

## A EXPERIMENTAÇÃO EM QUÍMICA COMO METODOLOGIA DE ENSINO PARA A COMPREENSÃO DA ACIDIFICAÇÃO DOS OCEANOS

*Experimentation in chemistry as a teaching methodology for understand ocean acidification*

**Talissa Naomi Oka**, [talissa@ufpr.br]

**Alessandro Vieira Neiverth**, [ale\_neiverth@hotmail.com]

**Camila Fabricio Kerkhoff**, [camilakerkhoff@gmail.com]

**Eliane do Rocio Alberti Comparin**, [eliane.alberti@yahoo.com.br]

**Guilherme Sippel Machado**, [guimachado@ufpr.br]

*Laboratório de Bioinorgânica Marinha e Química Verde, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, Núcleo Mirassol, Caixa-Postal: 61, CEP: 83255-000, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil.*

*Recebido em: 13/09/2018*

*Aceito em: 08/04/2019*

### Resumo

A experimentação é uma metodologia de ensino amplamente utilizada na área de química, e pode ser empregado também na abordagem de temas relativos à conscientização ambiental dos estudantes. Neste sentido, o presente trabalho traz uma proposta de experimento utilizando um indicador natural ácido-base de feijão preto, que pode ser empregado pelos estudantes para avaliar se soluções inicialmente desconhecidas para estes apresentam caráter ácido ou básico. Dentre as soluções testadas está a água do mar, que apresenta caráter básico. Sendo que, a partir da constatação deste fato pelos estudantes, posteriormente pode-se ocorrer a discussão da temática ambiental, com abordagem específica da acidificação dos oceanos.

**Palavras Chave:** Indicadores ácido-base; Conscientização Ambiental; Acidificação dos Oceanos.

### Abstract

Experimentation is a teaching methodology widely used in chemical science, being employed also in the approach to student's environmental awareness. In this sense, the present work shows an experimental propose using a natural acid-basic indicator based on black bean. Students to evaluate if initially unknown solutions presents acidic or basic characteristics can use the indicator. Among the solutions tested is seawater that shows basic characteristic. From this finding by students, subsequently the discussion of the environmental theme can occur, with specific approach of ocean acidification.

**Keywords:** Acid-basic Indicators; Environmental Awareness; Ocean Acidification.

## Introdução

A experimentação é um dos pilares da química (Giordan, 1999) e estudos indicam que esta é uma metodologia eficaz para ensino tanto de ciências (Valadares, 2001) quanto da química em si (Guimarães, 2009). A Química é uma ciência que traz em sua essência a parte empírica, que por um lado está enraizada na concepção empírico-positivista (Maldaner, 1999), ou seja, baseada na observação e na experiência, mas que pode ser também utilizada para associar a teoria à prática, contribuindo com a assimilação e apropriação do conteúdo por parte dos estudantes. Convém também ressaltar que os estudantes, de modo geral, veem como extremamente positiva a realização de experimentos para o ensino de conceitos químicos (Cardoso & Colinvaux, 2000).

A experimentação pode ser utilizada, inclusive, para auxiliar na discussão de temas envolvendo a temática ambiental (Oliveira *et al.*, 2016), contribuindo de forma significativa para a Educação Ambiental no que diz respeito ao processo de ensino e aprendizagem dos estudantes acerca dos fenômenos ambientais, possibilitando a formação de senso crítico e a capacidade de proposição de resoluções ou mitigações dos problemas vivenciados (Oliveira *et al.*, 2016). No presente trabalho, será descrito um procedimento experimental utilizando conceitos de ácidos e bases para aplicação em turmas do Ensino Médio com o objetivo de se trabalhar, além dos conceitos químicos envolvidos, a problemática da acidificação dos oceanos pelo excesso de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera.

