

Argumentar para aprender ligações químicas: contribuições de uma atividade investigativa

Daniela K. B. da S. Oliveira (PG)^{1*}, Paula C. C. Mendonça (PQ)², Rosária Justi (PQ)¹.

*danielakenia@hotmail.com

1. Programa de Pós-graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901, Belo Horizonte. 2. Departamento de Química, Universidade Federal de Ouro Preto, Morro do Cruzeiro, 35400-000, Ouro Preto.

Palavras-chave: Aspectos energéticos, ligações químicas, argumentação.

Resumo: A utilização de regras para explicar a formação das ligações químicas em detrimento de uma abordagem em termos energéticos tem sido identificada no ensino e em muitos livros didáticos. Tal fato dificulta o entendimento desse tema, pois não fornece uma justificativa satisfatória para a formação e estabilidade das substâncias. Uma proposta de atividade investigativa é apresentada e discutida neste trabalho tendo em vista esse aspecto do Ensino de Química e as possíveis contribuições da argumentação para a aprendizagem do conteúdo e de processos da ciência. Esta atividade visa favorecer o entendimento das ligações químicas a partir de aspectos energéticos envolvidos na formação de substâncias e associados à estabilidade destas em relação aos átomos isolados porque contribui para a integração entre os níveis macroscópico e submicroscópico da matéria. A atividade possibilita aos alunos, além de aprender o conteúdo mencionado, elaborar argumentos, contrapor e avaliar os pontos de vista que emergem ao longo da mesma e trabalhar com justificativas e evidências, bem como diferenciá-los num argumento.

INTRODUÇÃO

Ensino de ligações químicas

O entendimento da formação das ligações químicas constitui uma parte importante no ensino da disciplina Química, pois possibilita a compreensão das propriedades dos materiais e suas aplicações. No entanto, o que tem sido observado no ensino desse conteúdo e em muitos livros didáticos (por exemplo, Mortimer, Mol e Paes, 1994; Taber, 1994; Boo, 1998) é a utilização de regras como explicação para a formação das ligações, sendo desprezados os aspectos energéticos envolvidos na formação das mesmas e que, de fato, possibilitam o entendimento desse conteúdo.

A “regra do octeto” é a explicação mais usada para a formação das ligações, sendo essa abordagem resumida na afirmação de que “os átomos tendem a perder ou ganhar elétrons para adquirir uma configuração eletrônica semelhante à de um gás nobre”. Assim, os alunos associam a estabilidade dos átomos e a formação das ligações exclusivamente à configuração eletrônica do último nível de energia com dois ou oito elétrons, ignorando aspectos energéticos que explicam a estabilidade e, inclusive, podem contradizer a “regra do octeto” (Mortimer *et al.*, 1994). Por exemplo, a formação de um cátion gasoso com configuração eletrônica semelhante a de um gás nobre, como Li^+ , Na^+ ou Mg^{2+} , a partir do átomo gasoso, ocorre com gasto de energia (energia de ionização). Isto é, a espécie formada é mais energética e, portanto, é menos estável do que aquela que não se adequava a “regra do octeto” (átomo na configuração elementar).

Neste artigo é proposta uma atividade que, ao contrário de alguns dos livros didáticos de química, apresenta uma abordagem dos aspectos energéticos envolvidos na formação de substâncias e associados à estabilidade destas em relação aos átomos isolados. Tal abordagem favorece o ensino da formação da ligação química em termos do abaixamento da energia potencial do sistema, apresentando dados numéricos e

gráficos (como por exemplo, o gráfico conhecido como poço potencial¹) que evidenciam as trocas energéticas nesse processo, o que pode ser considerado uma explicação mais satisfatória para justificar a estabilidade das substâncias.

Argumentação

A argumentação é uma prática essencial para o desenvolvimento da ciência, desde a elaboração de modelos² ou teorias a partir da consideração e interpretação de evidências, até a comunicação e compartilhamento desses modelos ou teorias na ciência (Giere, 2001). Também no Ensino de Ciências, as práticas argumentativas merecem destaque. Alguns trabalhos (como, por exemplo, Zohar e Nemet, 2002; Osborne, 2007) mostram que estudantes que se engajam em discussões que buscam o porquê de uma afirmação ser incorreta ao invés de se preocupar apenas com a correta, desenvolvem um melhor entendimento conceitual comparado com outros estudantes que não têm essa oportunidade. Segundo Jiménez-Aleixandre (2008), as atividades que favorecem a argumentação podem ser dirigidas a esse aspecto de forma explícita, por exemplo, quando o professor discute com os estudantes o que seria um argumento, quais seus elementos e pede para eles que os apresentem; ou implícita, quando a argumentação ocorre naturalmente em virtude da oportunidade de expor as explicações, discutir modelos, fazer previsões etc, mas sem que necessariamente o professor comente sobre os componentes do argumento. Essa forma é bastante comum em atividades laboratoriais do tipo investigativa.

