

ENSINO E APRENDIZAGEM DE ESTEQUIOMETRIA: ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES DE UMA ATIVIDADE COM MODELOS MOLECULARES DESENVOLVIDA NO PIBID

Stoichiometric teaching and learning: Analysis of the contributions and limitations of an activity with molecular models developed at PIBID

Camila Silveira da Silva [camila@quimica.ufpr.br]

Universidade Federal do Paraná - Depto de Química – UFPR

Av. Francisco H. dos Santos, 100. Jardim das Américas. Curitiba, PR

Évelin Carolina Sgarbosa [velinsgarbosa@hotmail.com]

Gabriela Agostini [gabrielaagostini1@hotmail.com]

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Instituto de Química – Unesp

Rua Prof. Francisco Degni, 55. Quitandinha. Araraquara, SP

RESUMO

Com o intuito de contribuir para o ensino de estequiometria, o grupo PIBID Química desenvolveu uma atividade sobre balanceamento de equações com utilização de modelos moleculares. Este artigo buscou analisar essa atividade de três diferentes formas: desempenho dos alunos do ensino médio, perspectivas dos licenciandos e das professoras supervisoras do projeto. Os resultados indicam um desempenho satisfatório dos alunos na atividade, e as principais dificuldades relacionavam-se ao balanceamento de equações com coeficientes estequiométricos fracionários. Além disso, a atividade se mostrou uma estratégia importante para o ensino e aprendizagem de estequiometria, principalmente quanto à compreensão da simbologia química, ao entendimento dos coeficientes estequiométricos nas reações e a associação entre os níveis submicroscópico e simbólico.

Palavras-Chave: estequiometria, modelos moleculares, PIBID.

ABSTRACT

With the intention of contributing to the teaching of stoichiometry, the group known as PIBID Química developed an activity about equation balancing with the utilization of molecular models. This article aimed to analyze this activity in three different ways: high school student's performance and perspectives from the undergraduates and the project supervising professors. The results show a satisfactory performance of the students in this activity, and the main issues were related to the balancing of equations with fractional stoichiometric coefficients. Besides, the activity has proven to be an important strategy for the teaching and the learning of stoichiometry, mainly from the comprehension of the chemical symbols to the understanding of the stoichiometric coefficients in the reactions, and the association between the sub-microscopic and the symbolic levels.

Keywords: stoichiometry, molecular models, PIBID.

INTRODUÇÃO

Ao longo do Ensino Médio (EM), diversos conteúdos das disciplinas Física, Química e Matemática são tratados com demasiada utilização de fórmulas prontas, causando uma mecanização na resolução de problemas em detrimento do entendimento dos conceitos e princípios neles envolvidos (HARTWIG, 1984). Neste artigo destacamos, na Química, o ensino da estequiometria, que consiste na interpretação quantitativa das reações químicas representadas por fórmulas e

equações, e envolve diversos conceitos matemáticos e abstratos, apontado, muitas vezes, por alunos e professores, como o maior obstáculo para aprender esse conteúdo. Para o entendimento da estequiometria é fundamental que os estudantes compreendam as relações existentes nas transformações químicas, percebam que as mudanças observadas nessas transformações são consequências dos rearranjos entre os átomos, e reconheçam as entidades que se transformam e as que permanecem constantes (MORTIMER E MIRANDA, 1995).

Entretanto, na maioria das vezes, ao ensinarem estequiometria os educadores têm privilegiado os aspectos matemáticos desse conceito e o uso de fórmulas e equações, relegando o estudo dos fenômenos envolvidos nas transformações químicas e das interpretações desses fenômenos, levando os alunos a desenvolverem “raciocínio lógico-matemático com a finalidade exclusiva de mecanizar os procedimentos para a solução de problemas envolvendo os aspectos quantitativos dos fenômenos químicos” (Migliato Filho, 2005, p.3). Isso pode gerar dificuldades que se refletem na aprendizagem de diferentes conceitos ao longo do Ensino Médio.

Segundo Johnstone (1993), o conhecimento químico é constituído por três níveis: a) o macroscópico, que corresponde a fenômenos perceptíveis, que podem ser vistos e mensurados; b) o submicroscópico, que corresponde às entidades abstratas, como átomos, moléculas etc; e c) o simbólico, que diz respeito a fórmulas químicas, equações, manipulações matemáticas etc.

O autor afirma ainda que a compreensão da Química ocorre quando o estudante consegue transitar entre os três níveis. Dessa forma, podemos identificar que outro problema relacionado ao ensino de estequiometria está nas abordagens utilizadas (ou não utilizadas) para explicar os fenômenos submicroscopicamente (MIGLIATO FILHO, 2005). Considerando que esse nível de aprendizagem exige maior abstração por parte dos alunos é fundamental que o professor utilize diferentes materiais didáticos para explicar o conteúdo, possibilitando uma melhor compreensão do fenômeno químico.

Dentre os materiais didáticos disponíveis atualmente para o docente estão os Cadernos do Aluno e do Professor, elaborados segundo o Currículo do Estado de São Paulo. Uma breve análise desse Caderno para a disciplina de Química indica que o estudo da Estequiometria se inicia no 1º ano do Ensino Médio, a princípio, no 3º Bimestre quando são abordadas as representações das transformações e estuda-se o balanceamento das equações químicas. No 4º Bimestre são vistas as relações quantitativas envolvidas nas transformações químicas e finaliza-se o estudo da estequiometria e conceitos relacionados no 1º Bimestre do 2º Ano do Ensino Médio quando as relações estequiométricas são usadas para calcular concentração de soluções (SÃO PAULO, 2011).