## Emissões de CO<sub>2</sub> e a acidificação dos oceanos

Grandes concentrações de CO<sub>2</sub> são lançadas diariamente na atmosfera terrestre (Song, 2006; Wang *et al.*, 2011; Santos & Ronconi, 2014), com o advento da Revolução Industrial no século XVIII a busca por energia e manutenção dos processos industriais necessários à continuidade da sociedade humana moderna desencadeou o uso de matéria orgânica (Song, 2006), seja de origem renovável ou fóssil, para geração de energia. Neste contexto, o CO<sub>2</sub> fixado na biosfera como lenho (efetivamente o carbono presente em plantas) ou na matéria decomposta e armazenada em depósitos geológicos (combustível fóssil como petróleo e gás natural) é novamente lançado à atmosfera pela queima da matéria orgânica para geração de energia (Santos & Ronconi, 2014).

Estudos realizados com amostras de ar aprisionado em blocos de gelo presentes em regiões polares, tanto ao sul quanto ao norte do planeta, indicaram que a concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> antes da Revolução Industrial, ou seja, anterior ao século XVIII, era de aproximadamente 280 ppmv (partes por milhão em volume – mL por m<sup>3</sup> de ar), subindo para 380 ppmv em 2008 (Girard, 2016, p. 49). Atualmente, em agosto de 2018, a concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> é de 406,99 ppmv (CO<sub>2</sub> Earth, 2018), com previsões alarmantes de atingir até 550 ppmv no ano de 2050 (Raupach *et al.*, 2007). Um dos problemas gerados pelo aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera é o efeito estufa, responsável por um leve aumento, mas extremamente significativo da temperatura do planeta (Santos & Ronconi, 2014), que pode acarretar sérios problemas ao meio ambiente.

Em contrapartida, os oceanos são responsáveis por uma grande absorção de CO<sub>2</sub> atmosférico, criando depósitos permanentes para fixação do CO<sub>2</sub>, apesar da deposição lenta de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>). Alguns estudos sugerem uma deposição forçada do CO<sub>2</sub> produzido industrialmente nas profundezas do oceano por meio de gasodutos, todavia, existe muita controvérsia sobre os impactos ambientais de tal estratégia para o ecossistema marinho (Metz *et al.*, 2005), pois acredita-se que deverá ocorrer uma acidificação intensa das águas oceânicas (The Royal Society, 2005), devido a acentuada produção do ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), oriundo da dissolução do CO<sub>2</sub> em água. Esta acidificação acarretaria sérios problemas para o desenvolvimento normal da fauna e flora marinhas (Kleypass & Yates, 2009; Waldbusser *et al.*, 2001).

A concentração elevada de CO<sub>2</sub> na atmosfera contribui para o agravamento do efeito estufa, com elevação da temperatura global, que potencialmente terá efeitos nocivos para os diferentes ecossistemas do planeta, incluindo todo o ambiente marinho (Zeebe & Wolf-Gladrow, 2005), desde a dificuldade de absorção das moléculas de gás pelas águas superficiais que estarão com uma temperatura mais elevada, até a contribuição para dissolução de corais e de geleiras, causando prejuízos ao desenvolvimento normal de animais marinhos e algas (The Royal Society, 2005). Tendências futuras apontam para o decréscimo na concentração de íons carbonato e no pH das águas oceânicas com o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera terrestre (Zeebe & Wolf-Gladrow, 2005). Estas mudanças podem ser extremamente relevantes para o crescimento, taxas de calcificação e composição isotópica de plâncton marinho, cascas de moluscos e corais, sendo esperada uma diminuição na produção de CaCO<sub>3</sub> nos oceanos (por corais, foraminíferas e *coccolithophoris*) (Kleypass & Yates, 2009; Waldbusser *et al.*, 2001). Se a concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico aumenta, a concentração de CO<sub>2</sub> na superfície oceânica também aumenta, sendo que a taxa de calcificação de organismos marinhos tem-se mostrado sensível às mudanças no estado de saturação, assim, a produção de CaCO<sub>3</sub> é reduzida com concentrações maiores de CO<sub>2</sub> (Zeebe e Wolf-Gladrow, 2005),

As preocupações mundiais acerca do aquecimento global ficam evidentes a cada dia, sobretudo com a recente reunião da COP21 (“*Conference of Parties*”) em dezembro de 2015 em Paris (COP21, 2018), onde os acordos climáticos entre os países foram revistos e novas metas propostas para tentar diminuir a aceleração do aquecimento global, um dos pontos principais para tentar alcançar o sucesso é a diminuição da quantidade dos gases causadores do efeito estufa na atmosfera, sobretudo o CO<sub>2</sub>.

