

**ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DE UMA INTERVENÇÃO DIDÁTICA  
UTILIZANDO SITUAÇÃO-PROBLEMA NO ENSINO DE LIGAÇÃO QUÍMICA**  
*Development and implementation of a didactic intervention using problem-situation in the  
teaching of chemical bonding*

**Lucas dos Santos Fernandes** [luckfernandez@hotmail.com]

**Angela Fernandes Campos** [afernandescampos@gmail.com]

*Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)*

*Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE*

### **RESUMO**

Neste estudo foi investigada a compreensão do tema ligação química por alunos de Licenciatura em Química diante de uma abordagem de ensino centrada em situação-problema (SP). O uso da SP mostrou sua potencialidade, tanto para a formação conceitual de ligação química, quanto para o desenvolvimento de atitudes nos estudantes como interesse, participação, respeito pelos colegas e professor.

**Palavras-chave:** Situação-problema; ligação química; ensino.

### **ABSTRACT**

In this study was investigated the understanding of the subject chemical bond for students in higher education about chemical bonding from a teaching approach focusing on the problem situation (SP). The use of SP showed its potential, both for the concept formation of chemical bonds, and for the development of attitudes in students as interest, participation, respect for classmates and teacher.

**Keywords:** Problem situation; chemical bond; teaching.

## **1 Introdução**

O tema ligação química é considerado um dos mais importantes em química, pois é essencial para a compreensão de diversos outros conteúdos químicos, tais como: estruturas moleculares, reações químicas, equilíbrio químico e termodinâmica (Toma, 1997, Özmen, 2004). Sua relevância também é identificada pelos inúmeros estudos científicos, nacionais e internacionais, que retratam essa temática sob aspectos diversos que envolvem: (i)- identificação das concepções alternativas dos estudantes (Peterson e Treagust, 1989, Fernandez e Marcondes, 2006, Özmen, 2008) em diferentes níveis de ensino (De Posada, 1993, 1997, 1999, Coll e Taylor, 2001); (ii)- análise de modelos de ensino (Coll, 2007), em particular, analogias (Coll e Treagust, 2001, Carvalho e Justi, 2005, Justi e Mendonça, 2008); (iii)- análise de livros textos de química (Solbes e Vilches, 1991, Niaz, 2001); (iv)- elaboração e aplicação de estratégias didáticas (Doymus, 2008, Leão et. al, 2007). Em relação à linha de investigação centrada nas concepções alternativas dos estudantes (ideias equivocadas que estão em desacordo com os padrões aceitos atualmente pela comunidade científica (Boo, 1998)), os autores citam como um dos pontos relevantes nesses estudos, o fato de o conhecimento dessas concepções pelo professor, proporciona condições para o desenvolvimento de atividades diferenciadas em sala de aula no sentido de promover a evolução conceitual desses estudantes em direção às idéias consensuais da comunidade científica. Nesse sentido, o ensino por situação-problema pode contribuir.

Corroboramos com Cachapuz (1999) no sentido de que, o ponto de partida para aprendizagens significativas pode se dá através de situações-problema de preferência relativas a contextos reais que despertem a atenção do aluno e nas quais se possam inserir as temáticas curriculares a estudar. Portanto, trata-se de ir ao encontro de objetivos educacionais no sentido do desenvolvimento pessoal e social dos alunos, em que os conteúdos e processos deixem de ser fins para se tornarem meios de encontrar respostas possíveis sobre questões que ganharam sentido. Diversos autores (Meirieu, 1998, Pozo, 1998, Núñez e Silva, 2002 e Perrenoud, 2000) consideram que o indivíduo ao se deparar com uma situação-problema mobiliza diversos recursos cognitivos entre os quais estão os conhecimentos, procedimentos e atitudes que possibilitam o desenvolvimento de competências diversas como as sociais, procedimentais e comunicativas.

