

# Uma realidade do conhecimento de estudantes de licenciatura em química sobre ligação química

A true knowledge of undergraduate students in chemistry on chemical bonding

*Abraão Felix da Penha*<sup>1</sup>; *José Luis de Paula Barros Silva*<sup>2</sup>

1-Universidade do Estado da Bahia - DCET- Campus I (professor);  
Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana - Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (doutorando); *afpenha@uneb.br*

2- Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana - Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (professor); *jose Luis@ufba.br*

## Resumo

O objetivo dessa investigação é levantar as concepções dos estudantes de licenciatura em química sobre o conceito de ligação química, articulado com um referencial teórico de base marxista para o ensino e a aprendizagem, informadas pela história da ciência e pela filosofia da ciência (abordagem contextual do ensino). Verifica-se um certo distanciamento das idéias dos estudantes em relação aos aceitos pela comunidade científica na atualidade. Ele possibilita o conhecimento de uma realidade para posterior estruturação de seqüência didática onde se instrumentalize os estudantes a confrontarem suas concepções com as da química.

**Palavras-chaves:** ligação química, ensino e aprendizagem, formação do professor

## Abstract

The purpose of this research is to raise the conceptions of undergraduate students in chemistry on the concept of chemical bonding, combined with a basic Marxist theoretical framework for teaching and learning, informed by the history of science and philosophy of science (education contextual approach ). There is some distance from the students' ideas in relation to accepted by the scientific community today. It enables the knowledge of a reality for structuring subsequent sequence where teaching to equip students to confront their views with those of chemistry.

**Key words:** chemical bonding, teaching and learning, teacher training

## Introdução

As propriedades dos materiais são explicadas em termos da estrutura da matéria, razão pela qual uma das áreas de conhecimento construídas pelo homem foi a química e em seu interior ou dialogando com ciências afins, diversos conceitos foram ou são criados. Esses são importantes não apenas para os cientistas, mas também para a formação dos indivíduos, por isso veiculados na escola, necessitando então, de professores para seu ensino.

A literatura de ensino e de aprendizagem de ciências, e de química, em particular mostra que alunos apresentam idéias distintas das científicas em relação a diversos conteúdos, mesmo após o seu estudo na escola, tais como: átomo (MORTIMER, 1995), ligação química (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006) e solubilidade (GOUVEIA; OLIVEIRA; QUADROS, 2009).

Adotamos como hipótese que tais resultados se devem ao ensino tradicional de química empregar abordagens simplistas, como se tais conceitos fossem intuitivos e sem considerar sua elaboração ao longo do tempo. Temos por pressuposto que o ensino das ciências, e da química, deve partir da realidade material, que é complexa e histórica. Portanto, as teorias científicas também são complexas e históricas, pois as idéias para explicar a natureza constituem sistemas conceituais que mudam à medida que a realidade se transforma (MARX; ENGELS, 2007).

Compreendemos que a reflexão sobre tais problemas e a busca de sua superação deve ocorrer na formação inicial do professor de química, que ele leve em consideração os problemas trazidos pela literatura quando da sua prática pedagógica, pois concordamos que o ensino universitário tem, entre outras atribuições: assegurar o domínio de conhecimentos, métodos e técnicas científicas que devem ser abordados de forma crítica, relacionando com a produção social e histórica da sociedade; associar o processo de ensinar/aprender com a pesquisa, criando e recriando situações de aprendizagem e partir do universo cultural e de conhecimentos dos alunos para desenvolver processos de ensino e aprendizagem interativos e participativos (ANASTASIOU; PIMENTA, 2002).

Neste sentido, centramos nossa atenção no conceito de ligação química, considerado fundamental para a compreensão das propriedades dos materiais, de modo que, deve ser dominado pelo futuro professor de química. Tomamos como referencial teórico a pedagogia histórico-crítica e a psicologia histórico-cultural, informadas pela história da ciência e pela filosofia da ciência (abordagem contextual do ensino).

A questão de pesquisa que pretendemos responder é: *quais as concepções dos estudantes de licenciatura em química sobre ligações químicas?*

Os resultados serão subsídios para a elaboração de uma proposta de ensino do conceito de ligação química no ensino superior com desdobramentos no nível médio.

## **Referencial teórico**

### **Ensino e aprendizagem**

A perspectiva filosófica adotada é a materialista histórico-dialética que tem como pressupostos: a compreensão do homem como ser social, fundada no elemento primário, o trabalho e para tal faz-se necessário o entendimento de como se formaram as classes sociais e o estado; a história da humanidade é uma história de luta de classes e que, como os homens fazem sua história, podem e devem superar esta fase da história da humanidade; a realidade social é formada por dois pólos indissociáveis, o da objetividade — que se refere às relações do ser humano com a natureza no esforço de produzir a própria existência, desenvolvendo as forças produtivas e as relações de produção, chamado de infra-estrutura — e o da subjetividade — que se refere ao nível dos complexos sociais que surgem para além do trabalho, tais como direito, política, ideologia, filosofia, ciência, ética e educação, chamado de superestrutura (MARX; ENGELS, 2007).