No que diz respeito ao desenvolvimento das ciências, a obtenção de dados sejam eles experimentais ou teóricos, constitui uma importante etapa neste processo. Muitas vezes esse é o primeiro passo do pesquisador para a elaboração de hipóteses e explicações para um determinado fenômeno, podendo os mesmos serem utilizados como fundamento para embasar uma conclusão ou um estudo. Tanto as propostas finais quanto as evidências adquiridas em uma etapa inicial do trabalho do pesquisador estão sujeitas à avaliação de outros e, assim, ao processo de argumentação (Latour, 2000).

A partir do momento em que o pesquisador divulga suas ideias em um artigo, dissertação etc. pode se iniciar uma discussão com pessoas de ideias opostas ou que simplesmente não concordem com o que foi publicado. Esse momento é de grande importância para o desenvolvimento científico, pois possibilita ao autor do estudo pensar em novas interpretações não propostas anteriormente. Por isso pode-se afirmar que ao proporcionar oportunidades de prática e desenvolvimento da argumentação nas salas de aula, os alunos estão aprendendo sobre os processos da ciência (produção e interpretação de dados, divulgação ou avaliação de pesquisas científicas) (Driver, Newton e Osborne, 2000; Duschl e Osborne, 2002).

Pensando além dos processos da ciência, pode-se considerar a contribuição de práticas argumentativas para a formação dos alunos como indivíduos conscientes de seus direitos e deveres perante a sociedade, aspecto apresentado como essencial em documentos que propõem diretrizes para o Ensino de Ciências (Millar e Osborne, 1998; Brasil, 2001). Isto porque atividades argumentativas, geralmente, envolvem questões controversas que favorecem o posicionamento fundamentado diante de dilemas que são influenciados por vários campos do conhecimento (Jiménez-Aleixandre, 2010).

¹ Gráfico envolvendo energia potencial em função da distância internuclear.

² Representações parciais de uma ideia, objeto, evento, processo ou fenômeno para um dado sistema que apresenta finalidade específica.

Sabendo-se da relevância da argumentação na ciência e no Ensino de Ciências, nesse trabalho assume-se que um **argumento científico** pode ser definido como uma conclusão devidamente subsidiada por justificativa(s) de natureza empírica e teórica. A conclusão terá um maior grau de força em termos do número e qualidade dos movimentos de conexão (*coordenação, coerência e progressiva construção* das linhas de raciocínio) entre dados e teorias (Kelly, Regev e Prothero, 2008). Por outro lado, em sala de aula os argumentos dos estudantes se diferem do argumento científico por apresentar menor número e menor complexidade das linhas de raciocínio de conexão entre dados e teorias. Em outras palavras, o argumento científico apresenta uma maior convergência entre afirmativas teóricas e evidências para dar mais suporte à conclusão. No ensino (principalmente tratando-se de ensino básico), considera-se que argumentos são satisfatórios quando o aluno é capaz de concluir a partir da conexão de estrutura(s) teórica(s) e alguma(s) evidência(s) relevante(s), porque, geralmente, não se proporciona ao aluno condições de raciocinar com base em vários tipos de dados, assim como o cientista o faz na ciência (até porque, muitas vezes isto seria impossível frente aos conhecimentos prévios dos alunos e situações reais de sala de aula) (Mendonça, 2011). Entretanto, se o ensino for articulado de forma adequada e intensamente (Jiménez-Aleixandre e Erduran, 2008) pode proporcionar ao estudante o desenvolvimento de algumas linhas de raciocínio quando ele é capaz de estabelecer conexões entre suas estruturas teóricas e as evidências.