Meirieu (1998) define situação-problema (SP) como *uma situação didática, na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. Tal aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema, se dá quando o sujeito transpõe o obstáculo na realização da tarefa.* O obstáculo a transpor pode requerer a elaboração de um conceito, a articulação entre conceitos ou a eficácia social de uma produção. Por isso, todo esforço no ensino por situações-problema consiste em organizar sistematicamente a interação entre problema/resposta, para que durante a resolução do problema, a aprendizagem se realize. Nesse sentido, o desafio da escola e dos cursos de formação de professores nas universidades é o de garantir a superação de um modelo tradicional de ensino, em que os alunos absorvem enormes quantidades de informações, com o propósito de que sejam memorizadas e devolvidas nas avaliações da mesma forma que foram transmitidas pelo professor (Schnetzler, 2004). Essa superação não é tarefa fácil, pois além de demandar do professor a capacidade de organizar e dirigir situações de aprendizagem a partir de uma perspectiva construtivista que leve em consideração características, ritmos, motivações dos alunos, e não apenas incite professores e alunos a ficarem "correndo" atrás de programas (Perrenoud, 2000), exigirá que ele, o professor, tenha consciência de que a sua visão tradicional de ensino repercute em sua prática docente e que é necessário que haja mudança. Cientes da necessidade de professores que: após sua formação inicial domine os conteúdos científicos a serem ensinados em seus aspectos epistemológicos, históricos e suas relações com o contexto social, econômico e político; tenham consciência da importância de uma reflexão contínua sobre sua atuação docente, o exercício da sua profissão e seu papel de transformador da sociedade atual; e, esperando contribuir nesse sentido, este estudo se propõe a investigar a eficácia de uma intervenção didática envolvendo uma situação-problema elaborada e aplicada aos licenciandos de uma disciplina introdutória do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CLQ-UFRPE).

## **2 Metodologia**

### **2.1 Contexto e sujeitos da pesquisa**

A pesquisa foi realizada na disciplina Química Inorgânica do Curso de Licenciatura em Química da UFRPE (CLQ-UFRPE) durante o segundo semestre letivo do ano de 2010. Participaram 30 estudantes do turno noturno; muitos eram trabalhadores, desempenhando geralmente 8 (oito) horas de atividades laborais diárias; A maioria cursou o ensino médio em escola pública, possuía idade entre 19 e 24 anos e vivenciaram conteúdos de química pela primeira vez no primeiro ano do ensino médio. Esses dados foram obtidos através de um questionário diagnóstico.

A disciplina Química Inorgânica é uma disciplina obrigatória da matriz curricular e ofertada regulamente no quarto período desse curso. Ligação química é um dos itens do seu conteúdo programático, que se encontra distribuído em torno dos seguintes assuntos: propriedades físicas e químicas, ocorrências, obtenção e uso dos elementos químicos e de seus compostos; compostos de coordenação; estrutura e nomenclatura de complexos. Antes de cursarem essa disciplina, os licenciandos haviam vivenciado apenas outras 3 (três) disciplinas de fundamentos básicos da Química (Química I e Química Experimental, durante o primeiro período do curso e Química II, no segundo período).

## 2.2 Instrumentos da pesquisa

De modo a levantar os dados para atender aos objetivos da investigação, foram elaborados e selecionados os seguintes instrumentos de pesquisa: questionário diagnóstico, dois vídeos, um sobre condução elétrica e outro sobre condução térmica, uma simulação computacional das estruturas cristalinas cúbica de corpo centrado (CCC), cúbica de face centrada (CFC) e hexagonal compacto (HC), bolas de isopor e palitos de dente, uma situação-problema envolvendo ligação química e um questionário de opiniões sobre a intervenção didática vivenciada.

## 2.3 Questionário

Os trabalhos de De Posada (1999) e Franco & Ruiz (2006) serviram como referenciais para a construção de um questionário estruturado contendo duas perguntas e uma terceira questão com afirmações (i-vi) para que os estudantes argumentassem se a mesma era verdadeira ou falsa e justificassem sua escolha. 1) O que você entende por ligação iônica, covalente e metálica? 2) Que tipo de ligação e propriedades apresentam as seguintes substâncias nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP): cloreto de sódio, NaCl(s), ácido clorídrico, HCl(g), e cálcio, Ca(s)? Em seguida, represente dez partículas de cada uma dessas substâncias. 3) Verifique se as afirmações a seguir são verdadeiras ou falsas e justifique sua opinião: i) Os cristais metálicos se mantêm unidos devido a atração entre íons; ii) Só os metais conduzem eletricidade no estado sólido; iii) Todos os compostos covalentes têm ponto de fusão baixo; iv) Nenhum composto covalente conduz eletricidade, seja sólido, fundido ou dissolvido; v) Os cristais iônicos contêm moléculas em seu interior; vi) A natureza da ligação, seja, metálica, iônica ou covalente é eletrostática. Na análise dos dados, foram utilizados critérios nivelados em resposta satisfatória (RS), resposta parcialmente satisfatória (RPS) e resposta insatisfatória (RI).

