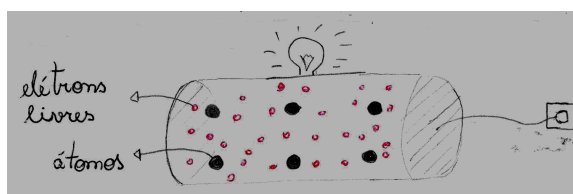


Figura 1 – Representação da condutividade elétrica de metais pelo grupo de alunos TB-G3.

Pode-se dizer que a atividade experimental desenvolveu a habilidade nos alunos de identificar nas substâncias metálicas e em soluções iônicas a capacidade de conduzir corrente elétrica. Nas turmas A e B, respectivamente 50% e 71,42% dos alunos, apontaram como responsáveis pela condução de corrente elétrica a presença de elétrons livres nos metais e íons nas soluções aquosas. Ao final dessa atividade, as substâncias condutoras, que fizeram acender o LED, foram apontadas, por 62,5% dos alunos da turma A e 57,14% da turma B, como o meio necessário para promover o transporte de energia (ver transcrição abaixo).

“É o fluxo de partículas eletrizadas. Essas partículas são elétrons ou íons, que precisam estar livres no interior dos corpos.” (TB-G3).

Ressaltamos que os alunos que apresentaram dificuldade em usar os conceitos químicos abordados foram convidados a irem ao LPEQ (IQ/UnB) para realizarem novamente o experimento e, inclusive, construírem um condutímetro.

De modo geral, as análises realizadas mostram que os alunos apresentaram motivação e comprometimento durante o desenvolvimento da atividade. Na realização das atividades avaliativas, os alunos foram capazes de usar em seus argumentos o conteúdo em estudo e

estabelecer relações com outros conteúdos, que fazem parte do mesmo contexto para explicar as diferentes características e aplicações dos materiais e substâncias questionados. A atividade seguinte teve como objetivo investigar como as substâncias se estruturam microscopicamente, para se chegar as ligações químicas.

Experimento - “O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?”

Esta atividade experimental (Silva, s/d) objetivou discutir a relação entre as propriedades das substâncias e as ligações químicas de seus constituintes, por meio da observação macroscópica após uma martelada vigorosa em uma vela comum, em um cristal de sulfato de cobre e em uma lâmina metálica de cobre. Iniciamos a atividade usando o título problematizador: “O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?” Os alunos responderam ao estímulo, mostrando-se ávidos em dizer que “*sólidos, de uma maneira geral, quebram com o impacto de um martelo*”. No entanto, quando apresentamos os diferentes sólidos a serem utilizados no experimento, alguns alunos modificaram suas respostas, enquanto outros mantiveram a mesma. A mudança na resposta deu-se devido à presença da lâmina de cobre, que eles acreditavam ser mais difícil de quebrar por se tratar de “*um material mais resistente*”. Após as substâncias serem marteladas foram colocadas em confronto as concepções espontâneas dos alunos, instigando-os a refletir e buscar explicações, que relacionassem a estrutura microscópica de cada uma delas com as diferentes propriedades macroscópicas observadas. As explicações foram conduzidas buscando inserir pressupostos conceituais sobre ligações químicas. O conflito cognitivo instalado foi um fator motivacional, que conforme definido por Carvalho (2004), pode levar os alunos a compreenderem como a Ciência busca explicar um fenômeno com as ferramentas que os cientistas possuem em um determinado contexto (Lopes, 1997; Costa-Beber; Maldaner, 2009).

O conceito de substância foi retomado para que os estudantes classificassem os três sólidos utilizados de acordo com a estrutura de seus constituintes. Ao final das discussões, o cristal de sulfato de cobre, a vela e a lâmina de cobre foram classificadas como sendo substância iônica, molecular e metálica, respectivamente. A partir disso, avançamos com o conteúdo de ligações químicas e a discussão sobre como se ligam os átomos formadores dos constituintes das substâncias trabalhadas.

O livro didático (Santos; Mól, 2005) adotado pela escola foi utilizado para a abordagem dos conceitos científicos sobre ligação química, principalmente as ligações iônica e covalente. Assim, o conteúdo de ligação iônica foi trabalhado, em sala de aula, a partir do modelo de distribuição de elétrons, que justifica a estabilidade de alguns íons e a formação dos sólidos iônicos mediante *atração eletrostática não-direcionada* entre os íons de cargas opostas. A não direcionalidade da ligação iônica explica as propriedades típicas dos sólidos iônicos, por exemplo, a sua fragilidade quando submetidos a uma martelada. Assim, quando aplicamos uma força sobre um sólido iônico, ocorreu o deslocamento de uma camada de íons em relação à outra. A consequência será íons de mesma carga se aproximando uns dos outros. As forças repulsivas substituem as atrativas e o resultado é a separação entre as duas camadas.