Vinculados a esses pressupostos um método é formulado, consistindo em: partir da realidade, que está sempre em movimento; analisar a realidade para encontrar elementos contraditórios e

retornar a essa através de sínteses, possibilitando assim uma maior compreensão da mesma (LEFEBVRE, 2010).

O fenômeno educativo investigado nesse trabalho relaciona-se à superestrutura. A educação cumpre o papel de possibilitar que o homem se aproprie de conhecimentos, habilidades, valores e comportamentos que lhe permitam inserção no processo social (TONET, 2009). Tal apropriação envolve um ser que ensina e outro que aprende, numa interação social. Assim adotamos uma teoria relacionada ao ensino e uma teoria relacionada à aprendizagem alicerçadas na perspectiva filosófica adotada.

A teoria de ensino é a pedagogia histórico-crítica que trata a prática pedagógica como uma dimensão da prática social, propondo cinco passos de como deve ocorrer o ensino: (1) partir da prática social, comum a professor e estudantes; (2) detectar questões a serem resolvidas na esfera da prática social, elencando o conhecimento necessário a ser dominado; (3) veicular, através do professor, os instrumentos teóricos e práticos para a apropriação dos alunos, buscando a resolução dos problemas levantados anteriormente; (4) fazer a catarse, onde o aluno adquirindo os conhecimentos básicos, ainda que parcialmente, expressa a nova forma de compreensão da prática social; (5) retornar à prática social, com os alunos e professor ascendendo para o nível sintético (SAVIANI, 2009).

Partir da prática social, no ensino de conceitos na formação inicial de professores de química, é partir dos conceitos científicos e mediá-los didaticamente, considerando as diversas situações em que tais conceitos são empregados para explicar as propriedades da matéria. Nesse sentido, a filosofia e a história da ciência (abordagem contextual), e da química (IHDE, 1964; BROCK, 2000) podem contribuir no esclarecimento da gênese e elaboração dos significados, aproximando a química dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da humanidade, tornando as aulas de química mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico (MATTHEWS, 1994). Inclui também considerar os estudantes com suas concepções acerca dos conceitos e seu desenvolvimento intelectual.

A problematização consiste em discutir as diferenças de compreensão dos conceitos pelos alunos em relação ao emprego dos mesmos pela comunidade científica, sobre as quais o futuro professor precisa refletir para tentar mudar esse quadro com seus futuros estudantes, pois a literatura sobre levantamento de concepções de alunos sobre alguns conteúdos químicos, após o seu estudo, vem apontando uma série de entendimentos distintos dos aceitos pela ciência (MORTIMER, 1995; FERNANDEZ; MARCONDES, 2006; GOUVEIA; OLIVEIRA; QUADROS, 2009) e que ele, em formação, também assim pode compreender.

Para isso o licenciando necessita ser instrumentalizado com o conteúdo científico numa abordagem contextual, onde o seu desenvolvimento ao longo do tempo no interior da comunidade científica seja explicitado. Deste modo o conhecimento obtido possibilitará o confronto das idéias da ciência com as dos estudantes, conforme a literatura, e com as suas próprias.

A relevância da abordagem histórica e filosófica do conhecimento científico no ensino de ciências está em possibilitar que o estudante compreenda quando, onde e porque esse conhecimento foi produzido, explicitando os compromissos assumidos pelos cientistas e possibilitando a crítica da sua representação social como figuras geniais e excêntricas (BARROS; CARVALHO, 1998; FREIRE JÚNIOR, 2002; GAGLIARDI, 1988; MATTHEWS, 1994, 1998; OKI, 2006).

Com isso o estudante passa à catarse, de modo a sair da situação sincrética para uma síntese ainda que parcial, possibilitando a expressão de uma nova compreensão em relação ao

conceito científico que explicita a internalização do conhecimento ensinado, distinguindo-o das idéias não aceitas pela ciência na atualidade.

Após a catarse retorna-se à prática social com uma visão diferente da inicial em relação ao conceito e ao ensino de química. O estudante saindo do sincrético (inicial) para o sintético (final) e o professor saindo de uma síntese parcial (inicial) para uma síntese mais orgânica. Por isso dizer que o estudante e o professor ascendem para um nível sintético, ainda que as sínteses não sejam necessariamente as mesmas.