Nesse trabalho considera-se que **evidência** é uma observação, fato ou experimento que se busca para subsidiar uma afirmativa e mostrar se ela é verdadeira ou falsa. A **justificativa** é considerada o elemento que conecta as evidências com as conclusões. Ela, na ciência, tem relação com os modelos, teorias e explicações científicas. Na Química, em específico, com o nível sub-microscópico da matéria, que é aquele no qual a maioria das explicações dos fenômenos químicos se situam (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Considerando as várias contribuições de práticas e habilidades argumentativas para a formação geral dos alunos – i) em relação à formação de uma consciência crítica; ii) ao conhecimento sobre a ciência e seus processos e; iii) ao conteúdo de ciências (mais especificamente de Química, neste trabalho) – a atividade descrita neste artigo busca favorecer o desenvolvimento dos estudantes no que diz respeito ao processo argumentativo.

OBJETIVO

Apresentar uma atividade para o ensino de aspectos energéticos envolvidos na formação de ligações químicas e discutir algumas características da mesma que favorecem o entendimento do conteúdo envolvido e o desenvolvimento de habilidades argumentativas.

METODOLOGIA

Considerando a relevância do conteúdo de ligações químicas para o entendimento de outros conteúdos na disciplina de Química, as concepções alternativas acerca deste tema (Nakhleh, 1992; Taber, 1994; Boo, 1998) e sabendo das contribuições de atividades investigativas (Wellington, 1998), Mendonça e Justi (2011) desenvolveram uma unidade didática baseada em modelagem (visto as possíveis contribuições dessa para a aprendizagem) (para mais detalhes, ver Justi, 2006) com o objetivo de ensinar o tema ligação iônica. Após várias aplicações da unidade didática e de pesquisas envolvendo a mesma (Mendonça, 2011), foram feitas algumas modificações que resultaram em um grupo de atividades que contemplam além de

aspectos referentes à modelagem³, recursos que promovem a prática da argumentação, de maneira explícita, pelos alunos e professores. Isto porque Mendonça (2011) constatou que a modelagem favorece a argumentação científica dos estudantes. Entretanto, percebeu que em alguns momentos seria importante pedir ao estudante para deixar mais claro suas linhas de raciocínio que o levam a determinadas conclusões e distinguir o que seria uma evidência e o que seria uma justificativa no argumento. Em outras palavras, favorecer o trabalho do professor em sala de aula de modo a dirigir mais a atividade para o desenvolvimento das habilidades argumentativas.

Neste trabalho é apresentada a atividade introdutória dessa unidade didática (intitulada Aspectos Energéticos Envolvidos nas Ligações Químicas). Por isso, ela pode também ser aplicada isoladamente, promovendo a abordagem de conceitos importantes para a compreensão de outros conteúdos em Química, como propriedades das substâncias e reações químicas. Nesse sentido, ela tem um grande potencial para contribuir para o Ensino de Química.

Alguns dos trechos citados nesse trabalho para evidenciar o favorecimento do processo argumentativo foram retirados dos dados referentes à pesquisa de Mendonça (2011), no qual a atividade apresentada foi aplicada⁴.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Descrição geral

Os objetivos gerais dessa atividade são oferecer aos estudantes:

- uma noção geral sobre ligação e energia a partir do relacionamento da quebra de ligações com a absorção de energia e da formação de ligações com a liberação de energia;
- a oportunidade de pensar na relação entre o abaixamento de energia e estabilidade do sistema em função das ligações químicas; e
- a compreensão de ligação química como um equilíbrio de forças atrativas e repulsivas.

Para o desenvolvimento da atividade, é importante que os alunos tenham os seguintes pré-requisitos: fenômenos químicos e físicos; aspectos qualitativos de reações químicas; modelo cinético-molecular; tabela periódica e propriedades periódicas.

A atividade é dividida em três partes: A, B e C. Embora cada aluno deva respondê-las em uma folha individual, as atividades devem ser realizadas em grupo, possibilitando situações para a discussão entre os alunos, isto é, ambientes favoráveis à argumentação, interpretação de evidências, esclarecimento de dúvidas etc. Assim, os alunos têm a oportunidade de elaborar e apresentar ideias mais embasadas, após as discussões.

A Atividade apresenta dois experimentos simples: a queima de uma fita de magnésio (parte A), que pode ser feita de forma demonstrativa pelo professor, e o sistema conhecido como “garrafa mágica”⁵ (parte C). Caso o professor tenha alguma

³ Processo de construção, expressão, reformulação e utilização de modelos.