## 2.4 Vídeos

Foram selecionados dois vídeos, sendo o primeiro pertencente ao Ponto Ciência ([www.pontociencia.org.br](http://www.pontociencia.org.br)). Esse site pertence a um grupo de alunos e professores da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) que elabora materiais didáticos. Nesse vídeo (figura 1) foi discutida, por meio de um pequeno circuito elétrico, a condutividade elétrica das seguintes substâncias químicas em meio aquoso (da esquerda para a direita na figura 1): (i)- açúcar (sacarose,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ); (ii)- cloreto de sódio (NaCl); (iii)- amônia ( $NH_3$ ); (iv)- ácido clorídrico (HCl). Nos itens (ii-iv) a mini-lâmpada do circuito (figura 1) acende, dando um indicativo de condução de corrente elétrica, devido à presença de íons “livres” na solução.



**Figura 1:** Vídeo sobre condutividade elétrica em solução.

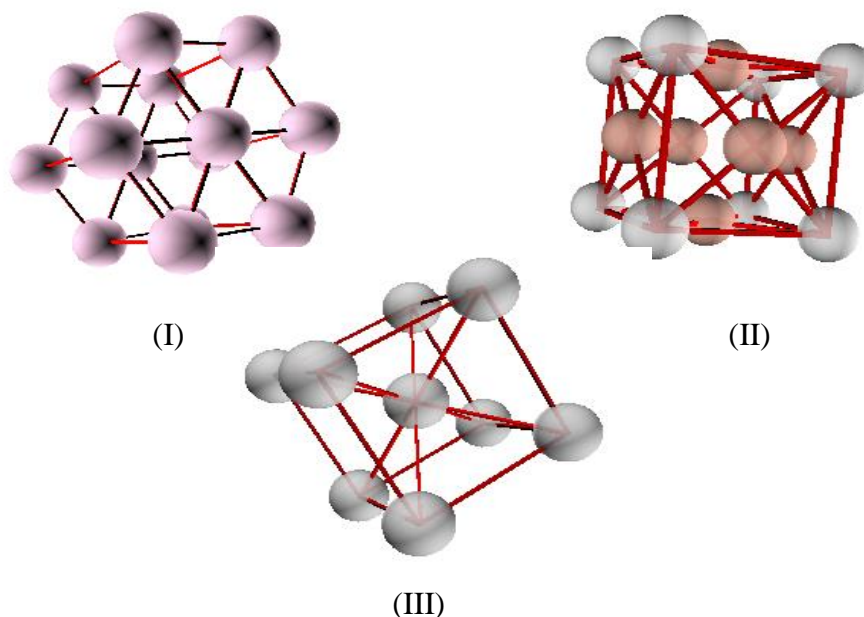
O outro vídeo (figura 2) traz uma abordagem sobre a condução térmica dos metais. Bolinhas de cera foram colocadas em diferentes distâncias num fio de cobre. Uma das extremidades é aquecida e após certo tempo as bolinhas de cera se despreendem na ordem de maior proximidade da extremidade do aquecimento. Esse vídeo permite discutir a condutividade térmica que é uma propriedade macroscópica exibida pelos metais.



**Figura 2:** Vídeo sobre condutividade térmica em metais.

### **2.5 Simulação computacional das estruturas cristalinas CCC, CFC, HC.**

Foi utilizada uma simulação computacional do Laboratório de Material Didático Multimídia (LMDM) e da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), ([www.cienciadosmateriais.org](http://www.cienciadosmateriais.org)). A simulação computacional selecionada envolvia as estruturas cúbica de corpo centrado (CCC), cúbica de face centrada (CFC) e hexagonal compacta (HC), (figura 3). O estudante ao manuseá-la consegue girar as estruturas e aumentar/diminuir o tamanho das esferas, possibilitando uma melhor visualização espacial dos retículos cristalinos.



**Figura 3:** Estruturas cristalinas hexagonal compacto (I), cúbica de face centrada (II), cúbica de corpo centrado (III).

## 2.6 Elaboração da situação-problema

Merieu (1998) propõe algumas orientações ao professor para auxiliá-lo na elaboração de uma SP. As características centrais dessas orientações são discriminadas a seguir: i)- propõe-se aos sujeitos a realização de uma tarefa; ii)- a tarefa só pode ser executada se o obstáculo for transposto; iii)- a transposição do obstáculo deve representar um patamar no desenvolvimento cognitivo do sujeito; iv)- o obstáculo deve constituir o verdadeiro objetivo de aquisição do educador; v)- a tarefa deve apresentar um sistema de restrições a fim de que os sujeitos não executem o projeto sem enfrentar os obstáculos; vi)- deve ser fornecido aos sujeitos um sistema de recursos (materiais e instruções) para que eles possam vencer o obstáculo. Por isso, no processo de elaboração da SP e planejamento da intervenção didática foram levados em consideração: a relação do tema ligação química com o cotidiano do aluno; as propriedades macroscópicas, microscópicas das substâncias químicas e suas relações; a contradição intelectual causada pela situação-problema no aluno; o nível de complexidade da situação-problema; a motivação dos alunos; a mobilização de recursos cognitivos por parte dos estudantes; tomada de decisões e as respostas dos estudantes ao questionário de concepções prévias como meio de responder a SP apresentada a seguir:

*O diamante é uma substância que apresenta uma dureza elevada. Por isso, é utilizado na perfuração de rochas. Na sua composição apresenta apenas átomos de carbono. A grafite é uma substância que possui resistência baixa. É empregada na fabricação de lápis e também é constituída apenas por átomos de carbono. Na escala de dureza o diamante é o mais duro com valor igual a 10 e a grafite é um dos materiais mais moles com dureza igual a 1. A grafite é um condutor elétrico ao contrário do diamante que é considerado um isolante. Por conduzir eletricidade a grafite é utilizada em fornos elétricos. Por que há diferença de dureza tão acentuada nessas substâncias uma vez que ambas são constituídas apenas por carbono? Por que só a grafite conduz corrente elétrica? Que tipo de ligação química ocorre nessas substâncias?*

## 2.7 Intervenção didática

Durante a primeira aula da intervenção didática os alunos responderam individualmente ao questionário diagnóstico proposto sobre ligação química. Essa etapa teve a duração de 30 minutos. Em seguida, eles foram separados em grupos de cinco membros para ler o enunciado da SP. A SP foi apresentada aos alunos antes de ser iniciado o assunto ligação química. Nesse momento foram registradas, por escrito, as dúvidas e inquietações manifestadas pelos estudantes. Na segunda aula a professora/pesquisadora iniciou uma discussão sobre o tema ligação química relacionando as propriedades dos compostos com o tipo de ligação (relação entre o nível de conhecimento químico fenomenológico e teórico). Depois, os estudantes assistiram a dois vídeos: um sobre a condução elétrica (figura 1) dos compostos e outro sobre a condução térmica nos metais (figura 2). Após a apresentação dos vídeos a professora/pesquisadora apresentou as seguintes questões aos estudantes: (i)- o que foi responsável pela condução elétrica no vídeo 1 e condução térmica no vídeo 2? (ii)- ainda, o que está presente na estrutura interna de um sólido iônico e de um sólido metálico? Na discussão sobre a estrutura interna dos sólidos iônicos e metálicos introduziu-se a idéia de retículo cristalino, cela unitária, número de coordenação (NC) e algumas das principais estruturas cristalinas que os sólidos iônicos e metálicos mais comumente se cristalizam. Nesse momento, os alunos fizeram uso da simulação computacional que envolve as estruturas CCC, CFC e HC. Depois, foram convidados a confeccionar manualmente as estruturas: cúbica de face centrada (CFC), cúbica de corpo centrado (CCC) e hexagonal compacta (HC) com bolas de isopor e palitos de dente (figura 4). Na terceira aula a professora/pesquisadora discutiu sobre as propriedades dos compostos covalentes relacionando-as com a estrutura desses compostos. Foi abordada a diferença entre um sólido molecular e reticular e sobre forças intermoleculares. Também foi realizada uma discussão sobre a natureza eletrostática da ligação química, seja iônica, metálica ou covalente. Na quarta e última aula os alunos foram novamente convidados a responder a situação-problema e confeccionar manualmente com bolas de isopor e palitos de dente as estruturas cristalinas do diamante e da grafite, relacionando essas estruturas com as propriedades macroscópicas exibidas por essas substâncias. A intervenção didática teve a duração de 14 horas.

## 2.8 Situação-Problema

Foi entregue aos grupos de alunos, na última aula da intervenção didática, uma folha em branco e solicitado que eles respondessem com no mínimo seis linhas à SP vivenciada. As respostas dos alunos à SP foram categorizadas utilizando critérios nivelados em resposta satisfatória (RS), resposta parcialmente satisfatória (RPS) e insatisfatória (RI).

Quadro 1. Categorias e critérios utilizados para análise das respostas dos estudantes à situação-problema.

Categoria da resposta	Critérios
<b>Resposta Satisfatória (RS)</b>	Relaciona a dureza do diamante ao fato de possuir ligações covalentes do tipo $\sigma$ onidirecionais num arranjo cristalino cúbico de face centrada (CFC), enquanto a grafite possui ligações covalentes do tipo $\sigma$ e $\pi$ em um arranjo hexagonal compacto (HC), onde planos sobrepostos interagem através de forças intermoleculares fracas. Associa a condução elétrica da grafite às ligações do tipo $\pi$ , e o diamante não possuir elétrons deslocalizados em sua estrutura. Classificar as ligações químicas presentes em grafite e diamante como covalentes.
<b>Resposta Parcialment</b>	Relaciona a dureza do diamante ao arranjo cristalino sem abordar detalhes quanto ao tipo de arranjo cristalino ou explica a condução elétrica do

<b>e Satisfatória (RPS)</b>	grafite pela presença de ligações do tipo $\pi$ em sua estrutura. Classifica as ligações químicas presentes em ambas as substâncias como covalentes.
<b>Resposta Insatisfatória (RI)</b>	Não atende aos critérios estabelecidos em RS e RPS.

