

## ESTRATÉGIA METACOGNITIVA PARA REPENSAR E RECONHECER CONCEITOS EM LIGAÇÃO IÔNICA

*Metacognitive strategy to rethink and recognize concepts on ionic bonding*

**Solange Wagner Locatelli** [solangeufabc@gmail.com]

**Maísa Helena Altarugio** [maisahaufabc@gmail.com]

*Universidade Federal do ABC*

*Av. dos Estados, 5001 – Santo André - SP*

### Resumo

Este artigo tem como objetivo específico investigar em que medida a estratégia metacognitiva pode possibilitar a reconstrução das ideias de estudantes universitários acerca de suas concepções alternativas sobre ligação iônica, isto é, se eles conseguem retomar alguns conceitos deste assunto e aprimorá-los com autonomia e autorregulação. O tema de ligação iônica foi escolhido para este trabalho justamente por ser considerado de difícil compreensão para os estudantes e permeado por concepções alternativas que persistem mesmo depois de muito tempo de sua aprendizagem. Participaram desta investigação nove estudantes de um curso de licenciatura em Química de uma universidade pública paulista, para os quais foi aplicada uma sequência de ensino-aprendizagem envolvendo o tema de ligações iônicas, com a utilização de uma estratégia metacognitiva. Registro audiovisual, desenhos e entrevistas semiestruturadas foram utilizados para as análises. A estratégia revelou-se eficiente na reconstrução das ideias iniciais dos alunos, na medida em que foi possível observar o reposicionamento dos conceitos químicos envolvidos resultante do monitoramento e autorregulação dos grupos durante a atividade. Recomenda-se o aprofundamento das pesquisas no campo da metacognição no sentido de observar suas limitações e tentar superá-las.

**Palavras-Chave:** Ensino de química; Estratégia metacognitiva; Ligação iônica; Metacognição.

### Abstract

This article aims to investigate to what extent the metacognitive strategy allows the reconstruction of the university students' ideas about their alternative conceptions about ionic bond, in other words, if they return some concepts of this subject and improve them with autonomy and self-regulation. The theme of ionic bonding was chosen for this work precisely because it is considered difficult for students to comprehend and permeated by alternative conceptions that persist even after a long time of learning. Nine students from a licentiate course in Chemistry, from a public university in Sao Paulo, participated in this research, for which a teaching-learning sequence was applied involving the topic of ionic bonds, using a metacognitive strategy. Audiovisual record, drawings and semi-structured interviews were used for analyzes. The strategy proved to be efficient in the reconstruction of the initial ideas of the students, as it was possible to observe the repositioning of the chemical concepts involved resulting from the monitoring and self-regulation of the groups during the activity. It is recommended to deepen the research in the field of metacognition in order to observe its limitations and try to overcome them.

**Keywords:** Chemistry teaching, Ionic bond, Metacognition, Metacognitive Strategy.

## Introdução

É fundamental dos dias de hoje que a escola promova o protagonismo do aluno, lançando mão de práticas pedagógicas que lhe permitam partir de suas ideias e concepções prévias, questioná-las e reconstruí-las. Por isso, os profissionais envolvidos com o processo de ensino-aprendizagem em química podem e devem explorar estratégias criativas e inovadoras para a sala de aula.

O tema de ligação química foi escolhido para este trabalho, justamente por ser considerado de difícil compreensão para os estudantes. Esta dificuldade possivelmente se dá pela abstração, pela utilização de modelos, natureza das partículas e ainda a transição do nível macroscópico para o submicroscópico (Lima, Rotta & Razuck, 2011).

Pozo e Crespo (2009) afirmam que, mesmo após longos períodos de ensino-aprendizagem, as dificuldades na compreensão dos conceitos químicos podem permanecer. O trabalho que apresentaremos aqui está inserido exatamente neste contexto, em que os alunos investigados, por serem licenciandos, já passaram por longos períodos de aprendizagem e em diferentes momentos de sua vida escolar, abordaram o tópico de ligações químicas, inclusive na universidade.

Neste artigo, discutiremos uma sequência de ensino-aprendizagem em sala de aula, utilizando-se da instrução metacognitiva. Basicamente, a metacognição refere-se a pensar sobre seu pensamento. Ampliando-se esse conceito, pode-se dizer que a metacognição refere-se também ao monitoramento e autorregulação dos processos cognitivos (Flavell, 1976) e torna-se cada vez mais importante considerar estratégias metacognitivas que permitam autorregular essa codificação, levando a uma aprendizagem efetiva (Locatelli & Arroio, 2013). Por possibilitar a reconstrução de ideias e a autorregulação por parte dos alunos, é crescente a utilização de estratégias metacognitivas para auxiliar a aprendizagem em ciências e em química (Locatelli, 2016).