Neste contexto, trabalhar a educação de crianças e adolescentes em relação ao tema visa contribuir para que se crie uma consciência crítica acerca do tema e sobre o seu papel na mitigação ou diminuição do problema, sendo que a experimentação em química pode auxiliar neste processo.

## **Materiais e Métodos**

O experimento foi desenvolvido para ser utilizando em turmas do 1º ano do Ensino Médio, podendo ser empregado como uma aula introdutória para o tema de ácidos e bases, e principalmente, para discussão do tema de interesse ambiental (Oliveira *et al.*, 2016) da acidificação dos oceanos. O experimento sugerido aqui pode ser realizado em sala de aula ou em um espaço de laboratório na instituição de ensino.

No experimento, foi utilizado como indicador natural para compostos ácidos ou básicos um extrato aquoso de feijão preto, que foi obtido pela imersão do feijão preto (50 g) em água potável (500 mL) por aproximadamente quatro horas, este indicador, de coloração inicial roxa escura, fica vermelho em contato com substâncias ácidas e esverdeado em contato com substâncias básicas. Alternativamente, o indicador pode ser obtido pela imersão do feijão preto em água por aproximadamente cinco minutos, utilizando-se um micro-ondas caseiro como fonte de energia para extração das antocianinas (Terzi & Rossi, 2002) do feijão preto.

Para uma melhor organização didática, sugere-se ao professor que for propor o experimento que organize as turmas de Ensino Médio em grupos, o quantitativo de cada grupo irá depender da realidade de cada turma. Cada grupo deve receber cinco copos de plástico transparentes, mais o indicador ácido-base de água de feijão (30 mL) e 30 mL das seguintes soluções: vinagre, água da torneira, hidrogeno carbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub> - comumente conhecido como bicarbonato de sódio) em água (utilizar pequenas quantidades de NaHCO<sub>3</sub>, apenas para basificar o meio, não saturar a solução para evitar precipitação), refrigerante incolor e água do mar.

O experimento consiste em misturar o indicador ácido-base com cada uma das cinco soluções citadas anteriormente. Haverá uma variação de cor de acordo com o pH da mistura: se ácido, ficará

avermelhado ( $\text{pH} < 7$ ); se básico, ficará esverdeado/azulado ( $\text{pH} > 7$ ); e se neutro, não haverá mudança significativa com relação a cor do indicador ácido-base ( $\text{pH} = 7$ ). Os estudantes recebem a informação da cor após terem inserido o indicador e anotado suas observações, podendo indicar a ordem da substância mais ácida para a mais básica. Ainda, os estudantes podem misturar as substâncias vinagre e água com  $\text{NaHCO}_3$  para observar a reação que ocorre.

Imediatamente após a realização do experimento pode ser realizada uma conversa dirigida com a proposição de uma questão problematizadora acerca da acidificação dos oceanos, conforme exposta a seguir:

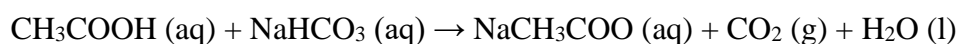
*“A água do mar possui características básicas, que são fundamentais para a que conchas e corais (que são formado por carbonato de cálcio) possam crescer e se desenvolver. Um dos grandes problemas ambientais atuais é a acidificação dos oceanos, que ocorre devido à presença cada vez maior de  $\text{CO}_2$  (gás carbônico) na atmosfera, este gás tem características ácidas, e quando se dissolve no mar, pode modificar o pH das águas, levando para um pH ácido. Inclusive, muitos recifes de corais e conchas de moluscos já sofrem a ação da acidificação, ou seja, estão se decompondo. A acidificação causa problemas para todo o ecossistema marinho. Sabendo disto, cite pelo menos duas atitudes que você pode tomar no seu dia-a-dia para evitar a liberação de mais  $\text{CO}_2$  para a atmosfera”.*

Esta questão pode ser trabalhada para se desenvolver a consciência crítica dos estudantes sobre o assunto, sugere-se ainda que a sistematização desse conhecimento pode ser realizada por meio de ilustrações/desenhos ou produção de textos, com posterior socialização na turma.