⁴ Para maiores informações sobre essa aplicação da atividade, este trabalho pode ser encontrado em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/item-author?author=ROSARIA%20DA%20SILVA%20JUSTI>.

⁵Preparo desse sistema: A solução deverá ser colocada em um balão de fundo chato de 500 mL. Deve-se prepará-la dissolvendo-se, em um litro de água, 20 g de hidróxido de sódio, 20 g de dextrose (glicose)

dificuldade para a obtenção desse sistema sugere-se a utilização de vídeo, que pode ser encontrado em sítios da internet⁶.

Essa atividade disponibiliza ou favorece o desenvolvimento de pré-requisitos necessários à construção de modelos para as ligações químicas. Isto porque, ao final da mesma, espera-se que os estudantes possam usar a relação 'menor conteúdo energético, maior estabilidade' (advinda da discussão das observações experimentais) em outras discussões ou atividades que complementem o ensino de ligações químicas. Por exemplo, no caso da unidade didática da qual a atividade aqui apresentada faz parte, essa etapa é essencial para que os alunos, em momentos posteriores, proponham e testem modelos referentes à ligação iônica, podendo assim, recorrer às ideias baseadas em energia e estabilidade adquiridas nesta atividade (Mendonça e Justi, 2011).

Parte A

O quadro 1 apresenta o objetivo de cada questão e alguns pontos importantes relativos ao papel do professor. Como esta é uma atividade de caráter investigativo que, segundo nossos dados, favorece a argumentação, em alguns momentos os alunos podem se esquecer do objetivo das questões em suas proposições, ou mesmo ter dificuldades para entendê-las. Por isso o professor precisa ter clareza em relação às ações que deve executar.

Quadro 1. Detalhamento das questões da parte A.

Questão	Objetivo	Papel do professor
1	Propiciar aos estudantes o entendimento da relação entre a liberação de energia (evidenciada pela luz branca na queima do Mg) e o estabelecimento de novas ligações químicas.	Para ajudar os alunos no estabelecimento da relação entre energia e ligação química, o professor deve direcionar a discussão para o nível submicroscópico da matéria. Ele pode fazer isso solicitando aos alunos que pensem no que ocorre com as partículas envolvidas na reação observada. O professor pode, ainda, destacar as diferenças nas características do Mg e do MgO como evidência da reação química.
2	Explicar a formação de MgO relacionando a reação entre os reagentes e a energia envolvida no processo.	Favorecer o entendimento do processo em termos de energia com questões como: Por que é necessário fornecer energia ao sistema? Por que ocorre liberação de energia? A energia está relacionada com quais aspectos do processo?
3 e 4	Concluir que existem diferentes fontes de energia para iniciar uma reação química.	Questionar os alunos acerca de outras formas de energia, como a elétrica, a eólica, a cinética etc. Um exemplo que pode ser citado para comparar com o experimento do Mg, é a queima de combustíveis em automóveis, nesse caso

e 2 mL de solução a 1% de azul de metileno. O balão deve ser bem tampado de forma que possa ser agitado intensamente. Para que as mudanças de cor ocorram rapidamente, é imprescindível que esta solução tenha sido preparada recentemente.

⁶ <http://pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=184&GARRAFA+AZUL#top>.

