

Forming ChemBonds: um material didático voltado para o ensino de ligações químicas

Bárbara Cristina Tavares Moreira^{1*} (PQ), Lidio Pereira Junior¹ (PG), Carmen Silvia da Silva Sá¹ (PQ). bctmoreira@yahoo.com.br

¹ Universidade do Estado da Bahia (Uneb) – Rua Silveira Martins, 2555, Cabula – CEP: 41150 000, Salvador-Bahia (Brasil).

Palavras-Chave: ligações químicas, material didático, lousa magnética.

RESUMO: A FINALIDADE DESTES TRABALHOS É APRESENTAR O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM MATERIAL DIDÁTICO VOLTADO PARA O ENSINO DE CONCEITOS QUÍMICOS NO ENSINO MÉDIO. O CONTEÚDO ESCOLHIDO FOI SOBRE “LIGAÇÕES QUÍMICAS” EM VIRTUDE DE SUA IMPORTÂNCIA NA COMPREENSÃO DOS FENÔMENOS QUÍMICOS INERENTES ÀS PROPRIEDADES DOS MATERIAIS UTILIZADOS NO COTIDIANO, E DEVIDO ÀS DIFICULDADES ENCONTRADAS PELOS JOVENS NO ENTENDIMENTO DO MUNDO MICROSCÓPICO. PRETENDE-SE QUE OS ESTUDANTES CONSIGAM SE APROPRIAR DE CONCEITOS ABSTRATOS E QUE ESTES POSSAM COMPREENDER – UTILIZANDO O RECURSO VISUAL – OS FENÔMENOS INERENTES À FORMAÇÃO DE LIGAÇÕES IÔNICAS E COVALENTES, ASSOCIADO AO MODELO ATÔMICO DE BOHR. A APLICAÇÃO DO FORMING CHEMBONDS EM SALA DE AULA REVELOU QUE O USO DESSE MATERIAL DIDÁTICO PODE IR ALÉM DO ENSINO SOBRE AS LIGAÇÕES QUÍMICAS, AUXILIANDO A COMPREENSÃO DA ESTRUTURA ATÔMICA, A DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA E A COMPREENSÃO DO PROCESSO DE FORMAÇÃO DE CÁTIONS E ÂNIONS, COM BASE NO MODELO DE BOHR.

INTRODUÇÃO

A ascensão de novas formas de se conceber os processos de ensino e de aprendizagem trouxe consigo a necessidade de uma maior flexibilização das práticas pedagógicas adotadas em sala de aula e de uma maior interação das atividades promovidas pelo professor com o mundo que cerca a escola. Aliado a esse processo, o desenvolvimento e a inserção de novas tecnologias no ambiente escolar possibilitaram, ainda mais, que o contexto externo invadisse o âmbito escolar e o modificasse profundamente. Assim, tendo em vista que o pensamento químico se constitui em uma das formas de se compreender o mundo e que a percepção química do ambiente macroscópico depende, na maioria das vezes, da análise de fenômenos que ocorrem em escala microscópica, é necessário que os estudantes compreendam de forma coerente como ocorrem estes “microfenômenos”.

Dentre esses fenômenos em microescala, estão as ligações químicas que são de fundamental importância para o conhecimento químico, visto que “as propriedades físico-químicas das diferentes substâncias dependem da organização dos seus átomos e, portanto, da natureza de suas ligações” (OSÓRIO, 2005, apud PARIZ, 2011, p. 19). Conforme esta afirmação, entendemos ser necessário que o estudante compreenda de modo significativo este tema, uma vez que o mesmo fornece a base teórica necessária para uma compreensão química do mundo material (COSTA-BEBER; MALDANER, 2009).

No entanto, de acordo com Fernandez e Marcondes (2006), a compreensão dos estudantes com relação à ligação química é, em sua maioria, fruto de concepções alternativas. Esse fato pode ser prejudicial visto que pode levar a conclusões incorretas sobre a estrutura e composição dos materiais que estão presentes no nosso cotidiano.

Entre essas concepções as autoras destacam: a confusão entre a ligação covalente e iônica; e as equivocadas percepções dos processos energéticos envolvidos na formação e no rompimento de ligações químicas (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006).

Além disso, a falta de conexões entre os conteúdos ministrados, a necessidade de elaborações conceituais abstratas e o uso de abordagens inadequadas pelos livros didáticos também estão entre as dificuldades relatadas na literatura para a internalização desse conhecimento pelos estudantes (MELO, 2002; PARIZ, 2011; SILVA; QUADROS; AMARAL, 2009). Essas dificuldades, por sua vez, somam-se aos problemas de entendimento da constituição das ligações químicas, já apontados anteriormente, e constituem-se em obstáculos à aprendizagem.