Além dos Cadernos (SÃO PAULO, 2011), os professores dispõem também de livros didáticos, que são ferramentas importantes para o ensino e aprendizagem dos conteúdos. Em relação ao ensino de estequiometria e outros conceitos relacionados ao seu entendimento, os cinco livros selecionados pelo Programa Nacional do Livro Didático (2012)¹ para o Ensino Médio procuram trabalhar esses temas nos volumes iniciais, como o livro “Química na Abordagem do Cotidiano” (PERUZZO & CANTO, 2010) que apresenta o assunto em 4 capítulos do volume 1. O livro “Química” (MACHADO & MORTIMER, 2011) aborda o tema em 2 capítulos do primeiro volume. O terceiro livro didático, “Química para a nova geração: Química cidadã” (MÓL & SANTOS (Coords.), 2010) contém um capítulo destinado ao assunto no primeiro volume da série. Já o livro “Ser protagonista – Química” (LISBOA (Org.), 2010) dedica 3 capítulos para tratar do assunto no volume 1. E por fim, o livro “Química: Meio Ambiente, Cidadania, Tecnologia” (FONSECA, 2010)

¹ Essa versão do PNLD era vigente na época de aplicação da Atividade da Molécula que é o objeto de estudo do presente texto.

apresenta o conteúdo em dois capítulos, sendo um no volume 1 e o outro no segundo volume. Pode-se notar que o tema é explorado por todos os livros didáticos e de forma diversificada são abordados os aspectos qualitativos e quantitativos da estequiometria.

Os materiais didáticos aproximam o ensino da realidade do aluno, despertam o interesse e motivam-no a participar da aula, além disso, eles ilustram e concretizam o que é exposto pelo professor e são excelentes auxiliares da aprendizagem (OLIVEIRA, 2012). No entanto, poucos materiais didáticos possibilitam uma abordagem da estequiometria que diminua seu caráter abstrato. Uma alternativa é que, no processo de ensino e aprendizagem, bem como no desenvolvimento da Ciência em geral, utilizem-se modelos para representar macroscopicamente fenômenos dos quais é possível perceber apenas suas manifestações visíveis. Porém, enquanto Modelos para a Ciência possuem o objetivo de “contribuir para a construção de teorias”, Modelos para o Ensino de Ciências apresentam “uma série de objetivos pedagógicos para facilitar a compreensão da Ciência” (OLIVEIRA, 2012, p.11).

Ainda segundo Oliveira (2012), a utilização de modelos moleculares no processo de ensino e aprendizagem pode trazer contribuições relevantes, pois através desses modelos é possível explicar os fenômenos químicos por meio da representação submicroscópica. Por serem manipuláveis, permitirem a visualização tridimensional das moléculas e o maior envolvimento dos alunos, os modelos moleculares auxiliam na aprendizagem de diversos conceitos, principalmente aqueles de natureza abstrata, como a estequiometria.

Os modelos moleculares são amplamente utilizados no Ensino de Química, contudo, alguns são difíceis de encontrar no mercado e geralmente tem um custo elevado. Assim, a ideia de construir modelos alternativos com materiais de baixo custo é uma ótima opção e viável a muitos professores, pois permite, entre outras coisas, que o docente construa seu próprio conjunto de modelos e faça adaptações necessárias dependendo do conteúdo a ser trabalhado e da realidade vivenciada na escola (OLIVEIRA, 2012).

Acerca da importância do professor no processo de ensino e aprendizagem, Quadros e colaboradores (2011) afirmam que o docente deve orientar o aluno para que este possa transitar entre os níveis macro (concreto) e microscópico (abstrato), dando significado aos conteúdos químicos que muitas vezes exigem elevado nível de abstração dos estudantes. Nesse sentido, pode-se complementar com a ideia de Oliveira (2012), na qual o professor tem papel fundamental na aplicação de atividades com o uso de modelos moleculares, pois ele pode evitar que o aluno interprete equivocadamente o conceito, esclarecer eventuais dificuldades encontradas pelos alunos e proporcionar condições para que ocorra a associação entre os diferentes níveis de conhecimento, a simbologia e a linguagem química.

Da mesma forma, o trabalho em grupo com os modelos moleculares proporciona a interação entre os alunos e permite que o professor acompanhe o desenvolvimento das ideias dos estudantes em relação aos conceitos e modelos científicos (OLIVEIRA, 2012).

Diante da necessidade de novas abordagens para trabalhar o conceito de estequiometria, os participantes do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID)/Química de uma Universidade pública paulista desenvolveram uma atividade de balanceamento de equações com utilização de modelos moleculares (denominada ao longo do texto como Atividade da Molécula) que foi aplicada a duas escolas de Ensino Médio durante uma Gincana Cultural.

O presente artigo buscou analisar os dados obtidos na Atividade da Molécula de três diferentes formas: i) desempenho dos alunos do EM na Atividade; ii) perspectivas dos licenciandos do PIBID acerca das dificuldades e contribuições da Atividade para o processo de ensino e

aprendizagem; e iii) perspectivas das professoras supervisoras do projeto sobre a atividade e as dificuldades de ensinar e aprender estequiometria.