		uma faísca elétrica inicia a reação. Além disso, os alunos tendem a pensar que o fogo é o causador do processo e não fonte de energia para ativar a reação. É necessário que o professor faça essa distinção.
5	Estabelecer uma relação entre a estabilidade do Mg e do MgO e energia.	Chamar a atenção dos alunos à relação entre estabilidade e a energia envolvida no processo, pois eles tendem a pensar somente na liberação de energia devido à combustão. O professor pode evidenciar para os alunos que a transformação do Mg em MgO ocorre espontaneamente, mesmo sem a presença de fogo. Para isso pode mostrar fitas de Mg com indícios de oxidação, mostrando que assim o processo é lento, mas também ocorre. Para evidenciar a estabilidade do MgO, o professor pode comparar a intensidade da energia fornecida no início da reação com aquela liberada (luz branca), o que mostra também que a energia absorvida foi muito menor do que a liberada na queima.
6 e 7	Explorar as evidências experimentais que comprovam a estabilidade do MgO em relação ao Mg: liberação de luz e não ocorrência de modificações no aquecimento do MgO.	Durante a discussão dessas questões, o professor pode aproveitar para destacar a importância de evidências não só para entendimento dos alunos, mas também no desenvolvimento da ciência, pois essas são essenciais na argumentação, prática inerente à ciência.
8	Perceber a necessidade de a conclusão ser subsidiada por dados advindos do experimento e por uma justificativa de ordem teórica, que tem a função de conectar os dados à conclusão.	Explicar e exemplificar os elementos de um argumento (evidência, justificativa e conclusão) e em seguida, mostrar como eles se relacionam por meio do esquema apresentado na própria questão (ver anexo).
9	Mostrar a possibilidade de dois pontos de vista bem subsidiados sobre um mesmo tema e possibilitar a um mesmo aluno hipotetizar dois pontos de vista.	Estimular os alunos a pensar acerca de outros pontos de vista, mesmo que eles discordem desses, chamando a atenção para a possibilidade de coexistir duas ideias diferentes acerca de um mesmo fenômeno (ver anexo).
10	Contribuir para a formação de uma opinião final acerca da estabilidade do Mg e MgO.	Auxiliar os alunos no sentido de uma reflexão final sobre estabilidade e energia, se necessário, voltando às discussões feitas, pois as questões anteriores devem contribuir para a fundamentação da conclusão final dos alunos.

O trecho a seguir ocorreu quando um grupo de alunos discutia essa parte da atividade e a professora se aproximou para explicitar o foco da explicação solicitada na questão 1.

Professora: “Por que aparece aquela luz?”

Aluna 1: “É por causa do fogo.” {Ponto de vista 1.}

Professora: “Mas então, eu queimo o papel, não queimo? E aparece uma luz branca? Então é por causa do fogo?” {Refutação ao ponto de vista 1.}

Aluna 1: “É por causa do metal, professora?” {Ponto de vista 2.}

Professora: “Mas o que será que está ocorrendo ali [referiu-se a queima do magnésio] que faz aparecer uma luz?”

Grupo: “Porque ele é um condutor de energia.” [Referiu-se ao magnésio] {Justificativa do ponto de vista 2.}

Professora: “Por que ele é um bom condutor de energia? Bom, então aconteceria isso com qualquer metal?” {Refutação ao ponto de vista 2.}

Grupo: “Não.”

Aluno 2: “Tem a ver com a temperatura de fusão [Referiu-se a temperatura de fusão do magnésio].” {Ponto de vista 3.}

Professora: “Mas aquilo foi uma fusão ou uma reação química?” {Refutação ao ponto de vista 3.}

Aluno 2: “Foi uma reação química.” {Ponto de vista 4.}

Professora: “Não tem a ver com temperatura de fusão, porque ele não está fundindo. Ele está sofrendo uma reação química, formando uma nova substância. {Refutação ao ponto de vista 3.}. Então vocês vão ter que pensar mais um pouco nisso e nas partículas envolvidas.”

Esse trecho é um exemplo de diálogos argumentativos que podem acontecer ao longo do processo. Nele podem ser observados quatro pontos de vista diferentes elaborados pelos alunos desse grupo, sendo três deles acompanhados de justificativas. Ainda que as ideias dos alunos não sejam explicações aceitas cientificamente, elas evidenciam um raciocínio coerente com conhecimento prévio dos alunos, uma vez que os conceitos de reação química ainda não eram claros para os mesmos.

Outro aspecto interessante a ser observado relaciona-se às falas da professora. Os pontos de vista 1, 2 e 3 foram refutados pela professora por não se tratar de uma explicação coerente do ponto de vista científico. Inclusive, o ponto de vista 2 mostrou-se mais coerente após um outro diálogo dos alunos⁷ em que eles afirmaram ter pensado no tungstênio da lâmpada incandescente para estabelecer uma relação entre a condutividade do metal (Mg) e a luz. É válido destacar que as falas da professora buscam conduzir os alunos para o foco da pergunta, contribuindo para que eles se aproximem da explicação correta cientificamente a partir das suas próprias elaborações.