Na tentativa de superar problemas dos processos de ensino e de aprendizagem, estimula-se o uso de recursos didáticos e de novas tecnologias no ensino de Ciências (BRASIL, 2002). Busca-se, assim, que os estudantes possam desenvolver um pensamento coerente sobre um determinado conteúdo. Essas novas formas de abordagem incluem: jogos, simuladores, vídeos, revistas, manuais, lousas magnéticas, etc.

Nessa perspectiva, a realização de atividades com lousas magnéticas ou quadros imantados, utilizando imagens ou símbolos associados a conceitos químicos, tem como principal benefício possibilitar que o estudante possa se apropriar de conceitos abstratos e apreenda os significados das representações, uma vez que através da manipulação de objetos este poderá compreender, mais facilmente, como ocorre o fenômeno estudado (SANCHES, 2010). Diante do exposto, apresenta-se aqui um material didático (MD) baseado nesse tipo de recurso visual com o objetivo de auxiliar nos processos de ensino e aprendizagem do conteúdo de ligações químicas.

O DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS DIDÁTICOS COM FOCO NO CONTEÚDO DE LIGAÇÕES QUÍMICAS

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) evidenciam a importância do estudo do conteúdo sobre ligações químicas no ensino médio uma vez que, como tema estruturador, este tópico serve de fundamentação para a compreensão de diversos conteúdos (BRASIL, 2002, p.105). Ainda nessa perspectiva, defende-se que esse conteúdo é fundamental, pois:

As ligações químicas representam um assunto de fundamental importância, e seu conhecimento é essencial para um melhor entendimento das transformações que ocorrem em nosso mundo. Algumas substâncias, como as que compõem os alimentos e combustíveis, fornecem energia mediante a quebra e a formação de ligações químicas; outras interagem dando origem a novos compostos ou facilitam a dissolução de resíduos em um meio fluido (solventes, detergentes). Desse modo, a dinâmica das ligações químicas acaba regendo a nossa vida. (TOMA, 1997, p.1, grifo nosso).

Apesar da relevância do tema para o Ensino de Química, conforme visto anteriormente, ao pesquisar referenciais que utilizam o tópico ligações químicas para a construção de materiais didáticos, são encontrados poucos trabalhos. Para Pereira Júnior e colaboradores (2010), a escassez de trabalhos sobre a elaboração de materiais para o ensino de conceitos sobre ligação química se deve ao fato de que é necessário se aprofundar teoricamente sobre essa conceituação para fazer sua transposição didática do ensino superior para o nível médio.

A elaboração de jogos didáticos com o tema ligações químicas é relatada por Soares (2004) e por Focetola e colaboradores (2012) em seus trabalhos, sinalizando

poucas contribuições anteriores. No caso de Soares (2004), o único jogo descrito consiste numa representação da ligação metálica através de bolas de isopor que simulam os elétrons, enquanto cabe aos estudantes o papel de representar o comportamento dos cátions no retículo cristalino do metal. Focetola e colaboradores (2012) descrevem o uso de um jogo de cartas denominado Ligações Químicas. Nele, cada jogador tem como objetivo completar um conjunto de quatro cartas: duas delas simbolizam átomos, uma terceira simboliza a fórmula mínima da espécie formada e a quarta deve apontar qual o tipo de ligação química presente na espécie formada (FERRAZ *et. al*, 2011; PARIZ, 2011). O jogo somente permite a abordagem da ligação iônica e covalente ao contrário de outras propostas que utilizam também a ligação metálica como pressuposto teórico. Além disto, em nossa compreensão ele não fornece subsídios para o entendimento da formação das ligações, imprescindível para que o processo de aprendizagem seja melhor estabelecido através da compreensão, do estudante, sobre o fenômeno microscópico. É um recurso focado para a avaliação ou fixação do conteúdo.

Ainda sobre o conteúdo de ligações químicas podem ser encontrados alguns simuladores, experimentos e vídeos que apresentam modelagens a respeito da formação das ligações químicas em alguns compostos comuns no cotidiano (SILVA, 2013; CUNHA, 2012; EICHER; DEL PINO, 2000). Neste contexto, entendemos que a construção de uma lousa magnética com imagens de átomos e de elétrons que simulam as relações entre os modelos atômicos e as ligações químicas se constitui em um importante instrumento para a assimilação do conteúdo, de modo conveniente, pelo estudante. Além disso, o uso de novos suportes didáticos e da função lúdica inerente às atividades deste tipo pode tornar a aquisição de novos conceitos uma experiência atrativa e motivadora.