## 2.9 Questionário de opiniões sobre a intervenção didática

Após os alunos registrarem suas respostas à SP proposta eles responderam duas questões apresentadas a seguir: De que maneira as atividades: apresentação dos vídeos (condução térmica, condutividade elétrica), construção das estruturas cristalinas (cúbica de corpo centrado (CCC), cúbica face centrada (CFC) e hexagonal compacta (HC)), com palitos e bolas de isopor e a situação-problema contribuíram para a aprendizagem de ligação química? 2. Quais dificuldades vocês vivenciaram? Não era necessário que os estudantes se identificassem, pois, os mesmos ficariam mais a vontade para se posicionarem diante da intervenção didática vivenciada.

## 3 Resultados e Discussão

### 3.1 Análise do questionário de concepções prévias

De uma forma geral, essa etapa do estudo mostrou que: a maioria dos alunos não definiu satisfatoriamente o que é uma ligação covalente, iônica e metálica; apresentou dificuldade em classificar as substâncias NaCl, HCl e Ca como iônica, covalente e metálica respectivamente; mencionaram algumas propriedades macroscópicas dos compostos satisfatoriamente, mas pelas outras afirmações, percebeu-se que eles não conseguiam relacionar as estruturas internas dos compostos, iônicos e metálicos com as propriedades mencionadas. Por isso, na SP deu-se ênfase na relação entre os três níveis do conhecimento químico (microscópico, macroscópico e representacional) para o estudo de ligação química. Uma análise mais detalhada dessa etapa do estudo pode ser encontrada em Fernandes et.al, (2010).

### 3.2 Apresentação da SP

Na apresentação da SP, os grupos se mostraram claramente confusos sobre a possível resposta, apresentando um quadro de contradição dialética, que Núñez e Silva (2002) denominam de dificuldade intelectual e que Meirieu (1998) afirma ser um obstáculo para a aprendizagem. Nesse instante, os alunos entram em choque com novos e velhos conhecimentos e não conseguem estabelecer relação concreta entre eles. Segundo esses autores esse é o momento inicial da aprendizagem. Algumas das questões levantadas pelos grupos no momento da apresentação inicial da SP são transcritas a seguir:

- (i)- *A geometria é a causa da diferença na dureza do grafite e do diamante?*
- (ii)- *A grafite e o diamante existem na forma de moléculas?*
- (iii)- *A quantidade de átomos é diferente em um mol dos alótropos diamante e grafite?*
- (iv)- *No diamante as “moléculas” estão mais próximas que no grafite?*
- (v)- *Grafite e diamante são isômeros?*

(vi)- No diamante as “moléculas” estão mais organizadas?

(vi)- O diamante é mais estável que o grafite?

(vii)- A ligação seria metálica porque no grafite e diamante há um mesmo tipo de elemento químico?

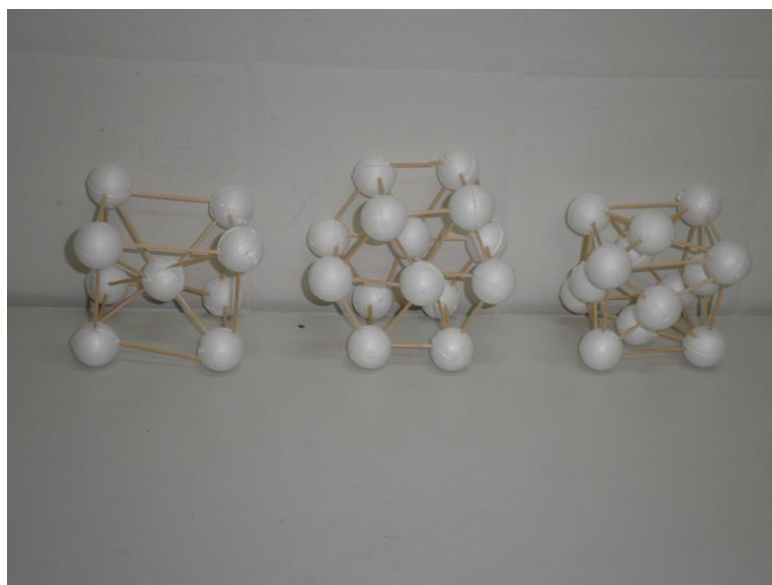
Nesse momento, nenhum questionamento foi respondido, sendo gerado nos alunos um clima de suspense e expectativa para as aulas seguintes. No entanto, analisando as questões (ii)- (vii) percebe-se que os alunos: confundem isomeria com alotropia; consideram que o diamante e a grafite são constituídos por moléculas e não por átomos ligados covalentemente; confundem ligação metálica com ligação covalente. Nesse sentido, percebe-se que o único critério adotado por eles para definir uma ligação metálica é a presença de um único tipo de elemento químico; apresentam confusão conceitual no entendimento de mol, quantidade de matéria.