Conforme informado no quadro 1, as questões de 6 a 10 visam, explicitamente, favorecer a argumentação e as habilidades argumentativas dos indivíduos. Elas exigem que os alunos trabalhem, claramente, com os elementos de um argumento: evidência, justificativa e conclusão. Tal ação é relevante, pois segundo Correa (2011) a distinção entre evidências e justificativa é algo complexo mesmo para professores de Química. Além disso, as questões 8 e 9, favorecem aos alunos um melhor entendimento do processo argumentativo. Primeiro, por meio do esquema apresentado na questão 8 (ver Anexo), em que o aluno deve sistematizar suas ideias de forma clara, separando os elementos do argumento (sendo que para realizar tal tarefa ele deve entender bem como esses elementos se relacionam). Segundo, por meio do quadro apresentado na questão 9 (ver Anexo), em que os alunos novamente lidam com os elementos de um argumento, porém, contrapondo dois pontos de vista diferentes, o que é essencial no processo argumentativo.

⁷ Não explicitado aqui na íntegra, mas presente no trabalho de Mendonça 2011, p. 105.

Para o encerramento da parte A, é sugerido ao professor que faça uma discussão com os alunos relacionando as evidências experimentais com o gráfico envolvendo energia potencial em função da distância internuclear (conhecido como poço potencial).

Parte B

A parte B da atividade complementa a anterior no sentido de fornecer mais informações aos alunos sobre as várias formas possíveis em que um elemento pode existir e sobre a estabilidade das substâncias. Porém, nesse caso os alunos devem associar a estabilidade das substâncias às condições ambientes em que elas se encontram, diferentemente da parte anterior em que se pensava somente em energia.

Para introduzir essa atividade, é importante que o professor reveja com os alunos os conceitos de substância simples, composta e mistura.

Quadro 2. Detalhamento das questões da parte B.

Questões	Objetivo	Papel do professor
1	Favorecer a identificação de diferentes formas (mais estáveis) em que se encontram os materiais na Terra.	Questionar os alunos sobre o processo de extração do ouro e do ferro. Isto porque eles costumam conhecer esse processo e conseguir relacioná-lo com a forma em que os elementos são encontrados (mais estáveis). Além disso, é importante questionar sobre as propriedades (cor, brilho, dureza) do ouro e do ferro no minério encontrados na natureza e após o processo de extração e industrialização. Isto pode facilitar para os alunos pensarem na estabilidade do material.
2	Favorecer a percepção de que diferentes condições ambientes (pressão e temperatura, por exemplo) afetam a estabilidade de um material, podendo alterar a forma como o mesmo se encontra.	

Parte C

A parte C apresenta um experimento e questões que devem contribuir para que o aluno estabeleça novas relações entre a energia envolvida nas ligações das substâncias e nas reações como um todo. Além disso, a reação observada na “garrafa mágica” traz evidências para uma nova característica das reações químicas: a reversibilidade. Esse aspecto deve ser destacado, pois uma das concepções recorrentes dos alunos acerca de transformações químicas é, justamente, a irreversibilidade (Nakhleh, 1992). A reversibilidade das reações é explicitamente explorada nas questões 7 e 8, em que o aluno deve estabelecer relações entre os experimentos das partes A e C com a energia envolvida nesses processos. Outros aspectos referente a essa parte são destacados no quadro 3.

Os alunos podem, a princípio, apresentar grande curiosidade em relação às substâncias presentes na garrafa, porém essa informação não é necessária para a execução da atividade. Como os eles ainda não aprenderam ligações químicas (geralmente são estudantes de 1º ou 2º ano do ensino médio), não têm pré-requisitos para entender fórmulas de substâncias orgânicas (que são moleculares). Por isso, a explicação resumida do processo, não deve ser introduzida para eles nesse momento, em que o foco é aprender a base conceitual de *como* uma ligação química se forma.

Quadro 3. Detalhamento das questões da parte C.