Este presente estudo dá continuidade a uma pesquisa mais ampla que investiga a construção e reconstrução de conceitos de química pelos estudantes com a utilização de uma ou mais estratégias metacognitivas. O objetivo específico deste trabalho foi o de investigar em que medida a estratégia metacognitiva pode possibilitar a reconstrução das ideias de estudantes universitários acerca de suas concepções alternativas sobre *ligação iônica*, isto é, se eles conseguem retomar alguns conceitos deste assunto e aprimorá-los com autonomia e autorregulação, que é um aspecto importante da metacognição. Especificamente, dentro deste conteúdo, procurou-se investigar as concepções dos estudantes acerca da atração eletrostática entre os íons como sendo um aspecto fundamental da ligação iônica.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### O ensino de ligações químicas

O estudo das ligações químicas é considerado um dos temas mais importantes dentro da química, encontrando-se imbricado a uma série de conceitos e dando origem a explicações sobre inúmeros fenômenos relativos à matéria. Resumidamente, Fernandes, Campos e Marcelino Júnior (2010, p.19) ressaltam aspectos relevantes no estudo das ligações químicas:

O conceito Ligação Química é fundamental na química. A natureza da ligação química é revelada a partir da estrutura eletrônica dos átomos e o seu entendimento é importante para a compreensão de diferentes aspectos relacionados à estrutura interna da matéria e às propriedades macroscópicas e microscópicas das substâncias. Conceitos relacionados a esse conhecimento científico associam-se a vários

fenômenos e processos, tais como: nas diferentes reações químicas que ocorrem no interior do corpo humano, nas durezas exibidas pelas substâncias e na condutividade elétrica de diferentes materiais.

Acontece que, na maioria das vezes, a Química começa a ser abordada de maneira explícita ainda no Ensino de Ciências, particularmente na última série do Ensino Fundamental, onde já é possível encontrar uma série de problemas no tratamento dessa disciplina. De acordo com Milaré, Marcondes e Rezende (2010) o excesso de conteúdos trabalhados de forma inadequada nesta série, o enfoque na memorização e na resolução mecânica de exercícios, não contribuem para a formação do pensamento químico. Especificamente, sobre a abordagem das ligações químicas em livros didáticos, as autoras destacam erros, imprecisões e confusões conceituais, além da ausência de relações entre as ligações químicas e as propriedades das substâncias.

As representações de modelos de ligações apresentadas em livros textos, além das deficiências e lacunas na formação do professor, podem levar a interpretações errôneas por parte dos estudantes (Fernandez & Marcondes, 2006; Milaré, Marcondes & Rezende, 2010). A criação de concepções alternativas dessa natureza, que Pozo *et al.* (1991) denominam de analógica, surgem devido a analogias criadas pelos estudantes ou pelos professores durante a abordagem dos conceitos científicos. Infelizmente, não encontramos concepções alternativas apenas em alunos da Educação Básica. Estudantes universitários, entre eles, futuros professores de química, também foram identificados como portadores de concepções em desacordo com ideias cientificamente aceitas sobre esse tema (Fernandes, Campos & Marcelino Júnior, 2010; Ferreira, Campos & Fernandes, 2013; Gondim & Mendes, 2007).

Podemos citar vários exemplos de concepções de estudantes sobre ligações químicas extensamente relatados em pesquisas, entre eles, alguns bastante comuns para o caso das ligações iônicas, que é o foco deste trabalho. A formação do NaCl (s) que encontramos muitas vezes representada nos livros pode levar o aluno a pensar que um único átomo de sódio se liga a um átomo de cloro formando somente um par iônico de NaCl, não levando em consideração a rede cristalina formada (Ben Zvi, Eylon & Silberstein, 1987). Sendo assim, o retículo cristalino não é uma representação comum para a maioria dos estudantes, de modo que para muitos deles, o cloreto de sódio existe como uma entidade discreta (Tan & Treagust, 1999).

Também existe fortemente entre os estudantes a ideia de que a regra do octeto seria a base para explicar as reações e as ligações químicas. Segundo Atkins e Jones (1999, p. 181): “*Se a energia mais baixa pode ser atingida pela transferência completa de um ou mais elétrons de um átomo para outro, formam-se íons e o composto é mantido pela atração entre esses íons. Esta atração é chamada de ligação iônica*”. Entretanto, os alunos tendem a associar ligação iônica com a transferência de elétrons sem considerar a atração dos íons como resultado da transferência de elétrons (Taber, 1998). É possível que isso aconteça, pois os alunos utilizam a regra do octeto para justificar as ligações químicas, em que os elétrons são doados com o objetivo de obter uma camada completa (Fernandez & Marcondes, 2006).

Para oportunizar aos alunos a compreensão da ligação iônica, assim como outros tipos de ligação, é importante considerar estratégias que lhes permitam a construção e reconstrução de suas ideias. Neste sentido algumas tentativas têm sido realizadas por pesquisadores que se preocupam em superar os problemas encontrados no ensino deste tópico. Por exemplo, Pereira Júnior, Azevedo e Soares (2010) propuseram uma estratégia em que foi utilizada uma analogia com ímãs e bolas de isopor para ressaltar a interação entre os átomos nas ligações. Como resultado, eles destacaram que a estratégia possibilitou o aprendizado de conceitos fundamentais das ligações iônicas, como a atração entre os íons e o forte caráter da ligação. Medeiros (2014), além da utilização de modelos, também

propõe a construção de mapas conceituais como metodologia ativa visando superar obstáculos epistemológicos presentes no ensino dos conceitos ligados a esse tema.

### **Estratégias metacognitivas**

A metacognição parece ser importante no ensino de ciências como afirmam vários pesquisadores nessa área (Gilbert, 2005; González & Escudero, 2007; Rickey & Stacy, 2000; Yuruk, Beeth & Andersen, 2009; Zohar & Barzilai, 2013). Muitos estudos trazem bons resultados com a utilização da instrução metacognitiva, embora ainda se tenha muitas dúvidas acerca de como funciona o processo metacognitivo e suas limitações.