## Resultados e Discussão

Ao colocar em prática o experimento com turmas de 1º ano do Ensino Médio os estudantes inicialmente não sabem quais são as soluções (Figura 1) e testam cada uma delas com o indicador, podendo assim distinguir visualmente se uma solução apresenta característica básica ou ácida (Figura 2), sendo ácidas as soluções de vinagre e refrigerante incolor, básicas as soluções de  $\text{NaHCO}_3$  e água do mar, e praticamente neutra a amostra de água de torneira. A mudança de cor que ocorre com o indicador natural de extrato aquoso de feijão preto deve-se a presença das antocianinas, que são pigmentos derivados da classe dos flavonoides, que possuem a capacidade de alterar sua cor devido à protonação ou não de suas moléculas (Terci & Rossi, 2002).

No experimento, os estudantes também podem observar o que ocorre quando o ácido do vinagre entra em contato com um sal de caráter básico, o  $\text{NaHCO}_3$ , com liberação de gás  $\text{CO}_2$ , como representado pela reação abaixo:





**Figura 1:** Copos enumerados antes da adição do indicador ácido-base (localizado na extrema direita), sendo vinagre (1), água da torneira (2), solução de  $\text{NaHCO}_3$  (3), refrigerante incolor (4), água do mar (5). FONTE: Os autores (2017).



**Figura 2:** Copos enumerados de 1 a 5, com as mesmas soluções indicadas na Figura 1, após a adição do indicador ácido-base. FONTE: Os autores (2017).

No exercício proposto na sequência à realização do experimento, e após a verificação pelos estudantes que a água do mar apresenta características básicas (apresenta coloração levemente esverdeada em contato com o indicador de feijão preto) (Figura 2 – copo de número cinco), foi proposta a questão problematizadora sobre a acidificação dos oceanos, relacionando a presença cada vez maior de  $\text{CO}_2$  (que apresenta característica ácida) (The Royal Society, 2005) na atmosfera, com a acidificação das águas oceânicas, que ocorre quando há a dissolução do  $\text{CO}_2$  no mar, podendo causar prejuízos para todo o ecossistema marinho. Durante a apropriação do conhecimento sobre o conteúdo, os estudantes são desafiados a citar duas atitudes que poderiam tomar no seu dia a dia para evitar a liberação de mais  $\text{CO}_2$  para a atmosfera. Dentre as principais respostas que podem ser constatadas pelos estudantes estão: evitar a queima de materiais (principalmente combustíveis fósseis) e utilizar meios de transporte alternativos (reduzindo o uso de automóveis). Os exemplos para a mitigação, ou diminuição, do problema ambiental, podem ser reforçados com os estudantes durante o desenvolvimento do experimento.

Nesse sentido, pode-se dizer que o experimento proposto é uma metodologia de ensino que favorece a apropriação do conhecimento científico sobre a acidificação dos oceanos de forma significativa e prazerosa, fugindo dos moldes abstratos e tradicionais de ensino praticados em sala de



aula. Tal experimento pode ser aplicado com maior facilidade em instituições de ensino de região litorânea, onde existe um acesso mais direto à água do mar. Em regiões onde o acesso é mais difícil, uma solução pode ser adquirir a água do mar em lojas que vendem insumos para aquários.

Todos os resíduos envolvendo a mistura do indicador natural de pH e as substâncias, podem ser descartados no lixo comum. Os copos plásticos podem ser lavados e reutilizados em novas turmas (preferencialmente para evitar a geração de resíduos), ou em caso de inutilização, encaminhados para reciclagem.

## Considerações Finais

Neste trabalho é apresentada uma proposta de experimento químico como metodologia de ensino empregando um indicador ácido-base natural obtido pela imersão do feijão preto em água, tal indicador pode ser utilizado pelos estudantes para testar substâncias inicialmente não identificadas e determinar visualmente se uma solução é ácida ou básica.