Questões	Objetivo	Papel do professor
1 a 6	Assim como na parte A, os esquemas e quadros propostos visam favorecer a explicitação dos elementos de um argumento e mostrar a importância das evidências e justificativas no embasamento de uma conclusão. Em termos do conteúdo, espera-se que os alunos percebam que ocorre uma reação química e que associem a energia fornecida ao sistema a essa transformação.	Chamar a atenção dos alunos para as evidências de uma possível reação, (no caso a mudança de cor), pois esta observação deve ser utilizada para a elaboração do argumento deles. Além disso, os alunos podem ter dificuldade em associar a agitação da garrafa ao fornecimento de energia para o sistema. Neste caso, o professor deve ajudá-los a estabelecer essa relação. Novamente, pode ser que os alunos tenham dificuldade em organizar suas ideias na estrutura de um argumento (evidência, justificativa e conclusão – esquema semelhante ao proposto na parte A) e, portanto, o professor deve ficar atento para auxiliar caso seja necessário.
7	Favorecer a percepção de que os experimentos realizados nas partes A e C são reações químicas, a fim de que consigam estabelecer comparações entre ambos.	Destacar as evidências experimentais de uma reação química observadas nas partes A e C (liberação de energia e mudança de coloração), e as diferenças entre as mesmas (forma da energia fornecida, a reversibilidade ou não da reação etc.).
8	Comparar a diferença de energia entre produtos e reagentes nas reações das partes A e B, perceber a implicação dessa diferença para a reversibilidade das reações.	Enfatizar a diferença de energia envolvida nos dois experimentos, destacando a intensidade da luz liberada na queima do Mg e a mudança de coloração da garrafa somente por meio de agitação. A partir dessas diferenças, o professor pode mostrar que o produto obtido na primeira tem energia muito menor do que os reagentes, em comparação com a diferença de energia entre produtos e reagentes na segunda reação. Essa diferença deve ser associada ao fato da primeira reação ser irreversível, enquanto a segunda ocorre com reversibilidade.

O trecho abaixo exemplifica a elaboração de um argumento por parte de um grupo de alunos ao fazer essa parte da atividade. Os estudantes estão discutindo sobre o número de substâncias presentes na garrafa e mostram não entender o conceito de reações químicas.

Aluna 1: “Eu acho que são duas substâncias {ponto de vista 1}, que estão em repouso as duas. [Quando o sistema não foi agitado – coloração amarela]. No caso aqui [sistema agitado – com coloração azul] elas se misturaram, quando a gente balança há mistura, as substâncias interagem entre si, aí a gente vê mesmo que misturou, e aí que muda de cor.”
 {Justificativa para o ponto de vista 1.}.

- Professora: “Quando a gente agita o que a gente faz?”
Aluna 1: “Ela muda de cor.”
Professora: “Mas por quê?”
Aluna 1: “Por que as duas [substâncias] se misturam.” {Justificativa para o ponto de vista 1.}.
Professora: “Elas já estavam misturadas antes, não estavam?” {Refutação para o ponto de vista 1.}.
(Alunos pensativos)
Professora: “Vocês concordam comigo que misturar tem um significado e reagir tem outro significado? Qual que é a diferença entre misturar e reagir?” {Refutação para o ponto de vista 1.}.
(Alunos pensativos)
Professora: “Acontece alguma coisa com elas que...? Muda o que?”
Aluno 2: “Muda o sistema.”
Aluno 2: “A aparência.”
Professora: “Ok, mudam as características visuais, mas e em termos da representação? Em termos das partículas?”

Como esses alunos não tinham claro o significado de mistura no contexto da química (eles se confundem com os conceitos de misturar e reagir duas substâncias), o raciocínio deles pode ser entendido como estruturado com justificativas, ainda que seja incoerente cientificamente. E mais uma vez, como no outro diálogo mencionado, a professora busca conduzir os alunos aos conceitos cientificamente aceitos, por meio de questionamentos que refutam as ideias incorretas que eles apresentam.

No fechamento da atividade, além de enfatizar a reversibilidade de algumas reações químicas, o professor pode apresentar um gráfico de energia potencial em função do caminho da reação. Esse gráfico é interessante por contribuir para evidenciar, qualitativamente, a diferença de energia entre produtos e reagentes e a energia de ativação nas duas reações químicas observadas. Ainda que o professor opte por não utilizar o termo energia de ativação, essa pode ser apontada no gráfico como a energia necessária para o início da reação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como destacado no início deste artigo, é necessário que a haja mudanças na abordagem do conteúdo de ligações químicas, pois os textos apresentados em livros didáticos para o ensino básico privilegiam a ênfase em aspectos como a tendência de “doar” ou “ganhar” elétrons e a “regra do octeto” para explicar determinadas transformações químicas e a estabilidade das substâncias. Nesse sentido a atividade aqui apresentada, pode contribuir para uma abordagem dos conceitos que, de fato, possibilita a explicação das transformações e estabilidade das substâncias, pois enfatiza os aspectos energéticos envolvidos nessas. Trabalhando dessa forma, espera-se que os alunos entendam mais claramente alguns conteúdos mais abstratos da Química, contribuindo para acabar com a má fama dessa disciplina como algo sem sentido e que exige apenas memorizações de regras (Mortimer *et al.*, 1994).