Yuruk, Beeth e Andersen (2009) realizaram uma pesquisa com 45 estudantes do ensino médio, focalizado no ensino de física. Eles apontam que a estratégia metaconceitual<sup>1</sup> pode facilitar os alunos a se engajarem em processos de alta ordem, incluindo a tomada de consciência, o monitoramento e avaliação. Os achados indicaram que os alunos que se utilizaram de estratégia metacognitiva apresentaram melhores resultados do que o grupo controle, com aulas tradicionais, mas salientam que a causa das mudanças nas ideias dos estudantes não necessariamente está ligada somente ao processo metacognitivo, pois lembram que a natureza destas conexões ainda foi pouco investigada. Zohar e Barzilai (2013) acreditam que a instrução metacognitiva traga bons resultados, mas também dizem que existe uma carência de estudos que evidencie a efetividade da instrução metacognitiva e o aprendizado em ciências.

González e Escudero (2007) realizaram um estudo com alunos de ensino médio, subdividindo-os em grupo com a estratégia metacognitiva e outro grupo de controle. Além dos resultados serem melhores no grupo da estratégia, concluíram também que, mesmo no pouco de tempo de observação, houve mudança na atitude dos alunos envolvidos, que passaram a empregar estratégias para se autorregular e investir na construção da sua autonomia. Também apontaram um caminho favorável, na medida em que sugerem que a relação causal entre o tipo de atividade proposta e a autorregulação possa ser uma questão de tempo e dedicação para que ocorra.

Rickey e Stacy (2000) realizaram uma pesquisa em ensino de química, em que uma mesma tarefa era designada a uma dupla (em que eles poderiam conversar e se regular) e a um aluno individualmente. Os resultados apontam que a metacognição trouxe melhores resultados, pois mesmo a dupla tendo menos conhecimento químico que o aluno que fez individualmente, eles puderam se redirecionar durante a atividade, devido ao monitoramento entre eles. Estes pesquisadores também apontam alguns caminhos para pesquisas futuras, entre eles, a questão de como os vários aspectos da metacognição estão relacionados aos resultados no aprendizado em química.

Finalmente, Yuruk e Eroglu (2016), além de colocarem que a estratégia metaconceitual traz bons resultados, também apontam que os efeitos do aprendizado são duradouros, sendo observados mesmo nas oito semanas posteriores. Isto tudo fundamenta nosso interesse em investigar em que medida a instrução metacognitiva pode favorecer o aprendizado em química, em especial neste estudo, em ligação iônica.

---

<sup>1</sup> Metaconceitual pode-se entender como a metacognição com relação aos conceitos.

## METODOLOGIA DA PESQUISA

### Caracterização dos sujeitos e o contexto da pesquisa

Como já mencionado, este estudo dá continuidade a uma pesquisa mais ampla sobre os processos metacognitivos no ensino de Química. Aqui, nove estudantes de um curso de licenciatura em Química de uma universidade pública paulista participaram desta investigação, ocorrida numa de suas disciplinas pedagógicas obrigatórias, denominada Práticas de Ensino em Química I (PEQ I). Intenciona-se, durante a disciplina, discutir e refletir sobre o ensino de conceitos básicos de química junto aos graduandos. Vale destacar que estes alunos já cursaram e foram aprovados em disciplinas em que tiveram a oportunidade de aprofundar conceitos químicos. Uma das atividades propostas para os alunos durante a disciplina foi feita intencionalmente para fins de pesquisa, na qual os alunos deveriam refletir sobre o conceito de *ligação iônica*, utilizando-se uma estratégia metacognitiva. Nesta etapa da pesquisa objetivamos, em específico, responder à seguinte pergunta: *Em que medida a estratégia metacognitiva pode possibilitar a reconstrução das ideias dos estudantes acerca de suas concepções alternativas no tópico de ligação iônica?*

Como instrumentos de coleta de dados utilizamos o registro audiovisual dos alunos durante a atividade proposta, registros escritos realizados por eles (desenhos) e uma entrevista semiestruturada com alguns estudantes para o caso de eventuais dúvidas na análise dos materiais. Os registros audiovisuais (atividade e entrevistas) foram transcritos e os desenhos recolhidos para análise.

### Sequência de ensino-aprendizagem – Estratégia metacognitiva

A sequência de ensino-aprendizagem teve a duração aproximada de 40 minutos e foi realizada em sala de aula, sendo que durante este período, eles não tiveram intervenção da docente da turma a não ser para dar as instruções da atividade. Os alunos foram divididos em quatro grupos, três duplas e um trio. Esta atividade proposta teve três etapas predominantemente metacognitivas, conforme será exposto em seguida. Dividimos o tempo da atividade em 6 momentos, cada um exigindo uma tarefa para o grupo. A sequência da atividade utilizada – estratégia metacognitiva - está resumida no quadro 1:

**Quadro 1** – Sequência de ensino-aprendizagem

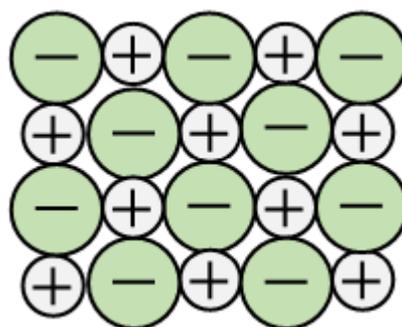
| Momento | Tarefa  |
|---------|---|
| 1.      | Qual a principal característica da ligação iônica?  |
| 2.      | Utilizando-se do modelo atômico de Dalton, faça uma representação de uma porção de cloreto de sódio.  |
| 3.      | Observando o modelo proposto pela pesquisadora, apontar semelhanças e diferenças com o proposto pelo seu grupo. <i>Etapa metacognitiva 1.</i> |
| 4.      | Utilizando-se do modelo atômico de Dalton, faça uma representação de uma porção de cloreto de lítio.  |
| 5.      | Observando o modelo proposto, apontar semelhanças e diferenças com o proposto pelo seu grupo. <i>Etapa metacognitiva 2.</i>                   |
| 6.      | Retomando a primeira pergunta, reavaliar a resposta e justificar. <i>Etapa metacognitiva 3.</i>   |

A seguir discriminamos cada um dos momentos da sequência:

Momento 1: Primeiramente, os alunos discutiram nos grupos, de acordo com suas concepções, qual seria a principal característica da ligação iônica. Não houve um tempo determinado para a discussão, sendo que os alunos iam sinalizando conforme terminavam a tarefa. A orientação era que esperassem todos terminarem para prosseguirem juntos. A mesma instrução foi dada com relação ao tempo, inclusive para as fases seguintes.

Momento 2: A seguir, foi proposto que, utilizando-se do modelo atômico de Dalton, representassem por meio de um desenho uma porção de cloreto de sódio considerando, submicroscopicamente, a ligação iônica entre as partículas.

Momento 3 (etapa metacognitiva 1): A pesquisadora apresentou aos grupos um modelo (Figura 1), cientificamente aceito representando um retículo cristalino, com os íons de sódio, cloreto e suas respectivas cargas.



**Figura 1:** Modelo para representar o retículo cristalino do cloreto de sódio. Elaboração nossa.

A tarefa era que os alunos apontassem diferenças e semelhanças entre os modelos. O objetivo metacognitivo era estimular os alunos a repensarem os conceitos químicos envolvidos na tarefa e acrescentarem aspectos que não tinham pensado antes ou tinham pensado inadequadamente, possibilitando a modelagem da construção deste conhecimento.

Momento 4: Igualmente ao momento 2, foi proposto que elaborassem um desenho, mas agora considerando as ligações entre íons de lítio e de cloreto, possibilitando assim mais um momento de modelagem dos conceitos científicos.

Momento 5 (etapa metacognitiva 2): Idem ao momento 3, mas agora com relação ao cloreto de lítio.

Momento 6 (etapa metacognitiva 3): Para finalizar, a última tarefa consistiu em retomar a primeira pergunta e, metacognitivamente, os alunos deveriam reavaliar as concepções expressas no momento 1, justificando seu reposicionamento ou não.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Início e fim da sequência de ensino-aprendizagem (momentos 1 e 6)

Como resultados dos dados coletados, apresentamos no Quadro 2, as principais concepções iniciais (Momento 1) e finais dos alunos (Momento 6), considerando as três etapas metacognitivas, sobre a questão: *Qual a principal característica da ligação iônica?*

**Quadro 2** – Concepções iniciais e finais dos estudantes

| Grupo <sup>2</sup> | Alunos <sup>3</sup> | Momento 1   | Momento 6               |
|--------------------|---------------------|---|-------------------------|
| 1                  | 1A e 1B             | Doação de elétrons  | Atração eletrostática   |
| 2                  | 2A e 2B             | Rede cristalina   | Rede cristalina         |
| 3                  | 3A, 3B e 3C         | Transferência de elétrons   | Atração das cargas      |
| 4                  | 4A e 4B             | Diferença de eletronegatividade, íons e não há compartilhamento de elétrons | Interação entre os íons |

Inicialmente, sobre as concepções de ligação iônica, nenhum dos grupos associou a atração eletrostática ao resultado da transferência de elétrons entre os átomos, sendo que dois grupos (1 e 3) apontaram explicitamente como principal característica da ligação iônica, a *doação de elétrons*. O seguinte trecho extraído da conversa do grupo 1 exemplifica esse pensamento (quadro 3):

**Quadro 3** – Trecho da conversa do grupo 1

| Estudante | Transcrição da fala   |
|-----------|---|
| 1B        | [...] Lembro que existia a ligação covalente e a ligação iônica, uma compartilha e a outra doa e recebe elétrons. |
| 1A        | Isso, na ligação iônica há a doação de elétrons.  |

O grupo 3 parece ter dado mais ênfase à transferência de elétrons, não havendo discussão entre eles, que rapidamente apontaram essa característica como sendo a mais importante (Quadro 4):

**Quadro 4** – Trecho da conversa do grupo 3

| Estudante | Transcrição da fala                 |
|-----------|-------------------------------------|
| 3C        | Transferência de elétrons para mim. |
| 3B        | Sim, transferência de elétrons.     |

O grupo 4 também focalizou na questão dos elétrons, sem falar explicitamente da doação de elétrons, mas dizendo que a ligação iônica não envolve compartilhamento de elétrons e que isso seria a principal característica, a *compartilhamento* (quadro 5):

**Quadro 5** – Trecho da conversa do grupo 4

| Estudante | Transcrição da fala |
|-----------|---------------------|
|           |                     |

<sup>2</sup> Os grupos foram designados pelos números, assim, temos 4 grupos: 1, 2, 3 e 4.