Articulada aos aspectos anteriores do ensino usamos a psicologia histórico-cultural que trata de aspectos relacionados ao processo de aprendizagem e de desenvolvimento do ser humano. Nesse sentido, “o mecanismo de mudança individual ao longo do desenvolvimento tem sua raiz na sociedade e na cultura.” (COLE; SCRIBNER, 2007, p. XXVI)

Para que ocorra tal mudança faz-se necessário a internalização de signos, tais como a linguagem, a escrita e o sistema de números, que produzidos culturalmente, provocam transformações no comportamento dos indivíduos. Esse processo é mediado pela interação entre as pessoas (ibid., 2007). Nessa teoria, a aprendizagem é requisito para o desenvolvimento. Assim, o professor que se encontra num estágio de maior compreensão sobre os conceitos, um tipo de signo, mediará o processo de aprendizado conceitual pelos estudantes.

Para tanto, deve-se trabalhar na zona de desenvolvimento proximal deles, que está entre dois níveis: o de desenvolvimento real, correspondendo a uma situação em que o estudante resolve um problema sem ajuda de alguém mais experiente e o de desenvolvimento potencial, onde ele precisará de alguma ajuda, no caso do processo em questão, do professor que deve proporcionar condições para que os alunos aprendam e se desenvolvam, passando de um nível para outro (VIGOTSKI, 2000). Nesse caso, deve-se partir do que os alunos conhecem (nível de desenvolvimento real) sobre um conteúdo e, adotando uma abordagem contextual, colocar situações para que eles solucionem problemas que exigem o conhecimento do conceito em estudo (nível de desenvolvimento potencial). Isso passa por uma elaboração inicial, assistida pelo professor, fase da instrumentalização para a resolução de problemas de forma independente, fases da catarse e retorno à prática social.

### **O conceito de ligação química**

O conceito de ligação química foi formulado na 2ª metade do século XIX, num contexto em que se buscava compreender as sínteses, em particular as orgânicas, bem como as estruturas das moléculas. Butlerov, em 1861, formulou pela primeira vez um ponto de vista sobre tal noção, associando ao átomo uma afinidade química para produzir fenômenos químicos, afinidade esta que se reduz quando o composto químico é formado (FAYERSHTEIN, 1980).

Frankland, em 1866, propõe uma outra definição para ligação química associando-a ao número de vezes que um elemento se liga, procurando diferenciá-la de outros termos, tais como atomicidade, força atômica e equivalência. Expressou que essa idéia se relacionava a uma conexão de um átomo a outro, semelhante aos membros do sistema solar (RUSSEL, 1971).

Essas propostas foram formuladas num contexto onde as partículas próton e elétron não tinham sido detectadas, o que ocorreu no final do século XIX e início do século XX, influenciando na proposição de outros modelos de ligação química.

Diversos modelos de ligação química foram propostos ao longo do desenvolvimento da química. A seguir destacaremos alguns por terem uma maior relação com o levantamento de concepções dos estudantes de licenciatura em química realizado nesta comunicação.

Thomson propôs, em 1904, a partir do seu modelo atômico, que uma ligação química era formada quando um átomo doava um ou mais elétrons para outro, criando nesse processo partículas positivamente carregadas (cátions) e negativamente carregadas (ânions) (BROCK, 2000).

Richard Abegg, em 1904, publicou sobre a estabilidade do grupo de oito elétrons (regra dos oito), seguindo a periodicidade proposta por Mendeleev, num artigo *Valence and the Periodic System: Attempt at a Theory of Molecular Compounds* (Valência e o Sistema Periódico: Tentativa para uma Teoria de Compostos Moleculares) onde conclui afirmando:

A soma 8 de nossas normal e contra-valências, portanto, possui significado simples como o número que para todos os átomos representa os pontos de ataque de elétrons e o número do grupo ou valência positiva indica quantos dos 8 pontos de ataque deve manter os elétrons em condição para fazer o elemento eletricamente neutro (LEWIS, 1966, p.30, tradução nossa)

Assim, uma vez ignorados os sinais das cargas dos elementos, a soma será 8, como exemplo: no NaCl, a valência do Cl é -1, mas no HClO<sub>4</sub>, Cl é +7.

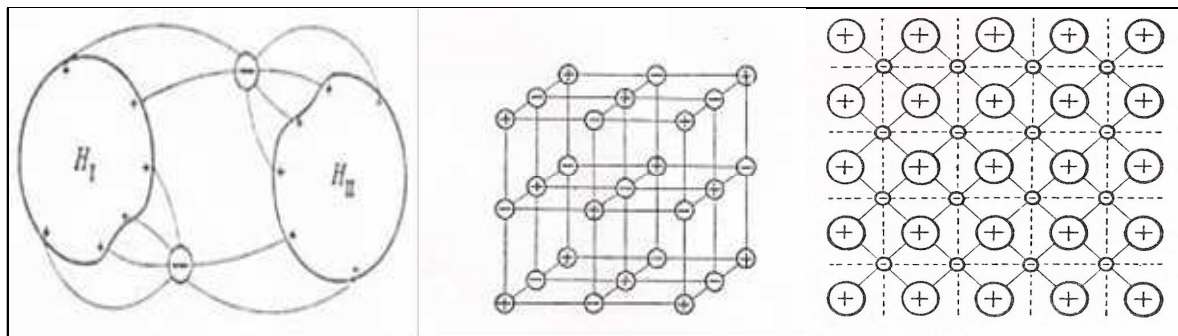
Uma proposta de compartilhamento foi feita pelo físico alemão Johannes Stark, em 1908, considerando o envolvimento de átomos diferentes nesse processo. Para ele o elétron situado num átomo enviava linhas de força para a parte positiva do próprio átomo, bem como para o outro átomo. Depois ele admitiu o elétron mover-se entre os dois átomos e isso equivalia à ligação química (ibid., 1966).