SOBRE A ATIVIDADE DA MOLÉCULA E O PERCURSO METODOLÓGICO

Dentre as ações desenvolvidas pelo PIBID/Química está a realização de uma Gincana Cultural com atividades diversificadas, interdisciplinares e interativas nas escolas parceiras do projeto. A segunda edição dessa Gincana foi realizada em agosto de 2013 e atendeu mais de 700 alunos em duas escolas diferentes.

A Atividade da Molécula foi desenvolvida com o intuito de trabalhar estequiometria com o uso de modelos moleculares, em que os alunos tinham que fazer o balanceamento de uma reação de combustão utilizando modelos moleculares com bolas de isopor e varetas. Foram abordados temas referentes às três séries do Ensino Médio, como: balanceamento, geometria molecular e química orgânica. O objetivo principal era que eles relacionassem a conservação de massa, o modelo construído e a notação química, ou seja, que ao manipularem as bolas de isopor tendo como base a equação química balanceada, percebessem que o número de bolinhas era igual nos reagentes e nos produtos, e assim, conseguissem associar o nível simbólico do balanceamento escrito, ao nível submicroscópico representado pelos modelos moleculares, e ao nível macroscópico que foi abordado na contextualização da Atividade por meio das reações de combustão.

Ao todo foram formados 24 grupos, com uma média de 5 alunos cada. Após um sorteio, cada grupo recebeu um roteiro da Atividade da Molécula (Apêndice A) contendo uma reação de combustão que deveria ser balanceada por escrito, nessa etapa era permitido consultar a internet e tabelas periódicas. Posteriormente, os grupos deveriam representar a reação utilizando modelos com bolas de isopor de diferentes tamanhos e cores e varetas de madeira. Para isso, era preciso montar a exata quantidade de reagentes e produtos da reação proposta, repetindo o número de moléculas quantas vezes fossem necessárias para corresponder aos coeficientes estequiométricos obtidos no balanceamento escrito (Figura 1).



Figura 1 – Reação de Combustão do Propano, $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$, representada pelos modelos.

Depois de balanceadas as equações, os alunos deveriam contar a quantidade de bolinhas representando cada elemento químico. Os grupos tiveram aproximadamente 1h30min para realizar a Atividade e foram auxiliados pelos licenciandos do PIBID.

Para analisar a Atividade da Molécula sob três diferentes formas, primeiramente avaliou-se o desempenho dos alunos do EM na realização da mesma por meio da análise de uma ficha de

avaliação preenchida pelos licenciandos do PIBID ao final da Atividade na escola. Em seguida, foram analisadas as perspectivas dos licenciandos do projeto sobre os entraves e contribuições da Atividade da Molécula para o processo de ensino e aprendizagem e, por fim, as perspectivas das professoras supervisoras do PIBID acerca das dificuldades de ensinar e aprender estequiometria e de que forma a Atividade pode ter contribuído para esse processo.

Foram utilizados os seguintes referenciais teóricos nas análises: Oliveira (2012) e Migliato Filho (2005) na identificação das vantagens e desvantagens do uso de modelos; Carvalho e Gil Pérez (2011) e Quadros e colaboradores (2011) no que tange às características e perspectivas das professoras e licenciandos; Hartwig (1984) e Mortimer e Miranda (1995) acerca do desempenho dos alunos. O percurso metodológico pode ser observado resumidamente no Quadro 1.

Quadro 1: Sujeitos, instrumentos e objetivos das análises.

Quadro metodológico				
Sujeito	Instrumento de coleta	Aplicação	Objetivo da análise	Referencial*
Alunos do EM	Ficha de avaliação	Parte preenchida pelos alunos e parte pelos licenciandos durante a Atividade	Avaliar o desempenho dos alunos na Atividade de estequiometria com o uso de modelos moleculares	1 e 2
Licenciandos do PIBID	Questionário aberto	Aplicado posteriormente à Atividade	Identificar as contribuições e dificuldades da Atividade para o ensino e aprendizagem em Química	1,3, 4 e 5
Professoras Supervisoras do PIBID			Identificar as dificuldades de ensino e aprendizagem de estequiometria e as contribuições e entraves da Atividade para esse processo	1, 3 e 6

*1- MORTIMER E MIRANDA, 1995; 2- HARTWIG, 1984; 3- CARVALHO E GIL-PÉREZ, 2011; 4- MIGLIATO FILHO, 2005; 5- OLIVEIRA, 2012; 6- QUADROS *et al.*, 2011.

Desempenho dos alunos do EM na Atividade da Molécula

Para essa análise utilizou-se uma ficha de avaliação, elaborada pelos pibidianos, composta por duas partes, uma delas era entregue aos alunos e continha as instruções da atividade e solicitava o balanceamento da equação química por escrito e a anotação da contagem das bolinhas que representavam cada elemento na reação, além de um breve texto falando sobre a aplicação da molécula combustível em questão. A segunda parte da ficha ficava em posse do pibidiano responsável pelo grupo, que deveria avaliar a parte produzida pelos alunos e os modelos montados.