Já o modelo de ligação covalente foi abordado com foco na atração recíproca e unidirecional entre elétrons de um átomo e o núcleo do outro átomo, que promove o compartilhamento desses pelos dois átomos. A *direcionalidade* da ligação covalente pode explicar a forma como a estrutura da vela rompeu quando submetida à força de uma martelada, diferente do rompimento do cristal de sulfato de cobre.

Para trabalharmos o conteúdo de ligação metálica, elaboramos um texto de apoio, por considerar que o livro didático adotado pela escola não atendia a abordagem conceitual

pretendida em nosso planejamento. A maioria dos livros trabalha com a definição de “mar de elétrons” e a existência de cátions para explicar a ligação metálica e não faz referência ao conceito de bandas de energia e a *não-direcionalidade* das interações entre os átomos metálicos. Explicamos que os sólidos metálicos não se rompem com a martelada, mas são moldados com facilidade porque a força exercida desloca os átomos neutros em um mesmo plano, que se ajustam rapidamente às mudanças na estrutura metálica provocadas por essa perturbação externa. Portanto, sob a influência de uma ação mecânica, os átomos neutros são capazes de deslizar uns em relação aos outros, mantendo as interações entre os planos (Figura 2). Isso explica as propriedades de maleabilidade e ductilidade (formação de fios) dos metais.

Para o fechamento foi requisitado aos alunos que escrevessem sobre que tipo de interação ocorreu entre os constituintes das três substâncias testadas e em como essa interação está relacionada ao fenômeno observado durante o experimento. As respostas apresentadas pelos estudantes permitiram uma análise da apreensão e consolidação dos conceitos de ligações químicas externada pelos alunos, e posterior discussão sobre a ampliação e explicitação de suas ideias quanto à teoria e situações vivenciadas.

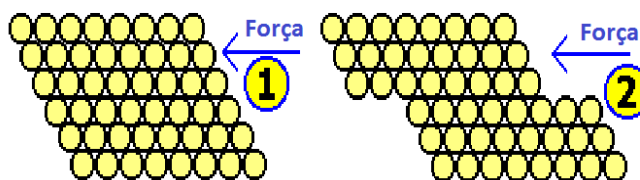


Figura 2 - Deslocamento de átomos entre planos numa substância metálica.

A partir da análise das respostas, foi possível perceber que os alunos apresentaram certa facilidade para descrever macroscopicamente o fenômeno observado, conforme resposta transcrita abaixo:

“Sulfato de cobre: com a aplicação da força com o martelo, o cristal quebrou em pequenos pedaços. Vela/Parafina: com a aplicação da força ela amassa e esmaga, mas não chega a quebrar, acontece apenas um esfarelamento. Lâmina de cobre: com a aplicação da força com o martelo a lâmina se molda, mas não quebra.” (TA-A10)

De acordo com a resposta dada, podemos perceber que esses alunos romperam a concepção de que todas as substâncias quebram ao serem submetidas à martelada. Contudo, apresentam certa dificuldade de assimilação dos conceitos discutidos e, principalmente, de reconhecer que os diferentes sólidos são constituídos por partículas distintas, que interagem com intensidade variada e, por isso, se comportam de maneira diferente ao receber a martelada. Ao fazermos conexão entre a reação à martelada das substâncias (*nível macroscópico*) e as interpretações microscópicas, mediante apresentação de desenhos bidimensionais e de modelos tridimensionais das estruturas reticulares e moleculares, buscamos superar a dificuldade de visualização tridimensional apresentada pelos alunos e promover neles a adequada compreensão dos modelos de ligação química, assim como, habilidade para explicá-los.

Das respostas apresentadas, podemos considerar que alguns alunos foram coerentes na explicação, que aconteceu mediante apresentação de desenhos e conceitos. Contudo, observamos a dificuldade encontrada por esses alunos em fazer uso da linguagem química, como visto na Figura 3, reprodução de uma resposta.

Podemos perceber que este aluno foi capaz de identificar de maneira satisfatória a natureza da ligação química. As representações foram apropriadas e explicadas com certa coerência pela maioria dos alunos. No entanto, a dificuldade de alguns alunos permanecia quando da transferência do modelo macro para a interpretação microscópica e a representação do modelo de ligação iônica, covalente e, principalmente, do modelo de ligação metálica.

Algumas respostas mostraram dificuldade para a apropriação de conceitos e da linguagem química, principalmente com relação ao conceito de íon e de relacioná-lo às substâncias iônicas.