### 3.3 Intervenção Didática

A abordagem dos vídeos permitiu: relacionar a condutividade elétrica e mobilidade de íons quando um composto iônico, por exemplo, se dissocia em meio aquoso, nesse caso, o NaCl; relacionar a condução térmica com a mobilidade de elétrons no metal. Foi discutido que num composto iônico íons de cargas opostas são mantidos em posições “fixas e definidas” numa região do espaço denominada retículo cristalino e que as celas unitárias CFC, CCC e HC seriam representações simplificadas desses retículos. Nos metais, a ênfase foi dada a Teoria de Lorentz (Lee, 1999), onde cátions e elétrons interagem eletrostaticamente, segundo as representações CFC, CCC e HC, dependendo do metal. Nos dois casos foi mencionado que a natureza da ligação é eletrostática. As propriedades dos compostos iônicos como elevados pontos de fusão e ebulição, ausência de condutibilidade elétrica enquanto sólidos também foram relacionadas com a estrutura interna. Nesse sentido, utilizou-se as estruturas do NaCl, CsCl, CaF<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>. Nos metais fez-se a relação da teoria de Lorentz com as propriedades condução elétrica, ductibilidade, maleabilidade, chamando a atenção que no caso dos metais a condução elétrica é devido à movimentação dos elétrons deslocalizados e nos compostos iônicos em meio aquoso a condução elétrica é devida à mobilidade de íons de cargas opostas.

A simulação computacional permitiu que os alunos visualizassem de forma mais concreta as estruturas que representavam as substâncias. Além disso, eles confeccionaram manualmente as estruturas CCC, CFC e HC para os sólidos iônicos, covalentes e metálicos. Para isso, utilizaram palitos de dente e bolas de isopor (figura 4). Relacionou-se a estrutura HC com a grafite e a CFC com o diamante. Todos os grupos montaram as estruturas solicitadas. Alguns grupos apresentaram dificuldades na construção das estruturas, por isso, foram orientados nesse processo.





**Figura 4:** Arranjos cristalinos construídos pelos alunos (da esquerda para a direita, CCC, HC e CFC).

### 3.4 Respostas dos estudantes a SP

No final da intervenção didática os alunos foram novamente convidados a responder a SP em grupo. Foram formados 8 (oito) grupos de 4 (quatro) ou 5 (cinco) componentes. As respostas dos alunos à SP foram categorizadas segundo os critérios definidos em resposta satisfatória (RS), resposta parcialmente satisfatória (RPS) e resposta insatisfatória (RI), tabela 1.

**Tabela 1:** Classificação das respostas dos estudantes à situação-problema segundo as categorias RS, RPS, RI.

RESPOSTA	GRUPO(S)
RS	4
RPS	2,3, 5, 7,8
RI	1

A tabela 1 mostra que o grupo 4 consegue responder satisfatoriamente sobre: a diferença de dureza entre o diamante e a grafite; a condução elétrica na grafite; o diamante ser um isolante; o tipo de ligação presente nessas substâncias. A resposta da SP desse grupo é transcrita a seguir:

*As “ligações” entre as camadas da estrutura do grafite são fracas, logo a estrutura pode ser facilmente clivada e apresenta maior flexibilidade que a estrutura do diamante. Porque o grafite apresenta ligações do tipo  $\pi$ , os elétrons  $\pi$  são móveis e permitem a passagem de corrente elétrica apenas dentro de uma mesma camada. Tanto o grafite como o diamante apresentam ligações covalentes”.*

Os grupos 2, 3, 6, 7 associam satisfatoriamente a condução elétrica da grafite aos elétrons  $\pi$ , classificam corretamente o tipo de ligação, covalente, na grafite e no diamante mas não apresentam clareza na justificativa relacionada com a diferença de dureza entre essas duas substâncias. Por exemplo, segue a resposta do grupo 2, considerada parcialmente satisfatória, em relação à propriedade dureza:

*A dureza é por causa das ligações. Como o diamante tem ligações  $\sigma$  ele é mais difícil de se quebrar. A grafite pelo contrário apresenta tanto ligações  $\sigma$  quanto ligações  $\pi$ .*

O grupo 5 não comenta sobre a diferença de condutividade elétrica entre grafite e diamante e o grupo 8 assume, erroneamente, que diamante e grafite são condutores elétricos. No entanto, os grupos 5 e 8 conseguem expressar coerentemente o porquê da diferença de dureza entre diamante e grafite e o tipo de ligação, covalente, presente nessas substâncias. A seguir a resposta do grupo 5 com relação a diferença de dureza entre grafite e diamante:

*A dureza do diamante é maior que a da grafite por conta da complexidade das ligações. No diamante existe uma constância molecular, diferente da grafita, que se configura como uma sobreposição, pois entre elas existem interações dipolo momentânea, devido à presença de forças do tipo Van der Waals.*

A presença na SP dos três níveis do conhecimento químico, macroscópico, microscópico, representacional (Johnstone, 1992) envolvendo conteúdos de ligação química, “forçou” os grupos de alunos buscarem relacionar e transitar entre esses três níveis. No entanto, nem sempre isso aconteceu de forma aceitável, do ponto de vista científico. Isso pode ser devido ao fato desse conteúdo exigir alto nível de abstração dos estudantes dificultando o entendimento da relação entre esses três níveis. Essa dificuldade também é retratada no estudo de Özmen (2008). Além disso, para os alunos responderem satisfatoriamente a SP era necessário que eles tivessem conhecimentos prévios relevantes sobre o que são átomos, prótons, elétrons, elemento químico, íons, polaridade, eletronegatividade, forças intermoleculares.

### 3.5 Questionário de Opiniões sobre a intervenção didática

A análise do questionário de opiniões sobre a intervenção didática mostrou que os instrumentos didáticos vivenciados pelos alunos foram importantes e contribuíram para que eles resolvessem a situação-problema. Dentre os três instrumentos (vídeos, simulação, confecção de estruturas com bolas de isopor e palitos de dente) o que mais os envolveu foi a confecção das estruturas com palitos e bolas de isopor, pois, segundo eles, tiveram um contato mais próximo com as estruturas cristalinas dos compostos. Apesar disso, durante a confecção muitos deles tiveram dificuldades na montagem e visualização em três dimensões da estrutura dos compostos. A SP foi retratada por eles como momento de maior motivação para o aprendizado. A seguir, estão expostas algumas respostas dos alunos:

*“Quase que na prática tivemos “contato” com as ligações químicas, facilitando o aprendizado, sendo difíceis de serem esquecidas”;*

*“Com a apresentação de tais ferramentas e com a interação da atividade com o aluno se tornou mais fácil a assimilação do conteúdo”*

Além disso, pudemos constatar que os alunos sentiram-se atuantes nos processo de ensino e aprendizagem e a professora/pesquisadora desempenhou o seu papel de mediadora, disponibilizando tempo e espaço para que as ideias dos alunos fossem expostas e discutidas, conforme é esperado em um modelo de ensino por situação-problema:

*“É uma forma mais interativa que não fica apenas na fala”;*

*“A metodologia proposta apresentou-se de forma satisfatória uma vez que fez com que os objetivos fossem atingidos, em relação à situação-problema fez com que os alunos*

trabalhassem com uma ferramenta que auxilia no amadurecimento de ideias o “brain storm” ou tempestade de idéias”;

“Aprendizagem com total aproveitamento, pois, as demonstrações de vídeos, a construção da geometria a partir de bolinhas de isopor, esclareceram o conceito, facilitando assim a fixação da ideia na mente, pois, saímos do abstrato para o concreto”;

#### 4 Considerações Finais

As respostas dos alunos ao questionário de concepções prévias mostraram que, eles apresentaram fragilidades em relação ao conteúdo ligação química, mais especificamente, no tocante à definição e relação das propriedades macroscópicas das substâncias iônicas, metálicas, covalentes com as suas estruturas internas respectivamente.

Os instrumentos didáticos utilizados, vídeos sobre condução elétrica e térmica, a simulação das estruturas químicas CCC, CFC, HC e a confecção dessas estruturas com bolas de isopor e palitos de dente contribuíram significativamente para que os alunos conseguissem resolver a situação-problema. Apesar disso, nas respostas dos alunos à situação-problema ainda foram identificados alguns problemas conceituais.