Uma das substâncias testadas é a água do mar, que apresenta característica básica, mas que pode sofrer um sério problema de acidificação pelo aumento significativo do CO<sub>2</sub> na atmosfera, que se dissolve nas águas oceânicas, levando a uma formação acentuada de ácido carbônico. Após a realização do experimento, os estudantes são apresentados à uma questão problematizadora sobre o assunto, buscando que estes consigam propor soluções para a mitigação ou diminuição do problema ambiental.

Desse modo, o experimento pode ser utilizado como metodologia de ensino ao trabalhar conteúdos químicos propostos nos currículos escolares, tendo em vista a preocupação em se estabelecer relações do conteúdo com o cotidiano dos estudantes, enfatizando a problemática ambiental, tão recorrente no momento em que estamos vivendo, sobre a acidificação dos oceanos.

## Referências

- Cardoso, S. P., & Colinviaux, D. (2000). Explorando a motivação para estudar química. *Química Nova*, 23(2), 401-404.
- Giordan, M. (1999). O papel da experimentação no Ensino de Ciências. *Química Nova na Escola*, 10, 43-49.
- Girard, J. (2016). *Princípios de Química Ambiental*. Reimpressão, Rio de Janeiro: LTC.
- Guimarães, C. C. (2009). Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. *Química Nova na Escola*, 31(3), 198-202.
- <http://www.cop21paris.org/about/cop21/>, acesso em Maio 2018.
- <https://www.co2.earth>, acesso em Setembro 2018.
- Kleypas, J., & Yates, K. K. (2009). Coral reefs and ocean acidification. *Oceanography*, 22(4), 108-117.
- Maldaner, O. A. (1999). A Pesquisa como Perspectiva de Formação Continuada do Professor de Química. *Química Nova*, 22(2), 289-292.

- Metz, B., Davidson, O., Coninck, H., Loos, M., & Meyer, L. (2005). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Canada: Cambridge University Press.
- Oliveira, R., Cacuro, T. A., Fernandez, S, & Irazusta, S. P. (2016). Aprendizagem Significativa, Educação Ambiental e Ensino de Química: Uma Experiência Realizada em uma Escola Pública. *Revista Virtual de Química*, 8(3), 913-925.
- Raupach, M. R., Marland, G., Ciais, P., Le Quéré, C., Canadell, J. G., Klepper, G., & Field, C. B. (2007). Global and regional drivers of accelerating CO<sub>2</sub> emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(24), 10288-10293.
- Song, C. (2006). Global challenges and strategies for control, conversion and utilization of CO<sub>2</sub> for sustainable development involving energy, catalysis, adsorption and chemical processing. *Catalysis Today*, 115(1-4), 2-32.
- Santos, T.C., & Ronconi, C. M. (2014). Captura de CO<sub>2</sub> em Materiais Híbridos. *Revista Virtual de Química*, 6(1), 112-130.
- Terci, D. B. L., & Rossi, A. V. (2002). Indicadores Naturais de pH: Usar Papel ou Solução? *Química Nova*, 25(4), 684-688.
- The Royal Society. (2005). Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide. London: The Royal Society, 2005.
- Valadares, E. C. (2001). Experimentos de baixo custo. *Química Nova na Escola*, 13, 38-40.
- Waldbusser, G. G., Steenson, R. A., & Green, M. A. (2001). Oyster Shell Dissolution Rates in Estuarine Waters: Effects of pH and Shell Legacy. *Journal of Shellfish Research*, 30(3), 659-669.
- Wang, Q., Luo, J., Zhong, Z, & Borgna, A. (2011). CO<sub>2</sub> capture by solid adsorbents and their applications: current status and new trends. *Energy & Environmental Science*, 4(1), 42-45.
- Zeebe, R. E., & Wolf-Gladrow, D. (2005). CO<sub>2</sub> in seawater: Equilibrium, Kinetics, Isotopes. Netherlands: Elsevier.