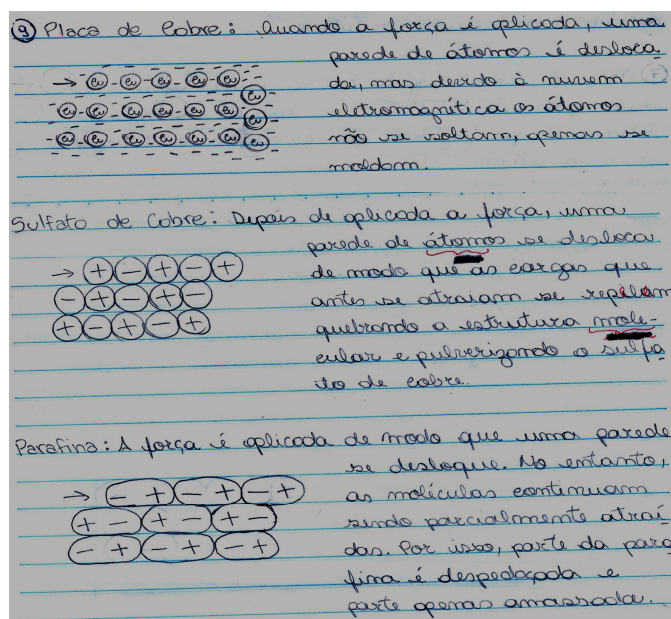


Figura 3 – Representação microscópica do fenômeno observado na atividade experimental.

Carvalho e Justi (2005) apontam que a problemática desses alunos decorre da grande dificuldade em construir modelos mentais a partir da analogia do “mar de elétrons”, ainda presente em diversos livros didáticos. Conforme afirma Taber (2003) e as autoras acima, a dificuldade em entender o que é um “mar de elétrons” faz com que os alunos aceitem a analogia como uma verdade absoluta. Por isso, trabalhar o experimento do martelo e o modelo de ligação metálica, utilizando-se do conceito da *não-direcionalidade* das interações entre os átomos metálicos pode ajudar a romper com essas dificuldades de alguns alunos. Além disso, saímos do modelo de orbitas circulares para um modelo de nível de energia, usando o plano *xy*, na perspectiva de explicar a formação de bandas de energia, que é um modelo capaz de elucidar as propriedades das substâncias metálicas.

Concordamos com Fernandez e Marcondes (2006) sobre o elevado nível de abstração do conteúdo de ligações químicas, o que dificulta o entendimento dos aspectos microscópicos, os quais permitem a relação com certas propriedades observadas macroscopicamente. Contudo, a abordagem demonstrativa-investigativa de atividades experimentais, como as utilizadas neste trabalho, dentre outros aspectos, possibilita que o processo ensino-aprendizagem de ligações químicas ocorra por meio dos fenômenos observados em sala de aula e estimula a percepção dos alunos quanto às articulações CTS e EA. Para inserir aspectos ambientais ao final dos experimentos foi discutido o que fazer com os resíduos gerados, alertando para possibilidades de descarte no lixo comum ou mesmo na pia para aqueles que tinham impacto ambiental insignificante.

Essa prática permitiu-nos reflexões constantes sobre a compreensão dos alunos e promoveu uma realimentação ao processo ensino-aprendizagem, sendo um exercício de docência prazeroso e uma atividade didática motivadora para os estudantes e para a professora. Compreendemos que resultados significativos alcançados no processo ensino-aprendizagem estão relacionados com o desenvolvimento de habilidades e atitudes, enriquecido pela interação entre os grupos; o estímulo a curiosidade dos alunos, suscitado por questionamentos e levantamento de hipóteses, bem como a promoção na elaboração de argumentos e na construção de consenso durante a síntese do que foi relatado por todos (Carvalho, 2004).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades de ensino aplicadas durante as aulas permitiram a discussão do conhecimento químico vinculado a atual diversidade e complexidade dos materiais que nos cercam, contribuindo significativamente com o processo ensino-aprendizagem do conteúdo de ligações químicas, que é sabidamente um conteúdo de compreensão limitada pelos alunos, visto a necessidade de sair do fenômeno em direção às explicações atômico-moleculares.

A utilização de atividades experimentais demonstrativas-investigativas coloca os alunos no centro do processo ensino-aprendizagem, sendo avaliada e apontada pela maioria dos alunos como fator de motivação, pois os levaram a pensar criticamente, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos a novas situações vinculadas, sobretudo, às questões sociais, econômicas, tecnológicas e ambientais. Verificamos que as atividades desenvolvidas foram instrumentos valiosos na elaboração de um diagnóstico sobre as concepções (adequadas ou equivocadas) dos alunos.