As respostas dos alunos ao questionário de opiniões revelaram que eles apresentaram dificuldades relacionadas à montagem das estruturas, visualização espacial e ao conteúdo de ligação química. Apesar disso, os alunos foram unânimes no reconhecimento da importância da metodologia vivenciada para a construção do conhecimento químico, uma vez que se sentiram partícipes, atuantes e responsáveis pela aprendizagem durante todo o processo de intervenção didática.

Pelo exposto, consideramos que a abordagem de ensino por situação-problema referente ao conteúdo ligação química e vinculada a uma intervenção que contemplou diferentes instrumentos didáticos mostrou sua eficácia. O discurso teórico que norteia essa abordagem de ensino se concretizou na prática. Os futuros docentes experimentaram-na pessoalmente. Se o modelo de formação vivenciado nessa intervenção didática será exercido ou não por esses futuros professores em sua vida profissional, a princípio não temos como responder, mas estamos certos que um passo inicial nessa direção foi dado.

#### 5 Referências

- Boo, Hong Kwen. (1998). Students' understandings of chemical bonds and the energetic of chemical reactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 569-581.
- Cachapuz, A. (1999). Epistemologia e ensino das ciências no pós mudança conceptual: análise de um percurso de pesquisa. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – SP, Valinhos: 1999. Atas... Valinhos: 1999.
- Carvalho, N. B. & Justi, R. S. (2005). Papel da analogia do “mar de elétrons” na compreensão do modelo de ligação metálica. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. 1-4.
- Coll, R. K. (2007). Chemistry learners' preferred mental models for chemical bonding. *Journal of Turkish Science Education*, 5(1), 22-47.
- Coll, R. K. & Taylor, N. (2001). Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students. *Research in Science & Technological Education*, 19(2), 171-191.

- Coll, R. K. & Treagust, D. F. (2001). Learners' use of analogy and alternative conceptions for chemical bonding: A cross-age study. *Australian Science teachers' Journal*, 48(1), 24-32.
- De Posada, J. M. (1993). Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 12-19.
- De Posada, J. M. (1997). Conceptions of high school students concerning the internal structure of metals and their electric conduction: Structure and evolution. *Science Education*, 84(4), 445-467.
- De Posada, J. M. (1999). Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 12-19.
- Doymus, K. (2008). Teaching chemical bonding through jigsaw cooperative learning. *Research in Science & Technological Education*, 26(1), 47-57.
- Fernandes, L. S.; Campos, A. F.; Marcelino-Jr. C. A. C. (2010). Concepções alternativas dos estudantes sobre ligação química. *Experiências em Ensino de Ciências*, 5(3), 19-27.
- Fernandez, C. & Marcondes, M E. R. (2006). Concepções dos estudantes sobre ligação química. *Química Nova na Escola*, 24(2), 20-24.
- Franco, A. G. & Ruiz, A. G. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: El estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 111-124.
- Johnstone, A. H. (1992). Macro and Microchemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Justi, R. & Mendonça, P. C. C. (2008). Usando analogias com função criativa: uma nova estratégia para o ensino de química. *Educação Química*, 1(1), 24-29.
- Lee, J. D. (1999). *Química Inorgânica não tão Concisa*. São Paulo: Edgard Blücher.
- Leão, M. B. C.; Silveira, T. A. & SILVA, B. L. (2007). Elaboração de multimídias educacionais para o ensino de química "Ligações iônicas" e "cinética química". *Química no Brasil*, 1(1), 43-52.
- Meirieu, P. (1998). *Aprender... Sim, mas como?* Porto Alegre: Artmed.
- Niaz, M. (2001). A rational reconstruction of the origin of the covalent bond and its implications for general chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 23(6), 623-641.
- Núñez, I. B. & Silva, S. F. (2002). O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes - reflexões teórico-metodológicas. *Química Nova*, 25(6B), 1197-1203.
- Özmen, H. (2004). Some student misconceptions in chemistry: A literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147-159.
- Özmen, H. (2008). The influence of computer-assisted instruction on students' conceptual understanding of chemical bonding and toward chemistry: A case for Turkey. *Computers & Education*, 51, 423-438.
- Perrenoud, P. & Thurler, M. G. (2000). *As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação*. Porto Alegre: Artmed.
- Peterson, R. F. & Treagust, D. F. (1989). Grade – 12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education*, 66(6), 459-460.
- Pozo, J. I. (org.). (1998). *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed.

Schnetzler, R. P. (2004). Concepções e Alertas sobre a formação continuada de professores de química. *Química Nova na Escola*, 16(2), 15-20.

Solbes, J. & Vilches, A. (1991). Análisis de La introducción de la teoría de enlaces y bandas. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 53-58.

Toma, H. E. (1997). Ligação química: abordagem clássica ou quântica? *Química Nova na Escola*, 6(2), 8-12.