Com os dados registrados na ficha preenchida pelos licenciandos, observaram-se os três itens descritos abaixo, que foram categorizados em “Acertou”, “Acertou parcialmente”, “Não acertou” e “Não respondeu”:

i. balanceamento da reação escrita, verificando se os alunos determinaram corretamente os coeficientes estequiométricos, em um primeiro momento sem o uso de modelos. A categoria “Acertou” corresponde aos alunos que acertaram todos os coeficientes estequiométricos. Os que erraram um ou mais, tendo acertado pelo menos um deles, foram inseridos na categoria “Acertou parcialmente”. Os que erraram todos os coeficientes estequiométricos se enquadraram na categoria “Não Acertou”.

ii. número de moléculas montadas, observando se o aluno reproduziu a reação com o uso de modelos de maneira coerente com a representação escrita; os grupos que acertaram o balanceamento e representaram corretamente a reação com os modelos, se encaixam na categoria “Acertou”. Os inseridos na categoria “Acertou parcialmente” representaram a reação de forma coerente com o balanceamento escrito, independente de este estar correto ou não. Os que se enquadram na categoria “Não acertou” não reproduziram a reação adequadamente.

iii. o número de bolinhas de isopor, onde foi avaliado se os alunos identificaram corretamente as bolinhas que representavam cada elemento, contando-as. Aqueles que contaram corretamente as bolinhas de todas as espécies e que acertaram o balanceamento foram inseridos na categoria “Acertou”. Os que contaram corretamente o número de bolinhas, independente de terem acertado ou não o balanceamento, ou ainda os que erraram na contagem de uma ou mais espécies, tendo acertado pelo menos uma delas se enquadram na categoria “Acertou parcialmente”. Os que não contaram as bolinhas que retratavam cada elemento conforme as regras foram incluídos na categoria “Não acertou”.

Perspectivas dos licenciandos e das professoras supervisoras do PIBID

Com os licenciandos em Química participantes do PIBID foi realizada uma análise qualitativa com o uso de um questionário contendo 5 questões abertas a fim de: *a)* identificar as limitações dos licenciandos e os entraves (falhas) da Atividade; *b)* identificar as dificuldades encontradas pelos alunos do EM na realização da Atividade, segundo os licenciandos; *c)* verificar as contribuições da Atividade para a aprendizagem dos alunos dos EM, através de observações dos licenciandos durante sua aplicação; *d)* caracterizar as contribuições da Atividade para a formação do licenciando sobre o ensino de estequiometria.

As respostas dos licenciandos foram categorizadas por meio da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011), sendo que as categorias foram determinadas *a posteriori*, a partir de tendências identificadas. De acordo com a autora “esta abordagem tem por finalidade efetuar deduções lógicas e justificadas referentes à origem das mensagens tomadas em consideração” (BARDIN, 2011, p.48). Dessa forma, a categorização ocorreu utilizando-se temas como unidades de registro, em que se realizaram recortes das respostas dos questionários, que posteriormente foram agrupadas e codificadas em unidades de contexto (BARDIN, 2011).

Para as professoras supervisoras foi aplicado um questionário com 5 questões abertas com o objetivo de identificar: *a)* as estratégias e materiais utilizados para trabalhar o conteúdo de estequiometria em sala de aula; *b)* as dificuldades encontradas para ensinar esse conceito; *c)* as principais dificuldades, segundo elas, dos alunos do EM em aprender esse conteúdo. Outro fator analisado foi a aceitação da estratégia adotada para a realização da Atividade da Molécula pelas professoras e alunos do EM e como isso refletiu na sala de aula.

As respostas das professoras foram analisadas focando a abordagem temática, pautada nos elementos da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011), na qual foram feitos recortes nas respostas das questões abertas a fim de encontrar os “núcleos de sentido” que podem indicar as implicações da Atividade da Molécula para o ensino de estequiometria na perspectiva das docentes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das análises serão apresentados na seguinte ordem: i) desempenho dos alunos na Atividade da Molécula; ii) perspectiva dos licenciandos do PIBID sobre o desenvolvimento da Atividade; e iii) perspectiva das professoras supervisoras do projeto acerca da Atividade e do processo de ensino e aprendizagem de estequiometria.

i. Desempenho dos alunos na Atividade da Molécula

Foram analisadas 24 fichas referentes às duas escolas participantes da Atividade. Os resultados observados em cada item da ficha de avaliação foram categorizados em: Acertou; Acertou Parcialmente e Não Acertou.

A Atividade, em geral, apresentou um alto índice de acertos. Vários fatores podem ter contribuído para esse resultado, como a mediação dos licenciandos do PIBID, o trabalho em grupo e o uso dos modelos moleculares.

No primeiro item, o balanceamento, 22 grupos acertaram; apenas um acertou parcialmente, pois duplicou os coeficientes estequiométricos da reação; e um grupo não acertou, sendo que neste caso tratava-se da reação de combustão do 2-propanol, cujo balanceamento envolve a utilização de coeficientes estequiométricos fracionários. Pode-se dizer que esse caso demonstrava uma resolução mecânica e puramente matemática, na qual os alunos não conseguiram associar a simbologia química com os conceitos envolvidos nas reações (HARTWIG, 1984). Dessa forma, um erro no cálculo ocasionou uma confusão no balanceamento, por não saberem de fato o seu significado.