As atividades experimentais proporcionaram uma atuação mais dinâmica dos envolvidos, possibilitando a participação de todos nas discussões conduzidas pela professora e, por isso, consideramos que foram o ponto alto da proposta. Segundo alguns alunos, essas atividades permitiram a exposição de suas “próprias ideias”, ao invés de simplesmente declarar algo que o professor espera que seja declarado.

O uso da experimentação investigativa completamente vinculada à teoria envolveu o aluno cognitivamente por meio da observação, análise e discussão das propriedades das substâncias químicas a partir dos fenômenos explorados e dos resultados obtidos nas atividades realizadas, o que levou a uma melhora na compreensão das propriedades das substâncias químicas.

REFERÊNCIAS

- BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.
- BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 3, p. 365-379, 1996.
- BELTRAN, N. O.; LIEGEL, R. M. **Química: ensino médio**. v. 2. Brasília: Cisbrasil. 2008.
- CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Thomson Learning, 2004.
- CARVALHO, N. B.; JUSTI, R. S. Papel da analogia do “mar de elétrons” na compreensão do modelo de ligação metálica. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extra. VII CONGRESO. 2005.
- COSTA-BEBER, L. B.; MALDANER, O. A. Níveis de significação de conceitos e conteúdos escolares químicos no ensino médio: compreensões sobre ligações químicas. **Vidya**, v. 29, n. 2, p. 97-114, jul./dez. 2009.
- DE POSADA, J. M. Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. **Enseñanza de las Ciencias**, n. 17, v. 2, p. 227-245, 1999.
- FANTINI, L. **Testador de condutividade**. 2009. Disponível em: <<http://pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=213>>. Acesso: 23 fev 2010
- FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligação química. **Química Nova na Escola**, n. 24, p. 20-24, nov. 2006.

- HODSON, D. Hacia um trabalho más crítico del trabalho de laboratório. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.
- LOPES, A. R. C. Conhecimento escolar em química - processo de mediação didática da ciência. **Química Nova**, v. 20, n. 5, p. 563-568. 1997.
- LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.
- MOREIRA, A. F. B.; CANDAU, V. M. **Indagações sobre currículo: currículo, conhecimento e cultura**. Brasília: MEC, Secretaria de Educação Básica, 2007.
- PARIZ, E. **Ligação metálica: uma proposta de material didático de apoio ao professor em sala de aula**. Dissertação (mestrado) – Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Brasília, 2011.
- PIERSON, A. H. C.; KASSEBOEHMER, A. C.; DINIZ, A. A.; FREITAS, D. Abordagem CTS na perspectiva de licenciados de Química. **Ciência & Ensino**, v. 1, nov. 2007.
- PONTONE JR., R. As atividades prático-experimentais em Ciências. **Presença Pedagógica**, v. 4, n. 24, p. 71-75, nov./dez. 1998.
- RIBOLDI, L.; PLIEGO, O.; ODETTI, H. El enlace químico: una conceptualización poço comprendida. **Enseñanza de las Ciencias**, n. 22, v. 2, p. 195-212, 2004.
- SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coord.). **Química e Sociedade**. São Paulo: Nova Geração. Volume único. 2005.
- SCRIPTORI, C. C. Conhecimento escolar, modelos organizadores de pensamento e docência. In _____. **Universidade e Conhecimento: desafios e perspectivas no âmbito da docência, pesquisa e gestão**. Campinas: Mercado de Letras, 2004. cap. 5, p. 65-84.
- SILVA, J. I.; MOREIRA, E. M. S. Saber cotidiano e saber escolar: uma análise epistemológica e didática. **Revista Educação Pública**, v. 19, n. 39, p. 13-28, jan./abr. 2010.
- SILVA, D. C.; QUADROS, A. L.; AMARAL, L. O. F. Os metais e a ligação metálica na dinâmica dos livros didáticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.
- SILVA, L. H. A.; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de ciências. In: SCHNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. (org.). In: **Ensino de ciência: fundamentos e abordagens**. Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora, p. 120-153, 2000.
- SILVA, R. R. **Ligações Químicas: uma proposta de ensino**. Material didático da disciplina de Experimentação no Ensino de Química (Graduação) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, s/d.
- SILVA, R. R.; BAPTISTA, J. A.; FERREIRA, G. A. L. **O que é a Química e o que um químico faz**. Notas de aula - Material didático da disciplina de Experimentação no Ensino de Química (Graduação) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 231-261.
- TABER, R. Mediating mental models of metals: acknowledging the priority of the learner's prior learning. **Science Education**, v. 87, n. 5, p. 732-758, 2003.
- WEISSMANN, H. O laboratório escolar. In: Weissmann, H. (org.). **Didática das Ciências Naturais: contribuições e reflexões**. Porto Alegre: ArtMed, 1998. p. 231- 238.