<sup>3</sup> Os alunos foram designados por um número (que é o grupo a que ele pertence) e uma letra: 1A, 1B, 2A, etc.

|    |   |
|----|---|
| 4B | [...] Não tem compartilhamento de elétrons.   |
| 4A | Isso, não tem compartilhamento de elétrons, vamos escrever isso.  |
| 4B | Apesar de que isso é a definição oposta à covalente, tipo, estamos definindo ligação iônica não com o que acontece com ela, mas tomando a ligação covalente como base, entende? |
| 4A | Sim, mas acho que essa é a principal, acho que é bom definir assim.   |

Os alunos tendem a caracterizar ligação iônica pela *transferência de elétrons* sem considerar a atração dos íons como resultado da transferência de elétrons (Taber, 1998). Foi o que observamos com estes 3 grupos, em que o foco foi na *transferência* ou no *compartilhamento* de elétrons. Fernandez e Marcondes (2006) dizem que é possível que isso aconteça, pois os alunos utilizam a regra do octeto para justificar as ligações químicas, em que os elétrons são doados com o objetivo de obter uma camada completa.

O grupo 2 teve um pensamento diferente, trazendo o conceito de *rede cristalina*, mas não demonstra neste momento considerar a atração eletrostática, conforme trecho extraído da conversa entre eles (quadro 6):

**Quadro 6** – Trecho da conversa do grupo 2

| Estudante | Transcrição da fala  |
|-----------|--|
| 2A        | [...] Para mim, a principal característica é a formação de uma rede. |
| 2B        | (Hesita um pouco para responder): Uhum. Formação... sim.             |

Não é comum os alunos representarem o retículo cristalino, em geral, a maioria não o faz, na medida em que acreditam que os íons se constituem de única entidade (Tan & Treagust, 1999), ou seja, que há, erroneamente, a formação de “moléculas” de sal. Entretanto, este grupo deixou claro o entendimento de que não há a formação de entidades discretas, inclusive ressaltando que isso pode ser uma concepção alternativa dos outros colegas, como pode ser observado na fala dos estudantes, quando comparam o desenho feito por eles e o apresentado pela pesquisadora, no Momento 3 (quadro 7):

**Quadro 7** – Trecho da conversa do grupo 2

| Estudante | Transcrição da fala   |
|-----------|---|
| 2A        | [...] Sim. Se você forma uma rede, fica parecido (referindo-se ao desenho proposto por eles). |
| 2B        | É que a maioria (dos alunos pesquisados) deve colocar modelo binário, né? Sódio, cloro.       |
| 2A        | Sim, sim.   |

Como o grupo 2 não demonstrou considerar a atração de cargas entre os íons formadores do retículo, em entrevista foi possível saber se eles tinham pensado sobre isso e não demonstrado ou se nem tinham pensado. A aluna 2B afirma que neste momento (da atividade), não tinham pensado nisso, mas não pareceu muito segura da sua resposta (quadro 8):

**Quadro 8** – Trecho da fala da aluna 2B durante a entrevista

| Estudante | Transcrição da fala  |
|-----------|--|
| 2B        | [...] Acho que não pensei (demora um pouco para continuar) ... não pensei assim, forma retículo então tem atração de íons...é...acho que não pensamos isso na hora...não sei...[...] |

Assim, é fato que, inicialmente, nenhum dos grupos apontou a interação eletrostática entre os íons como uma característica importante da ligação iônica.

### Trajatória (Momentos 2 a 6)

Apresentamos abaixo (Quadro 9) os registros dos desenhos dos alunos representando porções de cloreto de sódio e cloreto de lítio – momentos 2 e 4 respectivamente:

**Quadro 9** – Desenhos propostos pelos grupos na representação das ligações

| Desenho             | Grupos |   |   |   |
|---------------------|--------|---|---|---|
|                     | 1      | 2 | 3 | 4 |
| NaCl<br>(Momento 2) |        |   |   |   |
| LiCl<br>(Momento 4) |        |   |   |   |

Quanto aos desenhos (quadro 9), pode-se perceber a evolução na trajetória dos grupos, durante a atividade, lembrando que entre o momento 2 (representação do cloreto de sódio) e momento 4 (representação do cloreto de lítio), ocorreu uma ação metacognitiva dos alunos quando compararam seus modelos com o da pesquisadora. Por exemplo, no momento 2, o grupo 4 não considera as cargas das partículas na sua representação e nem a ideia clara de sua disposição num retículo cristalino. No momento de refletir sobre este desenho e o apresentado a eles (momento 3), eles perceberam que deveriam ter representado os íons, mas não citam a atração eletrostática (quadro 10):

**Quadro 10** – Trecho da conversa do grupo 4 - Momento 3

| Estudante | Transcrição da fala  |
|-----------|--|
| 4B        | [...] Ela colocou os íons... a gente fez como se estivéssemos vendo o sólido no microscópio, e ela fez o que não conseguiríamos ver... |
| 4A        | Tipo a polaridade, a estrutura, íons, não colocamos as cargas.   |

Na proposta do 2.<sup>o</sup> desenho (Momento 4), eles já representam as cargas dos íons, sendo que no momento 6, eles conseguem reconstruir suas ideias sobre a principal característica da ligação iônica (quadro 11):