Em relação ao segundo item analisado, o número de moléculas montadas, 22 grupos acertaram, e apenas dois grupos acertaram parcialmente, devido a equívocos no balanceamento (item i), mas montaram a quantidade de moléculas de maneira coerente com o que escreveram. Esse item é muito importante para perceber se os alunos compreendem o significado dos coeficientes estequiométricos e dos índices na reação.

No terceiro item, o número de bolinhas, observou-se que 17 grupos acertaram, 2 não acertaram, 1 não respondeu e 4 acertaram parcialmente, sendo este o item com menor número de acertos na Atividade. Dentre aqueles que não acertaram, um deles se confundiu no uso das informações fornecidas, indicando o número de elétrons de valência dos átomos envolvidos ao invés de contar o número de bolinhas que representavam cada elemento, e o outro indicou na contagem das bolinhas um número diferente de oxigênios nos produtos e nos reagentes, tratando-se do grupo que não acertou o balanceamento do 2-propanol, que envolvia números fracionários.

Embora tenham contado corretamente as bolinhas para a reação que tinham montado, os alunos não demonstraram a percepção da conservação do mesmo número de átomos nos reagentes e nos produtos, ou seja, tiveram dificuldade em observar a transformação química como um rearranjo dos átomos (MORTIMER; MIRANDA, 1995). Dentre os quatro grupos que acertaram parcialmente, observou-se que o erro de alguns alunos ocorreu devido à falta de atenção, por exemplo, um dos grupos somou errado o número de oxigênios, embora tenha feito o balanceamento correto e acertado o número de bolinhas das demais espécies; outro grupo colocou “zero” oxigênios, provavelmente por uma confusão devido à semelhança do símbolo do elemento (O) com o número “zero”.

ii. Perspectiva dos licenciandos

Participaram da análise 12 licenciandos em Química que atuam como bolsistas PIBID nas duas escolas na qual a Gincana foi desenvolvida.

A primeira questão analisada, não respondida por dois licenciandos, tratava das dificuldades que eles tiveram na aplicação da Atividade da Molécula, foram encontradas 4 categorias de respostas: I) tempo e local de realização (contemplando 33% do total de respostas); II) elaboração e regras (33%); III) explicação dos conceitos (25%) e IV) compreensão dos alunos sobre a teoria (9%).

As categorias I e II referem-se à dinâmica da Atividade e somam 66% do total de respostas. A partir dessas observações conclui-se que a mesma precisa passar por algumas adaptações para facilitar sua aplicação pelos professores, como por exemplo, adequar o tempo e o espaço de realização da atividade.

A categoria III, que compreende 25% das respostas, está relacionada às limitações dos licenciandos para ensinar estequiometria. A principal dificuldade estava na explicação dos conceitos aos alunos, sobretudo quando envolvia estequiometria com número fracionado. Observa-se aqui que foram encontrados alguns entraves para ensinar certos conteúdos, mesmo para aqueles que já estão nos anos finais do curso de Licenciatura. Isso pode indicar uma possível deficiência na formação inicial dos licenciandos.

Para Carvalho e Gil-Pérez (2011, p. 68) o problema se encontra na “tendência a contemplar a formação do professor como *soma* [grifo no original] de uma formação científica básica e uma formação psicossociopedagógica geral”, ou seja, os conteúdos científicos oferecidos aos futuros professores são os mesmos vistos pelos demais estudantes de outros cursos que diferem das licenciaturas, e as disciplinas pedagógicas são responsabilidade apenas dos departamentos de Educação. Dessa forma, a formação didático-pedagógica-científica fica fragmentada e pouco específica, e pode ser considerada insuficiente por não proporcionar aos licenciandos os conhecimentos necessários para explicar determinados conteúdos e lidar com diferentes situações em sala de aula.

Pode-se destacar também que a dificuldade para explicar os coeficientes fracionários se deve ao modo mecânico pelo qual a Matemática é ensinada, com a aplicação excessiva de regras, sendo difícil até mesmo para os estudantes de graduação associarem a Matemática ao conhecimento químico.

Além das dificuldades dos licenciandos para explicar o conteúdo durante a atividade, através da análise do desempenho dos alunos, observou-se também que o grupo que errou no balanceamento foi justamente aquele que trabalhou com uma reação com coeficientes estequiométricos fracionários, ou seja, o demasiado uso de regras e algoritmos não favorece nem os alunos e nem os futuros professores. Esse fato se relaciona também à categoria IV, em que 9% das respostas atribuíram as dificuldades de aplicação da prova ao pouco conhecimento dos alunos acerca dos conceitos necessários ao entendimento da estequiometria.

Assim, pode-se afirmar que essa Atividade permitiu aos licenciandos identificar suas limitações acerca do conhecimento químico e da didática para ensinar determinados conteúdos.

O segundo item investigado era com relação às contribuições da Atividade para a formação dos licenciandos acerca do ensino de estequiometria. Foram encontradas 2 categorias: I) elaboração e conhecimento de estratégia didática (58% do total de respostas); e II) identificar as dificuldades e as motivações dos alunos e adaptar à prática docente (42%).

A categoria I está relacionada à maneira de trabalhar os conteúdos que permeiam a estequiometria, ou seja, em 58% das respostas a Atividade contribuiu para o desenvolvimento e aplicação de uma estratégia didática que permite trabalhar diferentes conceitos que muitas vezes exigem alto nível de abstração por parte dos alunos.

A segunda categoria, observada em 42% das respostas, relaciona as contribuições da Atividade da Molécula à identificação das principais dificuldades dos alunos e suas motivações, permitindo que o licenciando conheça melhor os alunos com os quais trabalha e adapte sua prática docente de acordo com as necessidades.

Pode-se inferir por meio das observações dos licenciandos que a elaboração e a aplicação da Atividade contribuíram para o conhecimento de uma estratégia de ensino que pode ser facilmente aplicada na sala de aula e também para a identificação das principais dificuldades de ensino e aprendizagem do conteúdo, permitindo, dessa forma, que o professor perceba as necessidades e motivações de seus alunos.

A terceira questão analisada consistia na percepção dos licenciandos acerca das dificuldades dos alunos do EM para realizar a Atividade. Foram elencadas duas categorias: I) pouca compreensão dos conceitos necessários ao entendimento da estequiometria (82% do total de respostas); e II) baixo envolvimento dos alunos na atividade (18%).

A pouca compreensão dos alunos sobre alguns conceitos químicos, como balanceamento, conservação de massa, geometria molecular e ligações químicas foi destacada na categoria I em 82% das respostas como o maior entrave na realização da Atividade. Pode-se afirmar que alguns conceitos não estão bem definidos para os alunos, e por isso eles não conseguiram relacionar a teoria com a prática. Possivelmente, eles não entendem como ocorrem as transformações químicas e como os conceitos estão relacionados.

A categoria II diz respeito ao envolvimento dos alunos na Atividade e corresponde a 16% das respostas. Segundo os licenciandos alguns alunos não estavam muito comprometidos, não se atentaram as regras e não leram os enunciados com atenção, de forma que esses fatores dificultaram a resolução da Atividade proposta.

A quarta questão investigada buscava identificar as contribuições da Atividade da Molécula para a aprendizagem dos alunos e foram encontradas 3 categorias: I) melhora na interpretação do fenômeno por meio da visualização do modelo (50% do total de respostas); II) entendimento dos conceitos que envolvem a estequiometria (42%) e III) motivação dos alunos (8%).

Na primeira categoria se encaixa metade das respostas que considera como a maior contribuição da Atividade a melhora na associação dos níveis macro e submicroscópico. Isto é, o uso de modelos na Atividade da Molécula, ao evidenciar o aspecto tridimensional das espécies envolvidas na reação, auxiliou na aprendizagem de conceitos abstratos (OLIVEIRA, 2012).

Na categoria II, 42% das respostas consideraram que a Atividade contribuiu para o entendimento de diversos conceitos relacionados ao estudo da estequiometria, como por exemplo, conservação de massa, balanceamento, geometria molecular e transformação química, além de melhorar a compreensão do significado dos coeficientes estequiométricos e dos índices das reações químicas. Ou seja, para os licenciandos, a Atividade da Molécula foi uma importante estratégia didática para o aprendizado da estequiometria e outros conceitos relacionados.

Além disso, 8% das respostas se encontram na terceira categoria, na qual a Atividade, por ser diferente do habitual, contribuiu para aumentar a motivação dos alunos, auxiliando assim a aprendizagem dos conceitos.

A questão final pedia aos licenciandos que comentassem abertamente sobre o desenvolvimento da Atividade da Molécula e sugerissem adaptações. De forma geral, foram listados muitos aspectos positivos em relação à Atividade e como ela contribuiu para o aprendizado dos alunos. Entre as sugestões, estão: adequação do tempo e número de alunos por grupo durante a aplicação; associação de aulas teóricas à atividade prática; desenvolvimento da Atividade em sala de

aula ao longo de uma sequência didática; utilização de moléculas mais simples para facilitar a compreensão; e reforçar a ideia de que as bolinhas de isopor são apenas modelos que representam o átomo onde as cores e os tamanhos utilizados são apenas simbólicos.

Além disso, como apontam Mortimer e Miranda (1995), é preciso inicialmente discutir as características das transformações químicas, tais como as questões energéticas, cinéticas e de conservação de massa das reações, e posteriormente trabalhar o nível de representação por meio de equações e símbolos. Isso possibilitaria uma melhor compreensão do fenômeno, na qual as equações seriam utilizadas como uma forma mais simples de representá-lo.

iii) Perspectiva das professoras supervisoras

Participaram da pesquisa duas professoras de Química, nomeadas como *A* e *B*, supervisoras do PIBID nas duas escolas participantes da Gincana. Ambas são bacharéis e licenciadas em Química por Universidades públicas e estão há mais de dois anos no projeto.

Por meio do questionário aplicado identificou-se que as professoras utilizam aulas expositivas com aplicação de exercícios em lousa pra explicar estequiometria. A prof.^a *A* afirmou também, que utiliza recursos audiovisuais e materiais alternativos como bolinhas de isopor e alfinetes coloridos para melhorar a explicação desse conteúdo.

Sobre os problemas encontrados para ensinar o conteúdo, a prof.^a *A* destacou a dificuldade dos alunos em realizar cálculos e compreender conceitos básicos da Matemática, necessários para o entendimento da estequiometria. Já a professora *B* afirmou que o maior obstáculo está na compreensão dos alunos acerca da notação química, pois segundo ela, muitos deles confundem os símbolos químicos.

Nota-se que as duas professoras colocaram o foco da dificuldade de ensinar nos obstáculos de aprendizagem dos alunos. É inegável que eles apresentam inúmeras dificuldades e entraves alheios à atuação do professor, entretanto, é preciso que o docente analise criticamente sua prática e reflita sobre ela. Pois, ao atribuir as consequências negativas do ensino exclusivamente a fatores externos, o professor não reconhece seu papel de agente e mediador do processo de ensino e aprendizagem, sinalizando uma posição passiva e não reflexiva sobre sua ação docente (QUADROS *et al.*, 2011).

As ações do professor, e mesmo sua passividade, influenciam diretamente na qualidade do aprendizado de seus alunos. O docente, por possuir conhecimento acadêmico e habilidades didático-pedagógicas, deve sugerir ações que busquem sanar as dificuldades encontradas em sala de aula. Além disso, cabe a ele desenvolver atividades atraentes, com situações de aprendizagem motivadoras e contextualizadas, para que o aluno sinta interesse em participar das aulas e aprender os conteúdos (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

Outro assunto abordado no questionário foram as dificuldades dos alunos para aprenderem o conteúdo, para ambas as professoras o impedimento está no desenvolvimento de raciocínio lógico-matemático e entendimento da notação e dos conceitos químicos envolvidos no estudo da estequiometria. Essas dificuldades para entender, interpretar e representar um fenômeno químico podem ocorrer devido ao modo como esse conceito é trabalhado em aula, com uma valorização excessiva do uso de fórmulas, equações e cálculos, em detrimento da explicação do conceito (MORTIMER; MIRANDA, 1995).

Esse tipo de abordagem pode explicar algumas das dificuldades comumente encontradas pelos alunos como: a não interpretação de uma reação química e sua relação com a conservação da massa; a confusão com os índices e os coeficientes estequiométricos em uma equação, não a compreendendo de forma clara; dificuldade em relacionar o fenômeno químico com um modelo

submicroscópico que o explique e também problemas para explicar os cálculos matemáticos e relacioná-los com os conceitos químicos (MORTIMER; MIRANDA, 1995). Nessa situação, pode-se dizer que há uma aprendizagem mecânica, na qual o aluno incorpora um conhecimento sem compreender o significado do conceito, interpretando-o incorretamente.

Tais dificuldades poderiam ser sanadas se o professor ao ensinar, fazendo uso de diferentes meios e materiais didáticos, valorizasse a compreensão e a interpretação do conceito e não somente a representação dos fenômenos envolvidos, não reduzindo o estudo unicamente a expressões matemáticas e regras sem sentido para o aluno.

Por fim, procurou-se identificar as contribuições da Atividade da Molécula para o aprendizado dos alunos e de que forma as professoras observaram as relações dessa atividade com as aulas de Química.

Dentre as contribuições, a professora *A* afirmou que “*os alunos que participaram elogiaram e mostraram um maior entendimento sobre balanceamento químico*”. Considerando o bom resultado obtido com a Atividade da Molécula, essa professora pretende desenvolver essa estratégia em sala de aula para um número maior de alunos.

Já a professora *B* destacou a importância do trabalho em grupo com alunos de diferentes séries e ainda segundo ela, os alunos puderam compreender melhor o fenômeno químico, eles “*conseguiram visualizar o que significa o número que vem a frente da fórmula química, o significado dos índices*” e “*puderam comprovar a conservação de massa pelo igual número de átomos ao se montar a equação química*”. Ela afirmou também que as turmas de 2º e 3º ano comentaram em sala de aula que a Atividade foi estimulante e eles gostaram do desafio, e que durante uma aula sobre balanceamento, posterior à Gincana, alguns alunos lembraram da Atividade e conseguiram, ou pelo menos tentaram, resolver os exercícios.

Assim, a Atividade da Molécula revelou-se como uma estratégia interessante para o ensino e aprendizagem de estequiometria, na medida em que favoreceu a elaboração de novos significados sobre o fenômeno a partir da teoria vista em sala de aula, além de estimular os alunos a participarem de algo diferenciado e motivador.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Atividade da Molécula foi aplicada para alunos do Ensino Médio de duas escolas estaduais durante uma Gincana desenvolvida pelo PIBID. A análise do desempenho dos alunos na Atividade permitiu constatar que, de maneira geral, os resultados foram satisfatórios, sendo que as principais dificuldades encontradas foram ocasionadas pelo déficit dos alunos em alguns conceitos químicos relacionados à estequiometria e no balanceamento de equações que envolviam a utilização de coeficientes estequiométricos fracionários.

O desempenho dos alunos observado através da análise das fichas e do contexto de aplicação, com a mediação dos licenciandos do PIBID, demonstra que a representação de reações químicas com modelos moleculares foi um estratégia didática importante para o ensino e aprendizagem de estequiometria, principalmente no que diz respeito ao significado da simbologia química, ao entendimento dos coeficientes estequiométricos nas reações químicas e a associação entre os níveis submicroscópico e simbólico.

Na perspectiva dos licenciandos que participaram da elaboração e aplicação da Atividade, ela contribuiu para o conhecimento de uma nova estratégia didática que poderá ser utilizada em sala de aula e para a verificação das dificuldades e motivações dos alunos.

Em relação às concepções das professoras supervisoras do PIBID acerca do ensino de estequiometria, pode-se destacar que, assim como os licenciandos, elas elegeram a simbologia química e as dificuldades com Matemática como as maiores causas das dúvidas dos alunos, e isso dificultaria o entendimento, a interpretação e a representação dos fenômenos químicos abordados nas aulas e na Atividade.

Assim, considerando as dificuldades encontradas pelos alunos durante a Atividade da Molécula e pelas professoras e licenciandos para ensinar o conteúdo, podemos inferir que o ensino de estequiometria através de aulas que priorizam a memorização de conteúdos é insuficiente para desenvolver seus conceitos, e que o uso de modelos moleculares é uma estratégia viável e coerente. Portanto, se faz necessária a elaboração de uma atividade prática diferenciada para auxiliar na interpretação do fenômeno químico e a melhor compreensão dos conceitos, por vezes tão abstratos e de difícil entendimento.

A Atividade da Molécula pode, assim, contribuir para o ensino e aprendizagem de estequiometria e influenciar no desenvolvimento da associação do raciocínio lógico-matemático com o nível submicroscópico. Entretanto, para ser usada em sala de aula são necessárias algumas adaptações, como adequação do tempo e associação à aula teórica.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Capes pelas bolsas e custeio do projeto, aos alunos, professores e toda a comunidade das escolas parceiras do projeto, aos licenciandos e professores da Universidade que participam da equipe do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação. *Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias*. São Paulo, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação. *Guia de livros didáticos: PNLD 2012: Química*. Brasília, 2011.
- CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de ciências-tendências e inovações*. 10ª ed. São Paulo: Cortez, 2011. Coleção questões da nossa época, v.28.
- HARTWIG, D, R. Um procedimento para a resolução de problemas de química no 2º Grau. *Química Nova*, v.7, n.1, p. 36-46, 1984.
- JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching. *University Chemistry Education*, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.
- MIGLIATO FILHO, J. R.. Utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do Ensino Médio. 2005, 120p. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações – concepções de estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola*, v.2, 1995.
- OLIVEIRA, R. C. Uso de modelos moleculares por alunos de Ensino Médio: Contribuições para o desenvolvimento de modelos mentais de conceitos químicos. 2012, 220p. *Tese (Doutorado em Química)*. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

QUADROS, A. L.; et al. Ensinar e aprender Química: a percepção dos professores do Ensino Médio. *Educar em Revista*, n. 40, p. 159-176, 2011. Curitiba: Editora UFPR.

APÊNDICE A

ATIVIDADE DE QUÍMICA- CONSTRUINDO UM MODELO PARA UMA MOLÉCULA

Leia com atenção o texto abaixo, que possui informações sobre uma molécula orgânica, combustível. Sua reação de combustão também é dada, mas não está balanceada.

Etanol

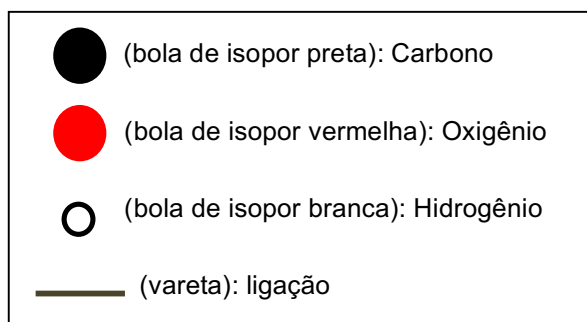
O etanol, também conhecido como álcool etílico, é um composto líquido, incolor e inflamável, representado pela fórmula química C_2H_5OH . Ele é obtido a partir da fermentação de açúcares, está presente nas bebidas alcoólicas, e sua produção no Brasil se dá principalmente a partir da cana-de-açúcar. Na indústria de combustíveis, o etanol tem se mostrado uma alternativa energética renovável aos combustíveis fósseis, além de sua queima liberar uma menor quantidade de poluentes.

O contato com a pele, olhos ou a inalação de seus vapores causa irritação. Sua ingestão apresenta efeitos diversos, como dor de cabeça, sonolência, embriaguez e, em alguns casos até mesmo perda de consciência.

Para que aconteça uma reação de combustão, é necessária a presença de oxigênio (O_2). Quando a combustão é completa, os produtos formados são exclusivamente gás carbônico (CO_2) e água (H_2O): $C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

1. Faça o balanceamento da equação acima.

2. Utilize bolas de isopor e varetas para fazer modelos das moléculas da reação de combustão. Em seguida, use os sinais de “+” e as setas para representar a reação com esses modelos. À partir do balanceamento, repita a montagem até que o número de moléculas representadas seja igual ao coeficiente estequiométrico encontrado no exercício anterior (para facilitar, utilize números inteiros). Respeite a seguinte legenda:



3. Qual o número de bolinhas que representam o hidrogênio, o oxigênio e o carbono, nos produtos e nos reagentes?

Referências Bibliográficas

Usina Califórnia. *Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ*. Álcool etílico hidratado e Combustível. Disponível em: <http://www.usinacalifornia.com.br/FISPQ%20Etanol.pdf> Acesso em Agosto de 2013.

InfoEscola. Álcool Combustível. Disponível em: <http://www.infoescola.com/quimica/alcool-combustivel/> Acesso em Agosto de 2013.