USO DE LOUSA MAGNÉTICA NO ENSINO

A utilização de lousas magnéticas no contexto escolar é uma prática relativamente recente. Bersch e Machado (2007) recomendam o uso deste recurso didático como forma de promover a ampliação de uma habilidade funcional deficitária ou de possibilitar a realização de uma função desejada por circunstância de uma deficiência. Assim, segundo as autoras, esse recurso didático funciona como tecnologia assistiva¹ pois viabiliza a aproximação do estudante com o conteúdo escolar – visto que objetiva contornar uma deficiência que este apresenta.

No âmbito das Ciências Naturais, ainda são poucos os trabalhos que apresentam os quadros magnéticos como recursos facilitadores da aprendizagem. Em sua pesquisa, Azevedo (2012) propõe o uso de uma lousa magnética como recurso instrucional para o professor de física utilizar em sala de aula no ensino de conceitos de óptica a estudantes portadores de deficiência visual. Da Silva e colaboradores (2013), utilizam o quadro magnético para o ensino de conceitos iniciais inerentes ao conhecimento químico. Nesse trabalho, os autores relatam experiências em sala de aula que demonstram a importância deste recurso didático na aquisição de conceitos abstratos pelos estudantes.

¹ Tecnologia Assistiva (TA) é um termo, utilizado para identificar todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e, consequentemente, promover vida independente e inclusão (BERSCH; TONOLLI, 2006).

Além de todos os motivos destacados, o uso das lousas magnéticas na escola é importante, pois contribui para a criação de um ambiente lúdico nas salas de aulas, o que pode favorecer a aprendizagem. Sobre esse assunto Soares (2004) destaca que:

O manuseio é uma interação muito positiva, o que pode marcar em menor ou maior grau a pessoa. Ele é importante a medida que proporciona um acesso lúdico ao conhecimento, implícito no material. A interação física e motora admite uma correspondência intelectual, pois na medida que a pessoa opera e manuseia um brinquedo ou simulador ou participa de uma atividade lúdica, sua atuação está voltada para si, como pessoas, e não para o brinquedo, afinal, quem se diverte é a pessoa e não o brinquedo (SOARES, 2004, p.55).

A partir da reflexão do autor, podemos notar que as atividades que envolvem o manuseio de objetos podem desenvolver nos indivíduos a aquisição de habilidades intelectuais por meio de um ambiente divertido, o que pode facilitar a aprendizagem. Entretanto, Cunha (2012, p. 98) alerta para o fato de que “as atividades lúdicas devem ser mais bem estudadas e vivenciadas por parte de professores e de pesquisadores da área de Educação Química”, pois o uso de um recurso lúdico não necessariamente implica na mudança de postura do professor ou na aprendizagem significativa dos estudantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento deste material didático demandou certas etapas que são descritas a seguir. Inicialmente, foi feito um levantamento de referenciais que empregam o conteúdo de ligações químicas no contexto da construção de materiais didáticos voltados para o Ensino Médio.

Em seguida, foram levantados dados a respeito: da abordagem do conteúdo em livros didáticos do Ensino Médio; das espécies químicas em que é possível explicar a ligação química existente com base no modelo atômico tomado como referência; da concepção dos processos de liberação de energia na formação de ligações; da concepção de ligação química pelo modelo atômico de Bohr; e de como, geralmente, são feitas as comparações entre as ligações iônicas e covalentes nos livros didáticos. Com esses subsídios, foram construídas algumas representações (modelos) através do *software* CorelDRAW X5® – a partir de modelos encontrados em livros didáticos. Após a finalização dos recursos gráficos, as representações foram impressas em papel adesivo brilhante, coladas sobre uma superfície de aço inox e recortadas em formato de um círculo com 23 cm de diâmetro.

Em seguida, esses círculos foram colados em mantas magnéticas do tipo veicular e recortou-se novamente em formato circular. Depois, foi adquirida uma placa metálica com dimensão aproximada de 1 m² em que a adesão dos círculos foi testada. Por fim, o material didático (composto por placa metálica e modelos circulares magnetizados) foi aplicado em uma turma do ensino médio para a avaliação de sua eficácia no que tange ao Ensino de Química.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL DIDÁTICO

Para desenvolver o *Forming ChemBonds* – constituído de uma lousa magnética ou quadro imantado para auxiliar no ensino de ligações químicas, através de modelos bidimensionais impressos em papel adesivo e manta magnética – foram analisados alguns livros didáticos para identificar qual o modelo atômico mais atualizado e com um maior nível de aprofundamento que é ministrado nas escolas

públicas de ensino médio, chegando-se a conclusão que o modelo de Bohr é o mais adequado para o uso neste material didático. Entendemos que apesar de apresentar algumas limitações, este modelo ainda é bastante utilizado devido a características como: a simplificação na explicação de fenômenos, aliada à adoção de aspectos que permanecem válidos na mecânica quântica; a possibilidade de uso de diversas analogias que aproximam o conteúdo da realidade do estudante; e a possibilidade de abordagens mais apropriadas de temas abstratos (SOUZA; JUSTI; FERREIRA, 2006; PEDUZZI; BASSO, 2005).

Após a definição do modelo atômico que seria utilizado no MD, foram determinadas quais substâncias poderiam ter as ligações químicas satisfatoriamente explicadas com o auxílio deste material e com base na regra do octeto – conceito oriundo da teoria de ligação química associada a Lewis, bastante utilizado nos livros didáticos do ensino médio e teoricamente coerente com o modelo atômico de Bohr (PESSOA JR., 2007). A partir dessa sondagem prévia, buscou-se explicar a formação de uma ligação iônica através da representação da atração que ocorre entre um cátion e um ânion no retículo cristalino das seguintes substâncias compostas: LiF, LiCl, LiBr, NaF, NaCl, NaBr, KF, KCl, KBr, MgS, MgO, BeS, BeO. Para exemplificar a formação das ligações covalentes utilizou-se da representação de moléculas: constituintes de substâncias simples (H_2 , F_2 , Cl_2 e Br_2) e de substâncias compostas (HF, HCl e HBr).

Depois de adquiridos esses e outros elementos teóricos necessários à etapa de construção do material didático, pôde-se então realizar efetivamente sua construção. Desta maneira, através de imagens do modelo atômico de Bohr encontradas nos livros didáticos e com o auxílio do *software* CorelDRAW X5® foram construídos modelos que ilustram: as camadas eletrônicas; o átomo de hidrogênio; e os demais átomos. Os três modelos estão representados, respectivamente, nas Figuras 01, 02 e 03, a seguir:

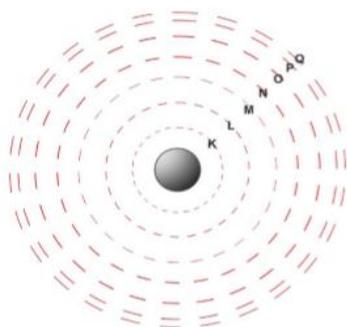


Figura 01 – Representação do modelo de Bohr com as Camadas Eletrônicas.

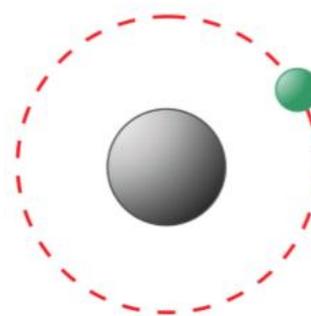


Figura 02 – Representação do modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio.

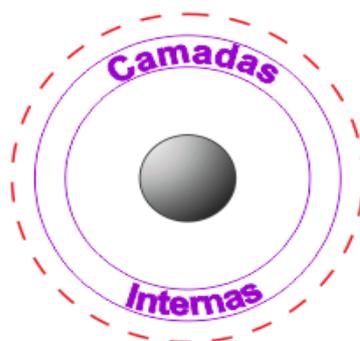


Figura 03 – Representação, no MD, do modelo de Bohr para os demais átomos.

Na Figura 01 é possível perceber a representação das sete camadas de acordo com o modelo de Bohr e as diferenças energéticas aproximadas entre cada uma destas. Neste momento cabe ressaltar que, assim como nas demais ilustrações, na representação foram utilizadas cores-fantasia apenas com o intuito de facilitar a compreensão, por parte dos estudantes, dos modelos desenvolvidos. Na Figura 02, o átomo de hidrogênio foi representado também com base na descrição do modelo de Bohr. A Figura 03 mostra a representação para os demais átomos presentes nas espécies escolhidas e, através dela é possível notar que há um anel de cor roxa que representa as camadas mais internas do átomo. Essa estratégia foi adotada para a simplificação e melhor visualização dos modelos, visto que a representação das demais camadas não teria nenhum impacto sobre o entendimento do fenômeno abordado² e sua demonstração, apenas implicaria em prejuízos visuais às representações.

Quanto ao uso de símbolos, representações e imagens no contexto do ensino e da aprendizagem, Silva (2013) salienta que a utilização apropriada desses recursos desempenha um papel fundamental no processo de aprendizagem. Segundo a autora, a exploração dos recursos visuais em sala de aula promove a compreensão de muitos conceitos abstratos na medida em que oferece recursos concretos ao estudante. Ainda nesse sentido, Gibin e Ferreira (2013) enfatizam que o uso de imagens que apresentam os diferentes níveis de representação do conhecimento químico (o macroscópico, o microscópico e o simbólico) potencializa os benefícios do emprego dos recursos visuais para a aprendizagem. Segundo os autores esta associação colabora com a compreensão de fenômenos químicos ao possibilitarem a visualização de espécies que não podem ser observadas ou que são abstratas.

A partir desses dois referenciais ratificamos nossa concordância sobre a importância que os símbolos e representações têm na interpretação e compreensão dos fenômenos químicos. Porém, é necessário que a utilização de imagens, símbolos ou representações pelo professor possa ter um objetivo estabelecido e uma relação clara com sua função didática, pois o uso de imagens sem uma função delimitada pode levar a banalização deste recurso – a imagem torna-se apenas uma ilustração sem significação para o estudante.

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO COMO RECURSO DIDÁTICO

Após a finalização das etapas de idealização, elaboração da proposta e construção do material didático, o mesmo foi aplicado em uma turma 2º ano do Ensino Médio do Colégio Polivalente do Cabula. Isso ocorreu com o intuito de analisar a eficácia de alcance dos objetivos traçados para sua utilização em sala de aula, permitindo a sua avaliação, no sentido de aperfeiçoar o recurso buscando melhorias ao ensino do tema ligações químicas.

A etapa de aplicação de materiais didáticos é descrita na literatura seja como meio de avaliar a interação dos estudantes com o recurso, como veículo de resposta aos objetivos planejados, como forma de observação do nível de adequação do material à proposta de ensino e de aprendizagem ou como meio de propor ajustes que

² Tendo-se em vista que no material didático apresentado a formação de ligações químicas teve-se apenas à combinação entre elementos representativos da Tabela Periódica, a representação da última camada torna-se suficiente para explicar o fenômeno abordado.

visem aumentar as potencialidades do material didático (CANDIDO *et al.*, 2012; ZANON, 2010).

Com base neste aporte teórico, foi preparada uma aula (com duração de 50 minutos) em que a lousa magnética foi utilizada como recurso para o ensino sobre ligações químicas. A aula foi iniciada com questionamentos aos estudantes sobre o conhecimento prévio destes quanto ao conteúdo da aula. Em seguida, foi solicitado que estes anotassem em uma folha em branco qual era a concepção a respeito do conteúdo. Nesse momento, as respostas dadas às perguntas nos mostraram que uma grande parte dos estudantes lembrava muito pouco do conteúdo ou, de fato, não sabia do que se tratava. Além disso, entre aqueles que se recordavam do conteúdo, havia uma parcela que fazia uma associação da ligação química com a estrutura atômica e outra que apresentava concepções alternativas a respeito do conteúdo. Alguns dos depoimentos que retratam esta situação são mostrados a seguir:

Pergunta: O que vocês entendem por ligação química? (Escrevam o que “vem” à cabeça de vocês quando me refiro a este conteúdo).

Estudante 1: “Não vem nada na minha cabeça, dá um branco, nunca dei essa matéria direito.”

Estudante 2: “Íons, prótons, elétrons, átomos.”

Estudante 3: “Vem na minha cabeça misturas químicas, misturas de elementos atômicos, uma complicação de átomos em união.”

Estes depoimentos reforçam os problemas apontados nos referenciais teóricos sobre o ensino de ligações químicas e destacam a importância do ensino e do aprendizado deste conteúdo. Isso se faz necessário não somente para a compreensão dos demais conceitos químicos, mas também para tentar compreender a correlação entre o conhecimento químico e o conhecimento de senso comum que os estudantes trazem a respeito de materiais que são habituais em seu dia-a-dia.

Em seguida, na tentativa de vincular os conceitos básicos requeridos para a compreensão das ligações químicas e propor uma hierarquia baseada na conexão entre os assuntos, perguntou-se aos estudantes: se estes compreendiam o que eram os átomos, quais as características do modelo atômico de Bohr e quais eram as propriedades periódicas mais importantes para que se compreenda a formação das ligações químicas. Nessa ocasião nenhum deles apresentou uma resposta verbal e a sala ficou em silêncio.

Diante desse panorama, a abordagem do conteúdo foi iniciada usando-se a primeira representação do material didático – Figura 01: o modelo atômico de Bohr e as camadas eletrônicas. Foram abordados conceitos básicos de estrutura atômica, tais como: composição do núcleo e da eletrosfera; e a distribuição eletrônica em camadas. Depois, foi distribuída para os estudantes uma tabela periódica e foram conceituadas duas das propriedades periódicas dos átomos: a Energia de Ionização (EI) e a Afinidade Eletrônica (AE), ressaltando-se sua variação em função das características dos grupos ou famílias, destacando a existência de irregularidades observadas nas tendências dessas propriedades e a importância desses conceitos para nortear a análise do tipo de ligação química que poderia ser estabelecida. Nessa etapa da aplicação, ficou evidente que o material proposto possibilitava a explicação de outros conteúdos (como os citados anteriormente), o que é uma potencialidade não imaginada durante a elaboração da proposta.

Após a discussão destes conceitos preliminares, foi iniciada a explicação sobre o conteúdo de ligações químicas. Com isso, as demais representações do material didático foram explicadas, sempre utilizando a lousa magnética para mostrar a formação da ligação iônica e da ligação covalente.

Na tentativa de facilitar o entendimento e a manipulação das representações pelos estudantes foi desenvolvida uma sequência de cinco passos que lhes permitiam avaliar as características das espécies químicas e os capacitava a simular a formação de ligações químicas utilizando as representações do material didático. Os cinco passos são descritos a seguir:

1. Identificar quais eram os átomos de referência indicados na fórmula química apresentada;
2. Localizar cada átomo de referência na tabela periódica e determinar a quantidade de elétrons na camada de valência (outro conceito discutido a partir da Figura 03);
3. Verificar qual a tendência de cada átomo quanto à formação de cátions ou ânions (a partir da análise das propriedades periódicas EI e AE);
4. Representar nos modelos (círculo magnético), Figura 02 ou 03, os átomos de referência;
5. Formar a ligação química e identificá-la como: iônica ou covalente.

Por exemplo, foi discutida a ligação química estabelecida entre um cátion e um ânion na substância NaCl. Seguindo os cinco passos descritos acima (tendo como átomos de referência os átomos de sódio e de cloro), representou-se a formação dos íons e a interação eletrostática que promove a ligação iônica entre os mesmos. Na explicação da ligação covalente foi utilizada a molécula Cl₂ e, a partir das propriedades periódicas do átomo de referência (o átomo de cloro), foi possível justificar o compartilhamento dos elétrons e a formação da molécula de cloro. Estes exemplos propiciaram estabelecer uma diferença entre os dois tipos de ligação apresentados, através da análise da EI e AE dos átomos de referência.

Posteriormente aplicou-se uma dinâmica em que os estudantes, dois a dois, selecionaram uma espécie química (dentre as propostas na atividade) e fizeram a representação na lousa magnética. Embora necessitassem da mediação do aplicador para a realização da atividade proposta, o desempenho dos estudantes com o recurso didático foi muito satisfatório. Por fim, foi solicitado aos estudantes que avaliassem o material didático apresentado e anotassem em uma folha de papel qual a sua concepção sobre as ligações químicas, após a atividade.

Em geral, os estudantes declararam que gostaram da atividade e avaliaram o recurso didático utilizado como facilitador da aprendizagem do conteúdo uma vez que, ao praticar o que era mencionado e utilizar imagens, eles puderam ter uma melhor compreensão do fenômeno. Os seguintes depoimentos fornecem um panorama das suas expressões:

Estudante 4: “Eu gostei da forma do ensino de ligação química que usou ilustração. Aprovo a forma de ensino, pois aprendi que na ligação química tem dois tipos: tem a atração e o compartilhamento de elétrons.”

Estudante 5: “Eu gostei do modelo, ficou bem mais simples o modo de aprender.”

Estudante 6: “Eu gostei, ele explicou só uma aula, mas o que ele explicou foi como se tivesse sido uma semana de aula.”

Estudante 7: “Eu gostei da aula porque muitas coisas eu não sabia, gostei muito da explicação.”

Sobre a avaliação, Leffa (2003) aponta que esse momento é crucial no desenvolvimento de um material didático, pois é nessa etapa que o professor assume

uma postura reflexiva – a partir da resposta dos estudantes – que lhe permitirá fazer reformulações em aspectos do material didático que não apresentaram os resultados esperados. Para Vilaça (2010):

“A avaliação é o julgamento do material, em geral para fins de adoção, com base em critérios, necessidades, características e objetivos da situação-alvo. Busca-se com a avaliação verificar a qualidade, as potencialidades, vantagens e desvantagens do material. (VILAÇA, 2010, p.70).”

Diante dessas considerações, em nossa análise, é possível destacar que o material didático possui relevância para o ensino das ligações químicas, pois o mesmo pode contribuir para que os estudantes aprendam o conteúdo de forma mais satisfatória – visto que durante a atividade proposta, estes apresentaram domínio de alguns conceitos que antes mencionavam não possuir. Além disso, durante a aplicação em sala de aula, conseguimos verificar que o uso das representações possibilitou que os nossos objetivos fossem alcançados, o que corrobora a potencialidade desse material didático. No entanto, a aplicação do material também permitiu a reflexão orientada ao desenvolvimento de melhorias, como um aperfeiçoamento na representação de cátions e ânions e quanto a alguns aspectos conceituais como, por exemplo, a formação destas espécies e uma melhor discussão sobre o fato de que nas duas situações existe a atração eletrostática; a necessidade da ênfase neste aspecto que ficou evidenciado pela resposta da Estudante 4.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino do tema ligações químicas no ensino médio é muitas vezes dissociado do restante do conhecimento químico e compreendido de forma equivocada. Diversos fatores podem estar relacionados a essa situação como, por exemplo: a dificuldade na apropriação de conceitos abstratos, a ausência de conexões entre os assuntos abordados em sala de aula e o uso de estratégias e abordagens impróprias ou inadequadas pelos professores.

Diante dessa realidade, o material didático (MD) apresentado neste trabalho, ao propor o uso de representações ou modelos para o ensino do conteúdo mencionado, se constitui em um recurso que poderá contribuir para se alcançar resultados significativos de aprendizagem.

Com a aplicação deste MD em sala de aula foi possível corroborar que lousas magnéticas são importantes instrumentos na aquisição de conceitos, pois permitem ilustrar fenômenos, facilitam a compreensão de conceitos abstratos, estabelecem conexões entre assuntos e criam um ambiente propício à aprendizagem. Os estudantes demonstram interesse em manusear o material colocando-se à disposição da discussão. Outro ponto de destaque para nosso propósito. Além disso, pôde-se perceber que quando este recurso didático está associado a conteúdos estruturantes (como as ligações químicas), as potencialidades do material didático são valorizadas substancialmente podendo trazer benefícios à aprendizagem dos estudantes.

Porém, cabe ressaltar que, para a validação deste material didático ainda serão necessários alguns ajustes em sua estrutura e a realização de mais aplicações, que permitirão avaliar melhor a sua eficácia para o ensino e a aprendizagem do tema ligações químicas e, também, se ele tem potencial para ser aplicado com o mesmo objetivo a conteúdos não explorados nesse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, A. C. **Produção de material didático e estratégias para o ensino de física para os portadores de deficiência visual**. Rio de Janeiro, RJ, 2012. 76f. Dissertação (mestrado em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)**: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, Secretaria da Educação Média e Tecnológica, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 08/05/2014.

BERSCH, R.; MACHADO, R. Atendimento educacional especializado para a deficiência física. In: SCHIRMER, C. R.; BROWNING, N.; BERSCH, R.; MACHADO, R. **Atendimento educacional especializado**: deficiência física. SEESP/SEED/MEC. Brasília, 2007, p. 27-28.

BERSCH, R.; TONOLLI, J. C. Introdução ao conceito de tecnologia assistiva e modelos de abordagem da deficiência. In: Site "Bengala Legal". Desenvolvido por Éfeso Eduardo Gonçalves, 2006. Reúne artigos sobre acessibilidade. Disponível em: <<http://www.bengalalegal.com/>>. Acesso em: 02/08/2014.

CANDIDO, C.; PRAMPERO, A. C.; SOARES, C. A. P.; GOMES, T. H. P. Recursos de ensino e aprendizagem: elaboração de um material didático sobre o tema artrópodes destinado a s do ensino fundamental e médio. **Cadernos da Pedagogia**, v. 5, n. 10, 2012.

COSTA-BEBER, L. B.; MALDANER, O. A. Níveis de significação de conceitos e conteúdos escolares químicos no ensino médio: compreensões sobre ligações químicas. **VIDYA**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 97-114, 2009.

CUNHA, M. B. Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 92-98, maio, 2012.

DA SILVA, J. S.; DA COSTA. E. P.; FERREIRA, J. M. G. O.; DOS SANTOS, S. R. B.; DOS SANTOS, M. L. B.; LORENZO, J. G. F. Aprendendo química de forma interativa com o auxílio de uma lousa magnética. In: Reunião Anual da SBPC, 65, 2013, Recife. **Anais eletrônicos...** Recife: 65ª RASBPC, 2013. Disponível em: <<http://www.sbpnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/3957.htm>>. Acesso em: 02/08/2014.

EICHER, M.; DEL PINO, J.C. Carbópolis: um software para educação química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 11, p. 10-12, maio, 2000.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligação química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 24, p. 20-24, nov., 2006.

FERRAZ, V. G. L.; OLIVEIRA, M. A. L.; LOPES, J. G. S. Uno químico: o lúdico no auxílio ao ensino de ligações químicas. Florianópolis. **Anais da 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, 2011.

FOCETOLA, P. B. M.; CASTRO, P. J.; DE SOUZA, A. C. J.; GRION, L. S.; PEDRO, N. C. S.; IACK, R. S.; DE ALMEIDA, R. X.; DE OLIVEIRA, A. C.; DE BARROS, C. V. T.; VAITSMAN, E.; BRANDÃO, J. B.; GUERRA, A. C. O.; DA SILVA, J. F. M. Os jogos educacionais de cartas como estratégia de ensino em química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 248-255, nov., 2012.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Avaliação dos estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar no ensino de conceitos químicos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 19-26, fev., 2013.

LEFFA, V. J. Como produzir materiais para o ensino de línguas. In: _____. **Produção de materiais de ensino: teoria e prática**. 2. ed. Pelotas: Educat, 2003, p. 13-38.

MELO, M. R. **Estrutura atômica e ligações químicas – uma abordagem para o ensino médio**. Campinas, SP, 2002. 128f. Dissertação (mestrado em Química). Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP.

PARIZ, E. **Ligação Metálica: uma proposta de material didático de apoio ao professor em sala de aula/UnB**. Brasília, DF, 2011. 261f. Dissertação (mestrado Profissional em Ensino de Ciências). Universidade de Brasília, UnB.

PEDUZZI, L. O. Q.; BASSO, A. C. Para o ensino do átomo de Bohr no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, out.-dez. 2005.

PEREIRA JÚNIOR, C. A.; AZEVEDO, N. R., SOARES, M. H. F. B. Proposta de ensino de ligações químicas como alternativa a regra do octeto no ensino médio: diminuindo os obstáculos para aprendizagem do conceito. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 2010, Brasília. **Anais eletrônicos...** Brasília: UnB/IQ, 2010. Disponível em: <<http://www.xvneq2010.unb.br/resumos/R0203-1.pdf>>. Acesso em: 09/05/2014.

PESSOA JR., O. A representação pictórica de entidades quânticas na química. **Química Nova na Escola**, n. 7, dez. 2007.

SANCHES, J. M. P. C. **A Inclusão De s Com Necessidades Educacionais Especiais Na Classe Comum**: em foco a paralisia cerebral. Maringá, PR, 2010. 17f. TCC (Graduação em Pedagogia). Universidade Estadual de Maringá, UEM.

SILVA, D. C.; QUADROS, A. L.; AMARAL, L. O. F. Os metais e a ligação metálica na dinâmica dos livros didáticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienepec/pdfs/246.pdf>>. Acesso em: 08/05/2014.

SILVA, G. S. **A abordagem do modelo atômico de Bohr através de atividades experimentais e de modelagem**. Santa Maria, RS, 2013. 216f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM.

SOARES, M. H. F. B. **O Lúdico em Química**: jogos e atividades aplicados ao ensino de química. São Carlos, SP, 2004. 203f. Tese (doutorado em Ciências). Universidade Federal de São Carlos, UFSCar.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. **Rev. Investigações em Ensino de ciências**, v. 2, n. 1, 2006.

TOMA, H. E. Ligação química: abordagem clássica ou quântica? **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 6, nov. 1997.

VILAÇA, M. L. C. Materiais didáticos de língua estrangeira: aspectos de análise, avaliação e adaptação. **Revista Eletrônica do Instituto de Humanidades**, v. 8, n. 32, 2010.

ZANON, D. A. V.; GUERREIRO, M. A. S.; OLIVEIRA, R. C. Jogo didático ludo químico para o ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos: projeto, produção, aplicação e avaliação. **Ciência e Cognição**, Rio de Janeiro, v. 13 (1), p.72-81, 2008.