Paralelo às situações descritas anteriormente, um grupo de substâncias, metálicas, não eram explicadas pela transferência de elétrons, nem pelo compartilhamento. Entre 1900 e 1905, o físico alemão Paul Drude e o físico holandês Hendrik Antoon Lorentz desenvolveram a primeira teoria dos metais baseando-se na idéia do elétron livre, sendo conhecido como modelo de Drude-Lorentz (DIAS et al, 2006).

Eles admitiram que a condução dos elétrons fracamente ligados deveriam ser modeladas conforme a teoria cinética clássica dos gases. Com isso a expressão gás de elétrons, fazendo-se alusão ao modelo gasoso, que deu uma explicação adequada para algumas propriedades metálicas, tais como: condutividade à temperatura ambiente, brilho e maleabilidade, mas não conseguiu explicar a capacidade térmica e a dependência entre a temperatura e a condutividade elétrica (DIAS et al, 2006; JENSEN, 2009).

A relevância desse modelo foi primeiro apontada por Lewis em um artigo de 1913, onde ele argumenta sobre três tipos de ligações: no primeiro tipo os elétrons ocupam posições fixas no átomo, caracterizando os compostos polares; no segundo tipo os elétrons se movimentam de um átomo para outro dentro da molécula, caracterizando os compostos não polares e no terceiro tipo, os elétrons se movimentam livremente na parte externa da molécula, caracterizando os compostos metálicos. Afirma também que todo composto químico faz parte de um desses três grupos, podendo em alguns casos fazer parte de dois deles (LEWIS, 1913 *apud* JENSEN, 2009).

Em 1915 Stark de forma independente a de Lewis, expressou idéias semelhantes e fez uma tentativa de representar as três situações conforme Figura abaixo.



**Figura (da esquerda para a direita): representação de Stark, em 1915, do par de elétrons compartilhado na ligação em  $H_2$ , da ligação iônica em NaCl e de um metal típico visto como uma estrutura rígida de íons positivos e elétrons livres (conforme Jensen, 2009, p.279)**

Com essa representação observam-se três modelos explicativos de ligação associados às propriedades macroscópicas dos materiais conhecidas como ligação covalente, ligação iônica e ligação metálica. A ligação em  $H_2$ , forma estrutura discreta (molécula) e as ligações em NaCl e no metal, formam estruturas não discretas, agregados de cátions e ânions e de cátions e elétrons deslocalizados, respectivamente.

Em 1913, Niels Bohr publicou um artigo modelando a estrutura eletrônica para sistemas moleculares, tais como:  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $CH_4$  e  $C_2H_2$ . Para o  $H_2$ , demonstrou sua grande estabilidade e calculou seu calor de formação em 264 KJ/mol (o valor real é em torno de 458 KJ/mol) (CRUZ; CHAMIZO; GARRITZ, 1991).

Kossel, em 1916, utilizou o modelo atômico de Bohr e propôs um modelo de ligação química com transferência de elétrons, onde partindo da estabilidade dos gases nobres, que se encontram ladeados na tabela periódica pelos halogênios (com um elétron a menos) e os metais alcalinos (com um a mais), há transferência de um elétron do metal alcalino ao halogênio levando ambos a ficarem com o mesmo número de elétrons que um gás nobre, ficando estáveis. O halogênio adquire uma carga negativa e o metal, uma positiva. A atração eletrostática entre os íons conduz à ligação (ibid.).

Lewis, também em 1916, sugeriu outra explicação para estabilidade dos átomos, o compartilhamento de elétrons, algo proposto de outros modos por Thomson e Stark. Lewis supôs que os elétrons dos átomos estão em posições estáticas, negando a validade da lei de Coulomb. Para isso apoiou-se em evidências químicas e nos resultados das primeiras estruturas cristalinas determinadas por raios X, onde os átomos mostravam arranjos em poliedros regulares ou estruturas altamente simétricas (LEWIS, 1966).

Para Lewis o emparelhamento ocorria com elétrons de magnetismos opostos e o compartilhamento do par eletrônico poderia ter uma variação contínua, desde uma co-partilha equitativa, como no  $Cl_2$ , não equitativa, como no HCl ou até uma posse exclusiva, como no  $Na^+Cl^-$  (CHAGAS; DAVANZO, 1993).

Um outro aspecto a ser abordado é a questão dos oito elétrons, que para Lewis não era o fundamental e sim o emparelhamento. O físico e químico norte-americano Irving Langmuir, um entusiasta das idéias dele, encarregou-se de sua divulgação, colocando alguns acréscimos, tais como: rebatizou a regra dos oito para regra do octeto (nome ainda usado), praticamente não conhecia exceções, diferente de Lewis e compreendia a *ligação eletrovalente* e a *ligação covalente*, como de natureza diferentes, também diferente dele (ibid.).

Lewis, no seu livro de 1923, *Valence and the structure of atoms and moles* (Valência e a estrutura de átomos e moléculas), entre outros aspectos reforçou a importância do par eletrônico na formação da ligação química, abordando a existência de compostos com 2, 6, 8 e

10 elétrons na camada de valência, porém esses números eram consequência do compartilhamento do par de elétrons, discordando assim de Langmuir que insistia na tese do octeto (LEWIS, 1966).

Portanto nessa seção verifica-se que há várias tentativas de explicar a formação da ligação química, usando três modelos: o da transferência de elétrons, o do compartilhamento de elétrons e o envolvendo elétrons livres nos metais. Outro aspecto é a questão da estabilidade que está associada a um decréscimo de energia, enquanto as propostas aqui apresentadas na sua maioria associa-se a arrumação dos elétrons, exceto no modelo de ligação de Bohr que ele trabalha com os aspectos eletrônicos e energéticos.

Atualmente os modelos aceitos pela comunidade de químicos consideram a abordagem quântica, ou seja, levam em consideração a formação de orbitais moleculares quando da formação da ligação química com a consequente diminuição da energia e a estabilização do sistema.

## **Metodologia**

O trabalho foi desenvolvido da seguinte forma: construção de um referencial teórico para o ensino e aprendizagem de conceitos em química na formação inicial, particularmente o de ligações químicas, levantamento de concepções dos estudantes de licenciatura em química e análise dessas idéias com base no referencial adotado.

O método utilizado foi a pesquisa-ação, que visa esclarecer um problema numa determinada situação vivenciada pelo pesquisador e pelo grupo estudado — no caso, a formação inicial de professores de química — e aumentar o conhecimento de ambos (THIOLLENT, 1998). Ou seja, pesquisador e pesquisados encontram-se imbricados nas ações de formação: o ensino e a aprendizagem.

O levantamento de concepções dos estudantes sobre ligações químicas ocorreu no componente curricular Conteúdos de Química para o Ensino Médio, no curso de Licenciatura em Química da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), instituição em que um dos autores leciona, constituindo-se numa etapa preliminar de uma posterior intervenção através de uma seqüência didática em sala de aula.

Esse componente foi escolhido porque nele é feita uma discussão crítica sobre os conteúdos a serem ensinados no Ensino Médio. Ele ocorre em termos de currículo do curso no 6º semestre, penúltimo para que o licenciando se gradue.

Com isso se buscou constatar o nível de conhecimento real dos estudantes sobre o conteúdo, compondo a prática social, referente à compreensão inicial da sua realidade, pois antecederá ao momento da problematização, onde haverá o confronto entre as idéias aceitas pela comunidade científica com as suas concepções e a instrumentalização, com a abordagem contextual do conceito de ligação química, possibilitando atuar na zona de desenvolvimento proximal.

O levantamento foi feito com entrevista e aplicação de questionário com perguntas abertas, sendo selecionadas para esta investigação as seguintes concepções: relação entre formação (ou quebra) de ligação e liberação (ou absorção) de energia; diferenciação entre ligação covalente e iônica; papel da regra do octeto nas ligações químicas. As razões para a escolha são: sua importância na compreensão das ligações químicas e a existência de relato na literatura de dificuldades dos estudantes com tais aspectos das ligações químicas (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006).

## Concepções dos estudantes sobre ligações químicas

O levantamento das concepções foi feito com uma turma do componente curricular anteriormente citado, no semestre 2010.2, que possuía oito estudantes, através de entrevista que aconteceu com todos e a aplicação de questionário, respondido por cinco discentes, pois foram os presentes quando da sua veiculação em sala de aula.

As questões da entrevista foram:

Em um artigo de 2006 da Química Nova na Escola, *Concepções dos estudantes sobre ligação química*, ele trás algumas idéias de estudantes que diferem das aceitas pela comunidade científica. Como você interpreta as seguintes idéias dos estudantes trazidas pelo artigo?

- 1) A formação da ligação absorve energia e sua quebra libera energia. Explique.
- 2) As ligações seriam formadas apenas para satisfazer a regra do octeto. Explique.
- 3) Confusão entre ligação iônica e covalente ao compreender o composto iônico formado por estruturas discretas, semelhantes a compostos moleculares. Explique.

O questionário consistiu dos itens:

1-Relacione formação da ligação química, energia e estabilidade.

2-Represente microscopicamente, através de desenhos, os seguintes sistemas:

- a) NaCl (s)      b) HCl (g)      c) Na(s)

A partir desses instrumentos procedeu-se uma análise textual, tendo-se como referência as concepções científicas relativas aos seguintes aspectos: a energia envolvida na formação da ligação química, os modelos explicativos das ligações e a distinção entre alguns tipos de ligações, considerados pelos autores como fundamentais para abordar tal conceito.

Os estudantes foram identificados com as letras A, B, C, D, E, F, G e H. Não responderam ao questionário os discentes E, F e H. Os dados foram organizados em tabelas, seguidas de uma discussão.

A Tabela 1 mostra a relação entre a formação da ligação química e a energia envolvida.

**TABELA 1 – Energia envolvida na formação da ligação química**

| Respostas  | Estudantes |
|--|------------|
| Energia é liberada na formação da ligação.                       | B, H       |
| Energia é absorvida e liberada na formação da ligação.           | A, C, D, F |
| Energia é absorvida na formação e na quebra da ligação.          | G          |
| Energia é absorvida na formação e liberada na quebra da ligação. | E          |

Para a categoria analisada, constata-se que há uma idéia coincidente com a comunidade científica para dois (2) estudantes (B e H), enquanto diferente para seis (6) (A, C, D, F, G e E). Desses, cinco (5) afirmam que é absorvida e liberada (G) e um (1) afirma que é absorvida na formação e liberada na quebra da ligação (E).

Na argumentação das respostas B afirma que nas interações entre as moléculas ocorre a liberação de energia e H que na formação da ligação, há liberação de energia, formando compostos mais estáveis e quando quebra a ligação, tem que fornecer energia pra promover a ruptura.

Para os estudantes A, C, D e F a absorção e liberação de energia depende: se o processo é endotérmico ou exotérmico (A, C e D) e de uma liberação de energia ao átomo para que ocorra um choque efetivo (energia cinética, por exemplo) e resulte numa nova espécie e de um fornecimento de energia para que os átomos retornem ao seu estado fundamental (F).

O estudante G afirma que absorve energia na formação da ligação e na sua quebra requer uma energia para mantê-la e numa ligação ocorre formação de um composto, onde os elementos constituintes atingem a estabilidade, o que implica numa menor energia. O estudante E não responde além da afirmação constante do título da Tabela 1.

Ocorre um distanciamento da idéia científica, na maioria dos estudantes, havendo uma associação com o tipo de processo (endotérmico ou exotérmico), demonstrando uma incompreensão microscópica do processo de formação da ligação e a energia associada, ou seja, quando da formação da ligação química o processo é exotérmico.

O fato dos estudantes E, F e H não terem respondido o questionário pode influenciar na incidência de determinado tipo de resposta, no entanto avaliamos que isso não prejudica o levantamento, pois houve uma distribuição deles ao longo das diferentes respostas.

A Tabela 2 traz a situação envolvendo a formação da ligação e a regra do octeto.

**TABELA 2 – Ligações químicas e a regra do octeto**

| <b>Respostas</b>  | <b>Estudantes</b> |
|---|-------------------|
| Ligações são formadas com números menores ou maiores que 8 elétrons | A, C              |
| Ligações são formadas devido a uma situação energética              | D, G              |
| Ligações são explicadas pelas teorias de valência ou do orbital     | B, E, H           |
| Não somente a regra do octeto, sem apontar outra explicação         | F                 |

Todos os estudantes se posicionaram favoráveis a que as ligações não se formam apenas para satisfazer a regra do octeto. Quanto aos motivos expostos observa-se que A, C, B, E, H explicitam outros modelos diferentes do octeto, D e G fazem alusão a questão energética e F não aponta outra explicação para a ligação ser formada. De certo modo há uma coerência com a imprecisão do aspecto energético exposta na Tabela 1.

O octeto não é assumido como um dogma, como apontado numa investigação com estudantes que concluíram o Ensino Médio, quando mesmo diante de dados empíricos que explicariam a estabilidade pelo decréscimo energético, na sua maioria a explicaram pela regra do octeto (MORTIMER, 1994). Isso pode ser influenciado pelo fato dos estudantes da licenciatura terem sido expostos a outras explicações para a formação da ligação química, como a teoria da ligação de valência e teoria do orbital molecular em componentes curriculares anteriores. Ainda assim a questão energética não aparece como um motivo aliado a uma explicação do que ocorre internamente na estrutura dos átomos participantes da ligação. Isso pode ser explicado pelo fato do modelo explicativo que articula mudança nas eletrosferas atômicas e energia ser a teoria do orbital molecular pouco discutida na graduação e muito menos no ensino médio.

Na comunidade científica essa situação também foi tratada de uma maneira geral dissociada, antes da abordagem quântica, como abordado na seção sobre o conceito de ligação química.

Essa situação pode ser levada para a sala de aula no momento da instrumentalização a fim de que a gênese do conceito contribua na formação do estudante, por isso a utilização posterior de uma abordagem contextual numa seqüência didática.

A situação envolvendo a distinção entre ligação covalente e iônica com base na formação de estrutura discreta é informada na Tabela 3.

**TABELA 3 – Distinção entre ligação iônica e covalente quanto à formação de estruturas discretas**

| <b>Respostas</b>   | <b>Estudantes</b> |
|--|-------------------|
| Não considera o composto iônico formado por estruturas discretas | A, B, C, D, F, G  |
| Não explicita  | E, H              |

Nos casos em que os estudantes não consideraram o composto iônico formado por estruturas discretas (moléculas, nesse caso), afirmam que os íons de cargas opostas se atraem formando um retículo. Já os estudantes que não explicitaram afirmam que há íons de cargas opostas, mas sem especificar se forma ou não moléculas.

Nesse último caso indica uma imprecisão em diferenciar a ligação iônica da ligação covalente, coincidindo em parte com um levantamento de concepções de estudantes do equivalente ensino médio e superior em química que mostra a associação de estrutura molecular à ligação iônica e não à ligação covalente, mesmo depois de terem vivenciado uma situação de ensino onde os conteúdos foram veiculados (TABER, 1997).

Como o componente curricular, do grupo de estudantes investigados, objetiva discutir o conteúdo do ensino médio, então é importante checar como o estudante nesse nível do curso (futuro professor, na turma um dos estudantes já leciona) entende o conteúdo que ele vai ensinar, pois se tem consciência pode não reproduzir tais concepções, distintas das científicas na atualidade, com os estudantes do nível básico.

Cumpramos esclarecer que os estudantes estão quase no fim do curso, ou seja, a fase sincrética é mais elaborada do que se estivesse no início do curso, ou seja ele já tem uma síntese parcial sobre o tema. Porém, consideramos este estado como síncrese, conforme a pedagogia histórico-crítica, pois antecede a instrumentalização que será feita em sala de aula.

O grupo investigado vivenciou a abordagem do conteúdo no ensino médio e no ensino superior, pois cursava o 6º semestre da graduação, tendo contato com o conhecimento científico sobre o assunto em pelo menos dois momentos. Isso significa que o estudante tem uma concepção prévia a abordagem contextual que se distancia da noção de conceito espontâneo e se aproxima do conceito científico. Vigotski (2000) formula essas noções apontando que no processo de aprendizagem escolar da criança os dois tipos de conceitos tomam parte. Sendo que, dentre outras características, o espontâneo é fruto da experiência imediata com os objetos, não sistematizado e aplicável a uma situação vivenciada, enquanto o científico é abstrato, inserido num sistema conceitual e aplicável em diferentes situações. No caso em estudo a faixa etária é de final da adolescência para adulto, então o pensamento conceitual encontra-se mais desenvolvido, mas não deixam de ser utilizados os conceitos espontâneos.

Esses dados permitem ao professor universitário compreender o entendimento dos estudantes procurando atuar na zona de desenvolvimento proximal, problematizando conforme o referencial adotado e estruturando seqüências didáticas partindo desses resultados.

## Considerações finais

O levantamento das concepções dos estudantes de licenciatura em química analisado mostra aproximações e distanciamentos em relação ao que a comunidade de químicos aceita atualmente como correto. Isso é importante para os professores universitários, como para os próprios estudantes investigados.

Creemos que uma articulação entre a pedagogia histórico-crítica, a psicologia histórico-cultural, a história e a filosofia da ciência no ensino dos conceitos químicos pode ser aplicada à formação inicial de professores de química. A relação entre essas três dimensões pode ser usada no processo de ensino e de aprendizagem, para que possa haver a partir de uma mediação pedagógica pelo professor, uma internalização de conceitos químicos que são formulados ao longo do processo histórico, alicerçados numa prática social.

A partir dessas concepções devemos, seguindo o referencial, partir para a instrumentalização que corresponde ensinar o conteúdo ligações químicas através da abordagem contextual, porém levando em consideração os resultados expostos na seção anterior, pois o licenciando poderá entender a sua gênese podendo se distanciar das concepções distintas das científicas que ainda persistem mesmo em estudantes em final de curso. Por exemplo, nos modelos explicativos da ligação química verifica-se que ao longo do processo histórico-filosófico da química a relação entre a formação da ligação química e a energia pouco aparece, exceto numa das abordagens quânticas, a teoria do orbital molecular. Então entender a gênese do conceito pode contribuir com a superação desse distanciamento.

Essa é a etapa que está em processo na instituição citada na Metodologia, ainda sem dados para análise. Após a instrumentalização, passaremos à catarse, que é o momento do estudante fazer uma primeira síntese, após a abordagem contextual da ligação química em sala de aula, avaliando-se a sua aprendizagem. Essa é uma contribuição que a universidade deve fazer para o desenvolvimento de uma formação crítica do futuro professor de química da educação básica.

## Referências

- ANASTASIOU, L. G. C.; PIMENTA, S. G. *Docência no ensino superior*. São Paulo: Cortez, 2002.
- BARROS, M. A.; CARVALHO, A.M.P. A história da Ciência iluminando o ensino de visão. *Revista Ciência & Educação*, v.5, n.1, p.83-94, 1998.
- BROCK, William H. *The Chemical Tree*. New York: W. W. Norton, 2000.
- CHAGAS, A. P.; DAVANZO, C. U. Gilbert Newton Lewis e a revolução dos pares eletrônicos. *Química Nova*, v. 16, n. 2, p. 152-154, 1993.
- COLE, M; SCRIBNER, S. Introdução. In VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente*. COLE, M. *et al* (orgs.). Tradução José C. Neto, Luís S. M. Barreto, Solange C. Afeche. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- CRUZ-GARRRITZ, D.; CHAMIZO, J.A.; GARRITZ, A. *Estrutura atômica: um enfoque químico*. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana, 1991.
- DIAS, A. R.; SILVA, J. J. R. F.; CALHORDA, M. J. D. S.; VEIROS, L. F.C; ARAÚJO, M. M. S. S. *Ligação Química*. Lisboa: Hovione, 2006.

- FAYERSHTEIN, M. G. The evolution of the theory of valency. In Kuznetsov, V. I. (org.). *Theory of valency in progress*. Tradução para o inglês de Alexander Rosinkin. Moscou: Mir Publishers, 1980, p. 34-73.
- FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligações químicas. *Química Nova na Escola*, n.24, p. 20-24, 2006.
- FREIRE JR, O. A relevância da filosofia e da história das Ciências para a formação dos professores em ciências. In: *Epistemologia e Ensino de Ciências*. Salvador: Arcádia, 2002.
- GAGLIARDI, R. Como utilizar la historia de las ciencias em la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v.6, n.3, p.291-296, 1988.
- GOUVEIA, V. P.; OLIVEIRA, S. R.; QUADROS, A. L. Uma reflexão sobre aprendizagem escolar e o uso do conceito de solubilidade/miscibilidade em situações do cotidiano: concepções dos estudantes. *Química Nova na Escola*, v. 6, n. 1, p. 23-30, 2009.
- IHDE, A. J. *The Development of Modern Chemistry*. New York: Dover, 1964.
- JENSEN, W. B. The Origin of the Metallic Bond. *Journal of Chemical Education*, v. 86, p. 278-279, 2009.
- LEFEBVRE, H. *Marxismo*. Tradução William Lagos. Porto Alegre: L&PM, 2010.
- LEWIS, G. N. *Valence and the structure of atoms and molecules*. New York: Dover Publications, 1966.
- MARX, K. e ENGELS, F. *A ideologia alemã*. São Paulo: Boitempo, 2007.
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.12, n. 3, p.164-214, 1994.
- \_\_\_\_\_. In defense of modest goals when teaching about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 35, n. 2, p.161-174, 1998.
- MORTIMER, E. F. Concepções atomistas dos estudantes. *Química Nova na Escola*, n.1, p. 23-26, 1995.
- OKI, M.C. *A história da Química possibilitando o conhecimento da natureza da Ciência e uma abordagem contextualizada de conceitos químicos: um estudo de caso numa disciplina do curso de Química da UFBA*. Tese (Doutorado em Educação), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.
- RUSSEL, Colin A. *History of Valency*. Chicago: University of Chicago Press, 1972, p. 81-91.
- SAVIANI, D. *Escola e democracia*. 41. ed. rev. Campinas: Autores Associados, 2009.
- TABER, K. S. Student understanding of ionic bonding: molecular versus electrostatic framework? *School Science Review*, v. 78, n. 285, p. 85-95, 1997.
- THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa – ação*. 8. ed. São Paulo: Cortez, 1998.
- TONET, I. *Marxismo e educação*. 2009. Disponível em: <[http://www.ivotonet.xpg.com.br/arquivos/MARXISMO\\_E\\_EDUCACAO.pdf](http://www.ivotonet.xpg.com.br/arquivos/MARXISMO_E_EDUCACAO.pdf)>. Acesso em 26 set. 2009.
- VIGOTSKI, L. S. *A Construção do Pensamento e da Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