É válido destacar que para trabalhar com os aspectos energéticos nesta atividade foram utilizados experimentos, relativamente, simples e muito conhecidos pelos professores, sendo o diferencial aqui, a forma como eles foram abordados. Por ser uma atividade de cunho investigativo, ela possibilita ao professor abordar as transformações químicas de maneira diferente da tradicional, em que esses experimentos seriam, provavelmente, verificacionais.

Em relação à argumentação, o detalhamento de alguns aspectos da atividade – como os esquemas e quadros presentes na mesma e os trechos de discussão dos estudantes com a professora – brevemente apresentados aqui buscou evidenciar as possíveis contribuições para a ocorrência e desenvolvimento de práticas

argumentativas pelos alunos. Isto corrobora os resultados alcançados em outros trabalhos que envolveram essa atividade como parte de uma unidade didática para o ensino de ligação iônica (Mendonça, 2011; Mendonça e Justi, 2011) que mostraram tanto os benefícios dessa atividade em relação à argumentação, quanto em relação à aprendizagem dos aspectos energéticos envolvidos na formação de uma ligação química.

Finalmente, acreditamos também que a atividade possa contribuir para que os alunos aprendam mais sobre os processos da ciência. Isto porque ela possibilita aos alunos maior entendimento acerca do processo de elaboração e avaliação de argumentos, a partir do momento em que eles esquematizam suas ideias como evidências, justificativas e conclusões, criam hipóteses contrárias às suas, avaliam pontos de vista diferentes etc. (Jiménez-Aleixandre, 2008; 2010).

BIBLIOGRAFIA

- BOO, H. K. Student's understandings of chemical bonds and energetics of chemical reactions. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 5, p. 569-581, 1998.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais +**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura 2001.
- CORREA, H. L. S. **Análise das capacidades argumentativas de professores de química recém formados na Universidade Federal de Minas Gerais**. 2011. Mestrado Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. **Science Education**, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.
- DUSCHL, R. A.; OSBORNE, J. Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. **Studies in Science Education**, v. 38, p. 39-72, 2002.
- GIERE, R. N. A new framework for teaching scientific reasoning. **Argumentation**, v. 15, p. 21-33, 2001.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Designing Argumentation in Learning Environments. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008. p.91-116.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas**. Barcelona: Graó, 2010. 200
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in Science Education: An overview. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008. p.3-27.
- JUSTI, R. La Enseñanza de Ciencias Baseada en La Elaboración de Modelos. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 24, n. 2, p. 173-194, 2006.
- KELLY, G. J.; REGEV, J.; PROTHERO, W. Analysis of Line of Reasoning in Written Argumentation. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008. p.137-158.
- LATOURET, B. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: UNESP, 2000.
- MENDONÇA, P. C. C. **Influência de Atividades de Modelagem na Qualidade dos Argumentos de Estudantes de Química do Ensino Médio**. 2011. Doutorado Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Contributions of the 'model of modelling' diagram to the learning of ionic bonding: analysis of a case study. **Research in Science Education**, v. 41, p. 479-503, 2011.

MILLAR, R.; OSBORNE, J. **Beyond 2000: Science Education for the Future**. EDUCATION, S. O. London: King's College 1998.

MORTIMER, E. F.; MOL, G.; PAES, L. D. Regra do octeto e teoria da ligação química no ensino médio: dogma ou ciência? **Química Nova**, v. 17, n. 3, p. 243-252, 1994.

NAKHLEH, B. Why some students don't learn chemistry? **Journal of Chemical Education**, v. 69, n. 3, p. 191-196, 1992.

OSBORNE, J. Towards a more social pedagogy in science education: the role of argumentation. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 1, p. 1-17, 2007.

TABER, K. S. Misunderstanding the ionic bond. **Education in Chemistry**, v. 31, p. 100-103, 1994.

WELLINGTON, J. **Practical Work in School Science**. London and New York: Routledge, 1998. ISBN 0-415-17493-7.

ZOHAR, A.; NEMET, F. Fostering Student's Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 1, p. 35-62, 2002.

ANEXO

Esquema de uma argumento proposto na questão 8.



Quadro para expressão de pontos de vista proposto na questão 9.

Conclusão 1:	Conclusão 2:
Justificativa:	Justificativa: