

Processo Bayer de obtenção de alumina como ferramenta para o ensino de conceitos de estequiometria.

Jaqueline Fortuna^{1*} (IC), Luís Henrique de Biasi¹ (IC), Jéssica Alves Marques¹ (IC), Juliani Conti Martins² (IC), Lucas Domingui¹ (FM) jaquelinefortuna@gmail.com

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Rod. SC 443, km 01, Vila Rica, Criciúma-SC. Cep: 88813-600.

²Departamento de Engenharia Química. Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc). Avenida Universitária, n. 1105, CP 3167, Criciúma-SC. CEP: 88806-000

Palavras-Chave: Ensino de química, experimentação, estequiometria, processo Bayer.

RESUMO: A aprendizagem de conteúdos de estequiometria sempre foi de grande dificuldade para os alunos da escola média. A abstração do processo, aliada a concentração de cálculos faz com que os discentes apresentem baixo rendimento nesse conceito. Considerando que a imposição de significados não é uma boa forma de apresentação dos conteúdos para os alunos, o presente trabalho tem por objetivo relatar uma experiência de ensino na qual se utiliza do Processo Bayer de obtenção da alumina para inserir, no contexto do aluno, conhecimentos relacionados à estequiometria. Assuntos como rendimento, reagente limite e excesso, impurezas, liberação de gases, entre outros são abordados a partir de um único experimento. O experimento foi aplicado em um projeto de extensão denominado "Ano Internacional da Química: comemorando de forma experimental", com alunos de ensino médio. Os resultados demonstraram um melhor aproveitamento das aulas, bem como um melhor rendimento por parte dos alunos.

INTRODUÇÃO

O alumínio é o metal mais abundante da crosta terrestre, com 8% em massa, e o terceiro elemento mais abundante, perdendo apenas para o oxigênio e o silício. Este elemento vem sendo utilizado em diferentes setores da indústria, principalmente devido a propriedades como baixa massa específica e resistência a corrosão, quando comparado a outros metais.

Sua utilização mostra bem a importância para a economia no mundo atual. Em vários setores da indústria, como na área de transporte, construção civil, equipamentos elétricos e de transmissão de energia, o alumínio se faz presente. Também se encontra em móveis, eletrodomésticos, brinquedos, utensílios de cozinha, latas e produtos farmacêuticos (CONSTANTINO, 2001).

Outro fator de destaque quanto a aplicação de alumínio está em embalagens para líquidos, como refrigerantes e outras bebidas. Neste ramo de emprego deste metal é forte a logística de reciclagem. Tal atividade gera emprego e renda para milhares de trabalhadores no Brasil, sendo que o país é líder mundial na reciclagem desse material.

Para a produção de alumínio reciclado utiliza-se apenas 5% da energia utilizada para a produção do alumínio primário. A reciclagem do alumínio contribui para a preservação do meio ambiente e diminuição da poluição dos solos (ABAL 2012a).

Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alta Reciclabilidade, o Brasil vem liderando o índice de reciclagem de latas de alumínio desde 2001, assumindo a frente de países como Japão, Argentina e EUA. Em 2009, o Brasil acabou o ano com o índice de reciclagem em 98,2% de todas suas latas de alumínio, seguido pelo Japão (93,4%) e Argentina (92%) (ABRALATAS, 2012).

O minério de importância industrial para obtenção do alumínio metálico e de muitos compostos de alumínio é a bauxita, onde que seu principal componente é a alumina (Al_2O_3). Forma-se em regiões tropicais e subtropicais por ação do intemperismo sobre alumino silicatos. Para o refino da bauxita, obtenção da alumina e, consequentemente do alumínio metálico, é utilizado o Processo Bayer (ABAL 2012b).

Considerando que a arte de aprender a química é compreendê-la como ciência capaz de modificar a natureza e reconstruí-la de acordo com os anseios do ser humano e que esta atividade está alinhada a criatividade, imersa em um meio social e atende uma demanda, é impossível ensiná-la desconexa da realidade (MALDANER, 1999). Considerando também que o ensino de conteúdos, como a estequiometria, são de difícil compreensão ao aluno pela matemática e abstração envolvida (MAGLIATO FILHO, 2005), busca-se aqui associar um processo industrial a uma atividade de ensino com vistas a melhoria no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos químicos.

O processo Bayer é simples de ser reproduzido em laboratório e pode ser utilizado como tema gerador no conteúdo de estequiometria, por exemplo. Este experimento fornece dados para exploração de conteúdos de estequiometria, com fácil compreensão para alunos do ensino médio.

Gomes e Macedo (2007, p. 151), ao avaliar os motivos das dificuldades apresentadas pelos alunos na aprendizagem do conteúdo estequiometria, citam que se deve ter

a preocupação de levar o aluno a compreender o sentido do conteúdo, qual a relação que ele tem com a sua vida, com o seu mundo e com a sociedade na qual está inserido. Não basta que o professor considere o assunto relevante e significativo. É necessário que o aluno chegue também a essa conclusão. Só assim ele estará em condições de se apropriar do conteúdo, reconstruindo-o na sua estrutura cognitiva.

As atividades práticas, segundo as autoras, devem ser planejadas e executadas tanto para que o aluno construa seu conhecimento químico, como para ajudá-lo a compreender a presença da química em sua vida e, assim, utilizá-la para resolução dos seus problemas.

Assim, o resultado será mais eficiente se o ponto de partida, ou seja, o tema gerador do debate for um fato ou uma experiência. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo descrever uma atividade de ensino do conteúdo de estequiometria a partir de uma observação experimental. Para tal, utilizou-se o processo Bayer de obtenção de alumina para o ensino de tópicos de estequiometria. Tal atividade teve por finalidade melhorar a compreensão dos conteúdos que envolvam cálculos químicos, por meio de um exercício experimental e foi aplicada em um projeto de extensão denominado “Ano Internacional da Química: comemorando de forma experimental”, com alunos de nível médio.

AS DIFICULDADES E POSSIBILIDADES NO ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA

A estequiometria é uma unidade de medida criada por Jeremias Benjamin Richter (1762-1807), que acreditava que todas as ciências estavam relacionadas à matemática. Ela envolve todas as informações quantitativas incluídas nas fórmulas e equações químicas, baseada nas leis ponderais, na lei da conservação das massas e nas leis das proporções fixas. Segundo Vidal (1970, apud MIGLIATO FILHO, 2005, p.

3), a expressão estequiometria vem do grego: *stoikheion* = elemento, *metron* = medida; portanto, trata-se da medida dos elementos.

Tal conceito foi descrito a partir da lei da conservação das massas, escrita por Lavoisier, em 1785, na qual “a soma das massas dos reagentes é sempre igual a soma das massas dos produtos”. A lei das proporções fixas, escrita por Proust em 1799, sugere que “uma substância, qualquer que seja sua origem, apresenta sempre a mesma composição em massa” (RUSSELL, 1994). As leis ponderais, primordiais para o estabelecimento da química como ciência, estão ligadas à teoria atômica de Dalton, que é base da explicação das relações ponderais nas reações químicas (CAZZARO, 1999).

São por meio de cálculos estequiométricos que se preveem quantidades de substâncias que estão em uma reação química e, portanto, torna-se fundamental no cotidiano industrial e laboratorial. Porém, sua aprendizagem envolve uma quantidade massiva de cálculo e abstração, o que traz dificuldades para a aprendizagem do aluno.

Alinhado a isso, a redução do ensino de química a transmissão de informações desconexas de significado real e abordadas do somente a partir de modelos teóricos e matemáticos, levou a mecanização da obtenção das respostas e não ao entendimento de um problema e sua solução (BRASIL, 2002).

Associado a isso, Migliato Filho (2005) afirma que compreender mecanismos que ocorrem em escalas submicroscópicas é um dos grandes problemas no ensino de estequiometria.

Por sua vez, Lira e Recena (2010, p. 1) destacam como dificultadores da aprendizagem a

falta contextualização em aulas ministradas para o ensino médio dos conteúdos de estequiometria e a abordagem, que utiliza normalmente uma aprendizagem pautada por cálculos matemáticos, linguagem química, equações e símbolos químicos, dificultam a aprendizagem do conteúdo de estequiometria.

Associado a isso, a experimentação no ensino de química é fundamental para que o aluno possa apropriar-se com mais ênfase do conteúdo químico exposto (GIORDAN, 1999). Izquierdo, Sanmartín e Espinet (1999) destacam que, no início da formação em química, há mais de um século, a experimentação tinha por objetivo demonstrar a aplicabilidade dos conteúdos de química.

Segundo Schwahn e Oaigen (2009, p. 2), um dos grandes desafios das aulas experimentais na Educação Básica é

construir um elo entre o conhecimento ensinado e o cotidiano dos alunos. A ausência de conexão entre o conteúdo passado em sala de aula e o dia-a-dia, pode justificar a indiferença entre os alunos e também em relação aos próprios professores quando do uso da experimentação.

Assim, os autores destacam que a falta de conexão entre o que é ensinado e experimentado em uma atividade laboratorial e o contexto do aluno é um desafio a ser superado. A eficiência da aula experimental está ligada a necessidade de uma aplicação real que justifique aquele mecanismo e o seu sucesso estará diretamente ligado à capacidade de “organização, discussão e análise [do experimento], o que possibilita a interpretação dos fenômenos químicos e a troca de informações entre o grupo que está realizando o experimento” (SCHWAHN, OAIGEN; 2009, p. 2).

Neste contexto, inserir uma experimentação voltada a uma aplicação industrial, por exemplo, no ensino de química aproxima o conhecimento científico da realidade

posta ao aluno e, quando bem trabalhada e explorada, facilita a sua compreensão dos fenômenos micrométricos.

Assim, expõe-se abaixo a possibilidade de uso de uma atividade industrial, de obtenção de um composto químico, como tema gerador do conteúdo de estequiometria. Trata-se, aqui do Processo Bayer de obtenção da alumina. Tal processo é simples de ser reproduzido em laboratório e suas etapas fornecem dados mensuráveis para exploração de conteúdos que envolvam cálculos químicos, como observa-se a seguir.

O PROCESSO BAYER

O processo Bayer foi desenvolvido e patenteado em 1888 por Karl Josef Bayer, sendo uma revolução na área metalúrgica. Este processo é utilizado para a refinação da bauxita para a produção de alumina (Al_2O_3).

A figura 1 apresenta um esquema básico de refinamento da bauxita para a produção de alumina.

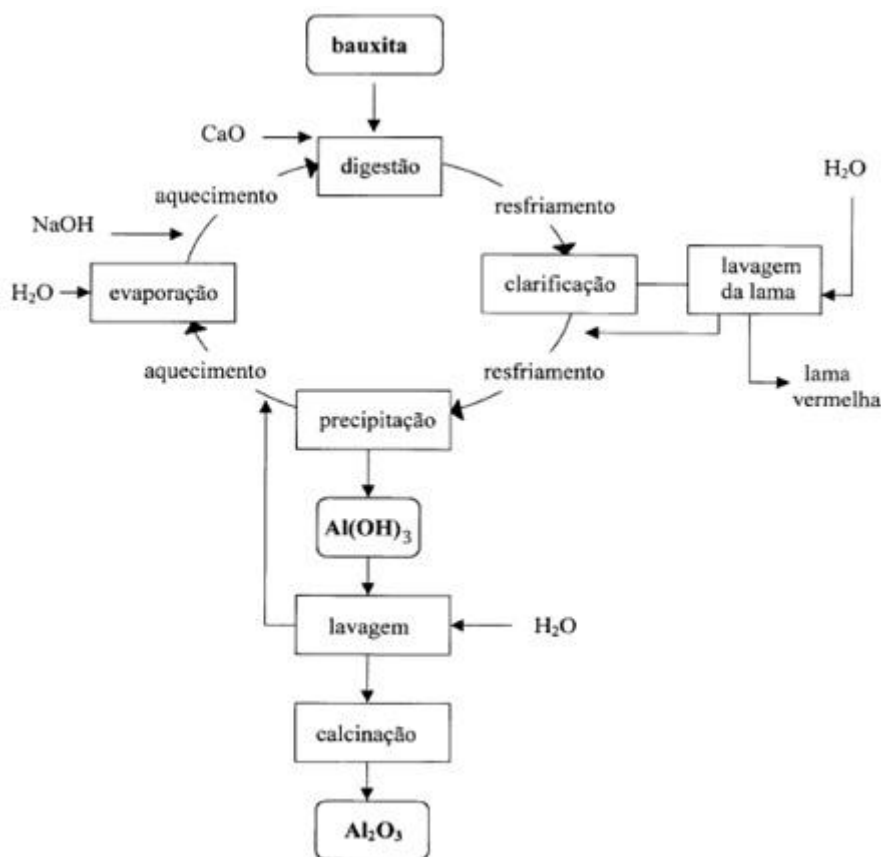


Figura 1: Fluxograma do Processo Bayer de obtenção da alumina (CONSTANTINO *et al.*, 2002, p. 491)

Segundo Sampaio, Andrade e Dutra (2005), o processo Bayer inicia pela moagem da bauxita e posterior adição de solução de NaOH, que dissolve o alumínio presente no mineral, sob pressão, em reatores, formando o íon $\text{Al}(\text{OH})_4^-$. Terminada a parte da digestão, as impurezas permanecem em fase sólida, sendo conhecida como

“lama vermelha”. O aluminato de sódio, muito solúvel em água, é separado da lama vermelha por etapas de espessamento, seguidas de filtração.

Na sequência, a solução contendo $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ é precipitado na forma de hidróxido de alumínio $\text{Al}(\text{OH})_3$ por meio da adição de uma solução ácida. O $\text{Al}(\text{OH})_3$ precipitado é separado por filtração, seco e levado para a calcinação. A calcinação é a última etapa do processo, onde o $\text{Al}(\text{OH})_3$ aquecido a aproximadamente $1000\text{ }^\circ\text{C}$ para desidratar e formar, assim cristais de alumina puros, com aspecto arenoso e branco.

METODOLOGIA

Para viabilizar a produção de alumina em laboratório, utilizou-se como fonte primária de alumínio latinhas de refrigerante, em substituição a bauxita. As latinhas foram cortadas com uma tesoura, descartando suas bordas superiores e inferiores e retalhando a parte cilíndrica em pequenos pedaços com dimensão aproximada de $4 \times 4\text{ mm}$.

Após este procedimento, pesou-se 1 g ($\pm 0,01\text{ g}$) de alumínio em uma balança eletrônica. Em um erlenmeyer, adicionou-se 150 mL ($\pm 1\text{ mL}$) de água destilada e 9 g ($\pm 0,1\text{ g}$) de hidróxido de sódio (NaOH), produzindo uma solução de concentração $1,5\text{ mol/L}$. A esta solução adicionou-se o alumínio previamente pesado. A mistura reacional foi mantida sob agitação com auxílio de um agitador magnético com aquecimento. O sistema foi mantido a $60\text{ }^\circ\text{C}$ e com agitação de 150 rpm , até completa digestão do alumínio.

Após isto, a solução resultante foi filtrada, a fim de se remover as impurezas insolúveis contidas no material metálico, sendo antes mensurada a massa do papel filtro. O sólido retido pelo elemento filtrante foi seco em estufa, a $60\text{ }^\circ\text{C}$, para posterior cálculo das impurezas.

Ao filtrado adicionou-se ácido nítrico (HNO_3) concentrado (9 mol/L) afim de se precipitar o hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$), material branco e insolúvel. Após isto, a mistura foi novamente filtrada em papel filtro previamente pesado. O sólido foi seco em estufa, a $60\text{ }^\circ\text{C}$, para posterior cálculo de rendimento e reação.

Após secagem, foram determinadas as massas do resíduo e do precipitado branco em balança eletrônica. O organograma abaixo representa o processo acima descrito (Figura 2).

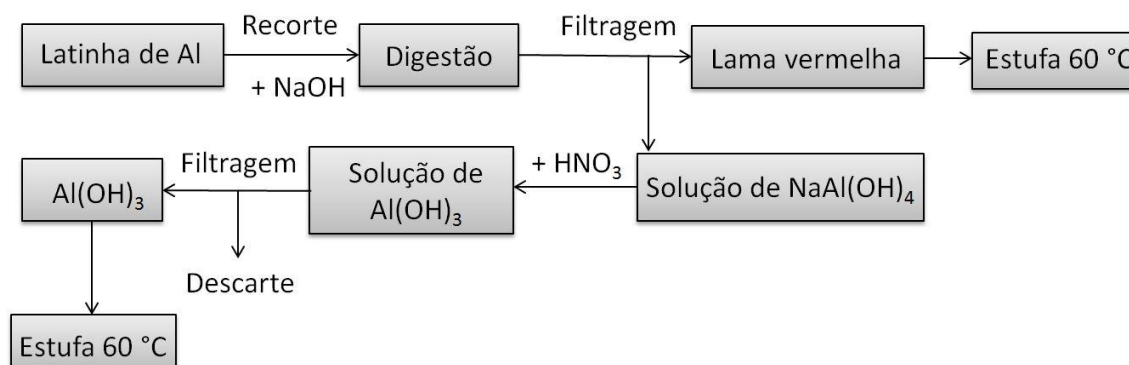


Figura 2: Organograma que representa a extração da Alumina

Ao final, os alunos foram questionados quanto aos benefícios oriundos da metodologia de ensino aplicado, via questionário semiestruturado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso das latinhas de alumínio, em substituição a bauxita, como fonte primária do metal mostrou-se adequado para presente atividade didática. O primeiro conhecimento explorado foi solução. Nesta etapa, demonstrou-se matematicamente como determinar a massa (m) necessária de NaOH para preparo de uma solução 1,5 mol/L.

$$M = \frac{n}{V} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde n representa quantidade de matéria, em mol e V o volume da solução. Sendo

$$n = \frac{m}{MM} \quad \text{Eq. 2}$$

e substituindo a equação (2) na equação (1), obtêm-se:

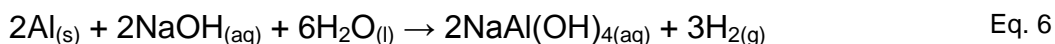
$$m = M \cdot MM \cdot V \quad \text{Eq. 3}$$

Onde m representa a massa do material, em gramas, M representa a concentração molar da solução desejada, em mol/L, MM representa a massa molar do NaOH, em g/mol, e V representa o volume de solução desejado, em litros. Aplicando os valores na equação (3), de acordo com os dados expressos na metodologia, obtêm-se o seguinte valor de massa a ser dissolvido:

$$m = 1,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 40,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,150\text{L} \quad \text{Eq. 4}$$

$$m = 9,0\text{g de NaOH} \quad \text{Eq. 5}$$

A massa de hidróxido de sódio foi dissolvida em um erlenmeyer, com o auxílio de um agitador magnético. A esta solução adicionou-se o alumínio proveniente das latinhas de refrigerante. A mistura foi mantida em aquecimento e agitação constante. A reação pode ser observada pela liberação de gás hidrogênio, de acordo com a equação (6). A solução, inicialmente incolor, foi tornando-se escura, devido à liberação das impurezas presente no alumínio. A reação se procedeu até completa dissolução do alumínio.



Nesse momento, procedeu-se a explicação do conceito de reagente limite e reagente excesso. De acordo com a equação (6), 2 mol de alumínio reagem estequiometricamente com 2 mol de hidróxido de sódio. Utilizando-se das massas molares de cada um dos componentes é possível fazer uma previsão da quantidade de hidróxido necessária para dissolver a massa de 1 g de alumínio, utilizado no procedimento. A equação (7) demonstra isso.

$$\frac{2 \text{ mol} \cdot 27 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ de Al}}{1 \text{ g de Al}} = \frac{2 \text{ mol} \cdot 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ de NaOH}}{x \text{ (g de NaOH)}} \quad \text{Eq. 7}$$

$$x = 1,48 \text{ g de NaOH} \quad \text{Eq. 8}$$

Com isso, percebe-se que para reagir 1 g de alumínio são necessários 1,48 g de NaOH, enquanto a quantidade realmente utilizada foi de 9 g. Com isso, pode-se determinar que no experimento realizado o hidróxido de sódio é o reagente em excesso e o alumínio é o reagente limite. Percebeu-se que se utilizou uma massa 6 vezes maior que a necessária. Isso ocorreu para acelerar o processo de dissolução do alumínio.

Na sequência, a solução foi filtrada em papel filtro pré-pesado. O material retido no elemento filtrante é denominado, no processo de extração da alumina a partir da bauxita, de "lama vermelha" e trata justamente das impurezas presentes no minério. Neste caso, das impurezas contidas no alumínio presente na embalagem utilizada como fonte primária. Tal resíduo foi seco em estufa, sendo estes utilizados para apresentação do conceito e de cálculos envolvendo impurezas. Após seco, verificou-se que restaram cerca de 0,114 g ($\pm 0,001$ g) de materiais insolúveis, o que representa cerca de 11,4 % de impurezas, de acordo com a equação (9).

$$\frac{1 \text{ g de latinhas}}{0,114 \text{ g de impurezas}} = \frac{100 \% \text{ da amostra}}{x (\% \text{ de impurezas})} \quad \text{Eq. 9}$$

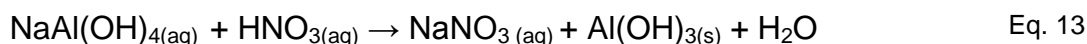
$$x = 11,4\% \text{ de impurezas} \quad \text{Eq. 10}$$

Outro conceito explorado neste experimento junto com os alunos foi o volume de gás hidrogênio (H_2) liberado durante a reação. Considerando que de total de 1 g de um material com alumínio, apenas 0,886 g de são de alumínio, pode-se determinar o volume de H_2 produzido pela reação, em condições normais de temperatura e pressão (CNTP), conforme descrito na equação (11).

$$\frac{2 \text{ mol} \cdot 27 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ de Al}}{0,886 \text{ g de Al}} = \frac{6 \text{ mol} \cdot 22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}} \text{ de H}_2}{x \text{ (L de H}_2\text{)}} \quad \text{Eq. 11}$$

$$x = 2,20 \text{ L de H}_2 \quad \text{Eq. 12}$$

Dando continuidade ao experimento, o filtrado, incolor, foi transferido para um béquer onde se adicionou, sob agitação, ácido nítrico (HNO_3) concentrado para precipitação do alumínio, conforme equação (13).



O hidróxido de alumínio (Al(OH)_3) produzido foi filtrado, com a ajuda de uma bomba à vácuo em um papel filtro pré-pesado e seco em estufa para cálculo de rendimento da reação. Após seco, obteve-se 2,452 g ($\pm 0,001$ g) de Al(OH)_3 . Considerando que a massa de alumínio realmente existente na amostra de latinhas metálicas era de 0,886 ($\pm 0,001$ g), pode-se obter, de acordo com a equação (6),

$$\frac{2\text{mol} \cdot 27 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ de Al}}{0,886 \text{ g de Al}} = \frac{2\text{mol} \cdot 118 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ de NaAl(OH)}_4}{x \{ \text{g de NaAl(OH)}_4 \}} \quad \text{Eq. 14}$$

$$x = 3,872 \text{ g de NaAl(OH)}_4 \quad \text{Eq. 15}$$

Com esse valor, é possível, a partir da equação (13), determinar a quantidade estequiométrica a ser produzida de Al(OH)_3 , como demonstra a equação (16).

$$\frac{1\text{mol} \cdot 118 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ de NaAl(OH)}_4}{3,872 \text{ g de NaAl(OH)}_4} = \frac{1\text{mol} \cdot 78 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ de Al(OH)}_3}{x \{ \text{g de Al(OH)}_3 \}} \quad \text{Eq. 16}$$

$$x = 2,559 \text{ g de Al(OH)}_3 \quad \text{Eq. 17}$$

A partir do resultado matematicamente obtido de acordo com as proporções estequiométricas e a massa de Al(OH)_3 resultante do experimento, foi possível discutir com os alunos o conceito de rendimento de uma reação. A equação (18) demonstra como foram efetuados os cálculos de rendimento junto com os alunos.

$$\frac{2,559 \text{ g de Al(OH)}_3}{2,452 \text{ g de Al(OH)}_3} = \frac{100 \% \text{ de rendimento}}{x (\% \text{ de rendimento})} \quad \text{Eq. 18}$$

$$x = 95,822 \% \text{ de rendimento} \quad \text{Eq. 19}$$

Percebeu-se que a quantidade obtida experimentalmente 2,452 g ($\pm 0,001$ g) é inferior aquela calculada pelos dados estequiométricos. Isso demonstra que, durante o procedimento experimental, houve perdas de matéria ou que não houve uma total reação com compostos de alumínio ali presentes.

Ao final, os alunos foram questionados sobre os benefícios trazidos pelo experimento. Os resultados podem ser observados nas considerações que seguem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento utilizou-se do processo Bayer de produção do alumínio, a partir de uma fonte do metal para explorar, didaticamente, conceitos de estequiometria. A presença de impurezas, reagente limite e reagente excesso, reações em etapas, além do rendimento de uma reação foram temas abordados.

O experimento realizado junto no momento de apresentação dos conceitos permitiu aos alunos visualizar aquilo que muitas vezes é ensinado somente na teoria. Com os conceitos sendo passados aos alunos no momento do experimento, foi mais fácil para os alunos compreenderem. Isso pode ser observado junto as respostas dadas pelos alunos quando questionados sobre a importância de tal atividade.

No que tange a presença de experimentos com tema gerador em química, 100 % dos alunos consideraram isso importante ou necessário. O resultado da aprendizagem foi verificado junto com os docentes de química, que revelou 83 % de melhoria no conceito do aluno, no conceito estequiometria.

Isso reforça a ideia elaborada por Hodson (1994), na qual o autor afirma que a imposição de significados não é uma boa forma de apresentação dos conteúdos para os alunos. É necessária a criação de um contexto dialógico em que esses sejam

coconstruídos. O presente procedimento experimental permitiu inserir no contexto de aprendizagem de química, temas relacionados ao conteúdo estequiometria de forma prática, instigando a curiosidade dos alunos e aguçando-os no interesse pela ciência química.

Assim, concluí-se que o presente trabalho atingiu o seu objetivo, que era o de melhorar a compreensão dos conteúdos que envolvam cálculos químicos, por meio de uma atividade experimental que abordasse vários conceitos estequiométricos.

REFERÊNCIAS

ABAL. Associação Brasileira do Alumínio. **O alumínio**: alumínio primário. Disponível em: <http://www.abal.org.br/aluminio/producao_alupri.asp>. Acessado em: 15 de fevereiro de 2012a.

_____. **O alumínio primário**. Disponível em: http://www.abal.org.br/aluminio/producao_alupri.asp. Acessado em 20 de janeiro de 2012b.

ABRALATAS. Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alta Reciclabilidade. **Reciclagem**. Disponível em: <http://www.abralatas.org.br/common/html/grafico.pdf>. Acessado em 10 de abril de 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais**: meio ambiente. Brasília: MEC/SEB, 2002.

CAZZARO, Flávio. Um experimento envolvendo estequiometria. **Química Nova na Escola**. n. 10, p. 53-54, 1999.

CONSTANTINO, Vera R. Leopoldo; *et al.* Preparação de compostos de alumínio a partir da bauxita: considerações sobre alguns aspectos envolvidos em um experimento didático. **Química Nova**. v. 25, n. 3, p. 490-498, 2002.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**. n. 10, nov/1999.

GOMES, R. S.; MACEDO, S. H. Cálculo estequiométrico: o terror nas aulas da química. **Vértices**. v. 9, n. 1/3, jan/dez. Campo dos Goytacazes, 2007.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, vol. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

IZQUIERDO, M; SANMARTÍ, N; ESPINET, M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n.1, p. 45-60, 1999.

LIRA, M. B.; RECENA, M. C. P. Avaliação das possibilidades de uso de vídeos digitais didáticos de experimentos para o ensino de estequiometria. **XV Encontro Nacional de Ensino de Química**. Brasília: UnB, 2010.

MALDANER, O. A. A pesquisa como perspectiva de formação continuada do

professor de química. **Química Nova**, v. 22, n. 2, São Paulo: mar./abr 1999.

MIGLIATO FILHO, J. R. **Utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do ensino médio**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos: UFSCar, 2005.

RUSSELL, John Blair. **Química geral**. 2. ed. v. 1. São Paulo: Macgraw-Hill do Brasil, 1994.

SAMPAIO, J.A.; ANDRADE, M.C.; DUTRA, A.J.B. Bauxita. In: **Rochas & Minerais Industriais**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005.

SCHWAHN, M. C. A.; OAIGEN, E. R. Objetivos para o uso da experimentação no ensino de química: a visão de um grupo de licenciados. **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Florianópolis, 2009.