**Quadro 11** – Trecho da conversa do grupo 4 - Momento 6

| Estudante | Transcrição da fala  |
|-----------|--|
| 4A        | [...] O que você diria? Que é o não-compartilhamento de elétrons mesmo?                                |
| 4B        | Ah, eu diria que é a interação entre íons, cargas opostas.   |
| 4A        | Que a diferença de eletronegatividade é grande né?   |
| 4B        | Sim, e aqui é negativo e positivo, não tem compartilhamento de elétrons, mas é a interação entre íons. |
| 4A        | Verdade né?  |

O grupo 1 representa as cargas no 2.<sup>o</sup> desenho (quadro 9) que não aparecem no 1.<sup>o</sup> desenho, apesar de citarem que a estrutura cristalina é formada de cátion e ânion, no diálogo entre elas. Parece que houve a reconstrução destas ideias, como pode ser evidenciado pela fala da aluna 1B no momento 6, última etapa metacognitiva (quadro 12):

**Quadro 12** – Trecho da fala da aluna 1B – Momento 6

| Estudante | Transcrição da fala   |
|-----------|---|
| 1B        | [...] Eu acredito que definimos igual, mas acrescentando que existe uma atração eletrostática entre o cátion e o ânion para transferir os elétrons. |

Ambos os desenhos propostos pelo grupo 3 são muito semelhantes. Na elaboração do 1.<sup>o</sup> desenho eles não consideram as cargas dos íons, entretanto, no momento 3, reconhecem isso (quadro 13):

**Quadro 13** – Trecho da conversa do grupo 3 – Momento 3

| Estudante | Transcrição da fala |
|-----------|---------------------|
|           |                     |

|    |   |
|----|---|
| 3B | [...] Ah, e ali aparecem as... cargas.    |
| 3C | As cargas.                                |
| 3B | As cargas, a gente não colocou as cargas. |
| 3C | A gente não colocou as cargas[...].       |

Mesmo assim, ao fazerem o 2.<sup>o</sup> desenho (momento 4), eles novamente não representam os íons, reconhecendo outra vez isso na etapa metacognitiva subsequente - momento 5 (quadro 14):

**Quadro 14** – Trecho da fala do aluno 3C – Momento 5

| Estudante | Transcrição da fala  |
|-----------|--|
| 3C        | [...] Novamente as cargas. A gente não foi influenciado pelo anterior... [...] |

Somente no momento 6, eles demonstram reconstruir suas ideias, parecendo compreender a atração entre os íons (quadro 15):

**Quadro 15** – Trecho da conversa do grupo 3 – Momento 6

| Estudante | Transcrição da fala  |
|-----------|--|
| 3C        | [...] Mas a atração das cargas opostas... você tem a transferência que forma...                              |
| 3B        | É por causa da transferência. Mas quando eu pensei nisso eu não me lembrei das cargas.                       |
| 3C        | Ah, entendi.   |
| 3B        | [...]Quando eu vejo: Ah, ligação iônica é transferência de elétrons. Mas eu não pensei que...                |
| 3C        | Forma cargas opostas e tem a atração.  |
| 3B        | Isso, eu não pensei nisso. Eu sei que ele acontece, mas eu não pensei.                                       |
| 3C        | Eu penso direto na transferência de elétrons, não penso na formação de cargas. Agora eu pensei melhor [...]. |

Nestes três grupos (1, 3 e 4) percebeu-se diferença no tempo de aprendizagem (reconstrução de conceitos), sendo que o grupo 3 somente reconstruiu suas ideias na última etapa metacognitiva (momento 6), o que está de acordo com a pesquisa de Autor 1 que diz que os tempos de aprendizagens dos estudantes para um mesmo tópico de química pode se dar de forma diferente e considerar isso no processo de ensino-aprendizagem é importante.

Por último, o grupo 2 fez os dois desenhos considerando as cargas, mas não demonstrou em nenhum momento que a atração dos íons é a principal característica, sendo que na última fala deles, é ressaltado o fato de que na ligação iônica há a formação do retículo (quadro 16):

**Quadro 16** – Trecho da conversa do grupo 2 – Momento 6

| Estudante | Transcrição da fala   |
|-----------|---|
| 2B        | Acho que provavelmente o objetivo da atividade é verificar o tipo de modelo que cada um ia adotar, né? Se de redes ou binário e... eu sempre penso em ligação iônica como modelo de rede. Abandonei o modelo binário como definição geral há algum tempo. |
| 2A        | Não, é... modelo binário eu também não sou muito fã não, não gosto. Gosto mais da ideia de rede cristalina mesmo.   |

Para o grupo 2, a atividade foi interessante para ratificarem o raciocínio com relação ao retículo, que também é importante nos compostos iônicos.

### Discussão geral

Para todos os alunos envolvidos houve consenso, na entrevista, de que é muito interessante este tipo de estratégia, pois faz com eles possam repensar seus erros, o que é apontado por González e Escudero (2007) como uma consequência deste tipo de abordagem, que possibilita a mudança na atitude destes estudantes. Jahangard, Soltani e Alinejad (2016) acrescentam que os alunos podem assumir uma postura positiva no aprendizado de ciências, em sala de aula, devido à estratégia metacognitiva utilizada. A mudança de uma atitude passiva para participativa é especialmente importante, porque pode ajudar o aluno a se engajar no processo, participando mais no sentido de se monitorar, de distinguir o que ele sabe do que ele não sabe, questionando e tendo a chance de autorregular seus conceitos, na busca pela autonomia.

Portanto, com exceção do grupo 2, os outros três conseguiram repensar sobre suas ideias e reconstruí-las o que está de acordo com Justi, Gilbert e Ferreira (2009) que ressalta que o processo de modelagem pode levar a bons entendimentos, levando os alunos a pensar e repensar suas hipóteses iniciais. Penner (2011) ressalta o papel da modelagem que possibilita a troca de ideias entre os alunos com relação às interações, discutindo e refletindo sobre seu entendimento (Jonassen, Strobel & Gottdenker, 2005).

Gilbert (2005) também pontua que a estratégia metavisual (metacognição referente à visualização) utilizada pode permitir navegar entre as imagens, envolvendo avaliação e interpretação das representações interna<sup>4</sup> e externa. Zhang e Linn (2011) acrescentam que, se as visualizações forem bem utilizadas (imagens neste caso), podem auxiliar na aprendizagem em química, ratificado por Autor 1 que pontua que pensar sobre estas visualizações são etapas metavisuais que podem favorecer o aprendizado.

Finalizando, todos os grupos demonstraram ampliação no conceito sobre a ligação iônica, o que está de acordo com Justi, Gilbert e Ferreira (2009) que dizem que repensar propicia ao aluno considerar aspectos não incluídos no início de suas hipóteses.

<sup>4</sup> Basicamente, a representação interna é a imagem que está na mente do indivíduo e a representação externa são imagens que chegam a ele, como desenhos ou figuras, por exemplo.

Assim, pensar em aulas que tenham a perspectiva metacognitiva, de reflexão, em que os alunos tenham que explicitar as concepções alternativas, pode ser uma forma eficiente para melhorar a aprendizagem (Hamza & Wickman, 2007; Schmidt, Marohn & Harrison, 2007).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A concepção de que a ligação iônica seja basicamente a transferência de elétrons é muito atraente e persistente pelos alunos, mesmo com alunos de graduação e que já estudaram este assunto em diferentes momentos de suas formações. Por outro lado, a estratégia metacognitiva utilizada parece ter sido eficiente neste sentido, possibilitando que 3 dos 4 grupos reconstruíssem suas ideias, evidenciando a importância do processo de modelagem propiciado pela estratégia de repensar (metacognitiva). Em todas as trajetórias, foi possível observar algum avanço, modificando os conceitos de química ou ratificando-os.

Entretanto, apesar da estratégia metacognitiva utilizada mostrar-se eficiente no contexto relatado, é importante ressaltar que nem sempre todos os estudantes conseguem se autorregular, como exemplo, temos o grupo 2 que, apesar de ter tido uma boa trajetória, não conseguiu conceituar que a ligação iônica é justamente a força de atração entre os íons participantes desta interação. Então se reforça aqui a importância do papel mediador do professor, conduzindo e guiando sempre que necessário. Outro ponto que vale a pena ser mencionado é a possível mudança de atitude do aluno frente aos novos futuros desafios o que é desejável para buscar sua autonomia.

Uma limitação da estratégia metacognitiva é que, nem sempre os alunos demonstram tudo o que realmente pensam. É o caso do grupo 2, com relação ao conceito de rede cristalina, em que eles não demonstraram associar a formação desta rede com a atração eletrostática entre os íons. Apesar de considerarem as cargas no desenho deles, não fica claro se eles pensaram ou não na atração eletrostática, mesmo sendo questionados na entrevista, uma das alunas não conseguiu ter certeza de que pensaram ou não nisso no momento. Aliás, esta é uma dificuldade inerente dos estudos envolvendo o processo de metacognição dos alunos: a complexidade e o difícil acesso ao pensamento do aluno podem trazer limitações à estratégia metacognitiva, o que sugere o acompanhamento do processo pelo professor para intervir sempre que necessário e oportuno.

Retomando a questão da pesquisa, a estratégia metacognitiva pode auxiliar na reconstrução das ideias, na medida em que possibilita o monitoramento dos conceitos e assim, pode proporcionar a autorregulação e também a mudança de atitude dos estudantes. Entretanto, também fica clara uma limitação da estratégia, já que nem sempre os alunos conseguem construir seus conceitos somente na discussão do grupo, sendo necessária uma mediação.

Por fim, indica-se a necessidade de mais estudos que focalizem na compreensão de como estratégias metacognitivas, que são alicerçadas em processos reflexivos, podem auxiliar nos processos de ensino-aprendizagem de química, no reconhecimento de suas limitações e no modo de superá-las.

## REFERÊNCIAS

Atkins, P. & Jones, L. (1999). *Princípios de Química, questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 914p.

- Ben-zvi, R.; Eylon, B.S. & Silberstein, J. (1987). Students' visualisation of a chemical reaction. *Education in Chemistry*, 24 (4), 117-120.
- Fernandes L.S., Campos A.F & Marcelino Júnior 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), 20-24.
- Ferreira, I. da M., Campos, A.F. & Fernandes, L. dos S. (2013). Concepções alternativas dos alunos sobre ligação metálica. *IX Congresso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias*. Girona-Espanha. Disponível em: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/viewFile/307883/397851>
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In Resnick, L.B. (Orgs), *The nature of intelligence*. Hillsdale, N.Y., Erlbaum, 231-235.
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization, a metacognitive skill in science and science education. In Gilbert, J.K. (Ed.), *Visualization in science education*. The Netherlands: Springer, 9-27.
- Gondim, M.S. da C. & Mendes, M.R.M. (2007). Concepções alternativas na formação inicial de professores de química: pressuposto para uma reflexão sobre o processo ensino/aprendizagem. *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências-Florianópolis, SC, Brasil*. Atas do VI ENPEC. Disponível em: <http://www.nutes.ufrrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p726.pdf>
- González, S. & Escudero, C. (2007). En busca de la autonomía através de las actividades de cognición y de metacognición en ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 310-330.
- Hamza, K.M & Wickman, P.(2007). Describing and analyzing learning in action: an empirical study of the importance of misconceptions in learning science. *Science Education*, 92 (1),141-164.
- Jahangard, Z., Soltani, A. & Alinejad, M. (2016). Exploring the relationship between metacognition and attitudes towards science of senior secondary students through a structural equation modeling analysis. *Journal of Baltic Science Education*, 15 (3), 340-349.
- Jonassen, D.H., Strobel, J., & Gottdenker, J. (2005). Modeling for meaningful learning. In Learning Sciences and Technologies Group (Ed.). *Engaged Learning with Emerging Technologies*, Dordrecht, NL: Springer Verlag, 1-28.
- Justi, R.; Gilbert, J.K. & Ferreira, P.F.M. (2009). The application of a 'model of modelling' to illustrate the importance of metavisualisation in respect of the three types of representation. In: Gilbert, J.K.; Treagust, D.F. (Eds). *Multiple representations in Chemical Education*, 4, 285-307.
- Lima, M.C.R., Razuck, R.C.R.S & Rotta, J.C.G (2011). Concepções dos estudantes que Ingressam no Ensino Médio sobre Ligações Químicas. Em: *VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2011, Campinas-SP. Atas do VIII ENPEC.
- Locatelli, S. W. & Arroio, A. (2013). Metacognition and chemical education: an experience in teaching geometrical isomerism. *Natural Science Education*, 37(2), 18-26.
- Locatelli, S.W (2016). *Relação existente entre metavisualização e as representações simbólica e submicro na elaboração de atividade em química*. Tese (Doutorado em Ensino de Química) Universidade de São Paulo, São Paulo.

Medeiros, C. E. (2014). *Uma proposta para o ensino de química em busca da superação dos obstáculos epistemológicos*. Mestrado Profissional. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática Ensino. Universidade Federal de Pelotas, UFPel (RS). Disponível em: [http://ppgecm.ufpel.edu.br/upload/Produto\\_claudia.pdf](http://ppgecm.ufpel.edu.br/upload/Produto_claudia.pdf)

Milaré T., Marcondes M.E.R. & Rezende D.B. (2010). Química no Ensino Fundamental: discutindo possíveis obstáculos através da análise de um caderno escolar. Em: *XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ) – Brasília, DF, Brasil*. Disponível em [www.s bq.org.br/eneq/xv/resumos/R0622-2.pdf](http://www.s bq.org.br/eneq/xv/resumos/R0622-2.pdf)

Penner, D. E. (2001). Cognition, computers, and synthetic science: building knowledge and meaning through modelling. In Secada, W.G. (Ed.). *Review of research in education*. Washington DC: American Educational Research Association, 1-35.

Pereira Júnior, C.A., Azevedo N.R. & Soares, M.H.F.B. (2010). Proposta de Ensino de Ligações Químicas como Alternativa a Regra do Octeto no Ensino Médio: Diminuindo os Obstáculos para aprendizagem do conceito. *XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ) – Brasília, DF, Brasil*.

Pozo, J.I. & Crespo, M.A.G.(2009). *A aprendizagem e o ensino de ciências*. 5.<sup>a</sup> Edição.

Pozo, J. I., Crespo, M. A., Gomez., L., Serrano, M., & Sanz, A. (1991). Procesos cognitivos em la comprensión de La ciência: las ideas de los adolescentes sobre la química. *Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia*

Rickey, D & Stacy, A. M. (2000). The role of metacognition in learning chemistry. *Journal of Chemical Education*, 77 (7), 915-920.

Schmidt, H.J.; Marohn, A.& Harrison, A.G. (2007). Factors that prevent learning in electrochemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (2), 258–283.

Taber, K.S. (1998). An alternative conceptual framework from chemistry education. *International Journal of Science Education*, 20, 597-608.

Tan, K.C.D. & Treagust, D.F (1999). Evaluating students' understanding of chemical bonding. *School Science Review*, 81 (294), 75-83.

Yuruk N., Beeth M.E & Andersen C. (2009). Analyzing the Effect of Metaconceptual Teaching Practices on Students' Understanding of Force and Motion Concepts. *Research Science Education*, 39, 449-475.

Yuruk, N. & Eroglu, P. (2016). the effect of conceptual change texts enriched with metaconceptual processes on pre-service science teachers' conceptual understanding of heat and temperature. *Journal of Baltic Science Education*, 15 (6), 693-705.

Zhang Z.H & Linn M.C.(2011). Can generating representations enhance learning with dynamic visualizations? *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (10), 1177–1198.

Zohar A. & Barzilai S. (2013). A review of research on metacognition in science education: current and future directions. *Studies in Science Education*, 49 (2), 121-169.