



Atividades Experimentais Simples Envolvendo Adsorção sobre Carvão

Aparecida Maria Simões Mimura, Janilson Ribeiro Castro Sales e Paulo César Pinheiro

Colocar carvão no interior de geladeiras para retirar odores desagradáveis compreende um saber popular associado ao fenômeno da adsorção. No presente artigo, propomos duas atividades experimentais simples, associadas a esse contexto, que podem ser desenvolvidas para se estudar ligações químicas.

► adsorção, carvão, atividades experimentais ◀

Recebido em 17/02/09, aceito em 21/09/09

53

O ato de se colocar carvão no interior da geladeira para retirar odores desagradáveis compreende um saber popular bastante conhecido e útil. Tais odores decorrem da presença de substâncias voláteis que se desprendem ou que são produzidas na decomposição dos alimentos, mesmo em baixa temperatura. Ao colocar carvão nesse ambiente, essas substâncias são retidas em sua superfície, diminuindo assim a concentração delas e a intensidade de seus odores (Figura 1). Uma das vantagens de usar o carvão para esse propósito é que ele pode ser reutilizado várias vezes, cabendo aquecê-lo quando saturado para desprender as substâncias nele aderidas e recolocá-lo novamente no interior da geladeira.

Devido à sua composição química e área superficial, o carvão apresenta uma propriedade importante chamada adsorção, que consiste na retenção de substâncias líquidas, gasosas

ou dissolvidas em sua superfície. O fenômeno difere da absorção, pois ocorre somente na superfície do material. Em algumas situações, é difícil avaliar se um fenômeno é adsorção ou absorção, sendo mais prudente dizer que houve *sorção* simplesmente. No caso dos fenômenos que envolvem o carvão, no entanto, prevalece o fenômeno da adsorção, a qual é explicada com base em dois tipos de interação: adsorção física (fisissorção) e adsorção química (quimissorção). A distinção pode ser basicamente atribuída à natureza e intensidade

das interações que ocorrem entre o material que adsorve (adsorvente) e o material que é adsorvido (adsorvato). Na fisissorção, a interação ocorre por forças intermoleculares do tipo Van der Waals (interação de dispersão ou dipolo induzido, também chamada de forças de London, e interação dipolo-dipolo, por exemplo). Na quimissorção, a união ocorre por meio de ligações químicas (normalmente covalentes), que tendem a um número de coordenação máximo com o substrato. Os valores típicos da entalpia da adsorção física estão na faixa de 20 kJ mol^{-1} , enquanto que, na adsorção química, esse valor é da ordem de 200 kJ mol^{-1} (Atkins, 1997). Normalmente, as interações presen-

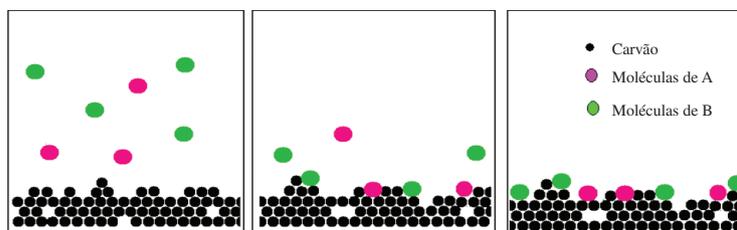


Figura 1: Ilustração do fenômeno da adsorção sobre carvão: as bolinhas coloridas representam moléculas de gases hipotéticos A e B que circulam no interior da geladeira e que são adsorvidas na superfície do carvão (bolinhas pretas) após certo tempo.

A seção "Experimentação no ensino de Química" descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes usados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola.

tes na adsorção física também estão presentes quando ocorre adsorção química. Por isso, é mais adequado descrever o processo de adsorção como uma combinação desses dois tipos de interação (Guilarduci e cols., 2006).

O carvão é um material formado por cadeias de carbono em cujas extremidades podem existir vários elementos, sendo mais comuns o oxigênio e o hidrogênio, constituindo grupos funcionais carbonila, carboxila, hidroxila e enóis. Existem vários tipos de carvão, sendo as principais diferenças decorrentes da forma de obtenção, da porosidade e da área superficial. Os mais comuns são o carvão mineral, o vegetal e o ativado. O utilizado para retirar odores do interior das geladeiras é o vegetal, o qual é obtido por meio da carbonização da madeira, geralmente eucalipto, a uma temperatura média de 500°C. Essa carbonização pode ocorrer durante vários dias em fornos com ciclos alternados de aquecimento e resfriamento e controle da entrada de oxigênio/ar. Nesse processo, cerca de 30 a 40% da madeira produz carvão vegetal, enquanto o restante produz gases, os quais podem ser recolhidos por meio de sistemas de condensação de vapores, mas na maioria das vezes são liberados para a atmosfera (Brito, 1990).

Outro tipo que apresenta vantagens associadas à adsorção é o ativado. Esse tipo é obtido a partir de carbonização em atmosfera inerte de materiais lignocelulósicos como madeira, casca de coco, bagaço de cana de açúcar, palha de milho, casca de arroz, entre outros, seguindo-se de tratamento térmico e/ou químico (Guilarduci e cols., 2005; Jaguaribe e cols., 2005). A ativação consiste na retirada de resíduos orgânicos (alcatrão, creosoto e naftas, por exemplo) que estejam obstruindo os poros, resultando em uma forma de carvão mais poroso e, por isso, com maior área superficial. Diferentes tamanhos de poros podem ser formados de acordo com a temperatura, o material de origem e as condições de ativação. Na ativação física, geralmente emprega-se também água e gás

carbônico. Reagentes tais como cloreto de zinco, ácido sulfúrico, ácido fosfórico, hidróxido de potássio e hidróxido de sódio são os mais comuns na ativação química (Chuah e cols., 2005; Rocha e cols., 2006; Bendezú e cols., 2005).

Propomos, a seguir, a realização de dois experimentos simples para o estudo do fenômeno da adsorção sobre carvão: o primeiro envolve a interação com corantes de um refresco artificial e, no segundo, sugerimos a construção de uma "máscara de gás" feita com materiais de fácil acesso.

Experimento nº 1 - Adsorção de corantes

Material

- Um frasco para preparar 500 mL de um refresco artificial;
- Quatro copos de béquer de 250 mL ou copos comuns;
- Duas folhas de papel de filtro ou do tipo usado para coar café;
- Dois funis ou suporte de filtro para coar café;
- Duas colheres de chá;
- Um pacote de refresco em pó (de qualquer tipo, sendo o efeito visual mais nítido com os de morango e uva);
- Um almofariz com pistilo (ou pequeno pilão de madeira);
- Carvão de churrasco;
- Carvão ativado (pode ser obtido em lojas de produtos para aquários ou em casas de materiais de construção);
- Luvas.

Procedimentos

Prepare cerca de 500 mL de refresco conforme as instruções no rótulo da embalagem. Triture aproximadamente duas colheres de cada tipo de carvão até obter uma granulação semelhante para ambos (use luvas para manipular os dois tipos de carvão, porque sujaram as mãos ao simples toque). Em um dos copos, coloque uma colher de chá cheia do carvão vegetal e, no outro, a mesma medida de carvão ativado. Adicione então o refresco preparado até o volume aproximado

de 100 mL, agite e deixe em repouso por cerca de cinco minutos. Em seguida, filtre as duas soluções simultaneamente para separar o carvão do refresco. Compare agora a coloração das soluções filtradas com a do refresco original.

Questões

1) Por que razão a coloração do refresco diminuiu de intensidade após o contato com o carvão?

2) Qual das soluções de refresco descoloriu mais intensamente: aquela que entrou em contato com o carvão de churrasco ou a que entrou em contato com o carvão ativado? Por quê?

Experimento nº 2 - Construindo uma "máscara de gás"

Material

- Duas garrafas PET com tampa (uma de dois litros e outra de dois litros e meio);
- Um pedaço de mangueira plástica ou de borracha flexível com aproximadamente 10 mm de diâmetro e 50 cm de comprimento;
- Uma tesoura;
- Uma peneira fina;
- Um prego pequeno;
- Uma lamparina;
- Uma garra para tubo de ensaio (ou prendedor de roupa de madeira);
- Um almofariz com pistilo (ou pequeno pilão de madeira);
- Fita adesiva;
- Esponja e sabão;
- Carvão de churrasco (ou carvão ativado);
- Luvas;
- Meia cebola e um dente de alho cortados.

Procedimentos

Inicie limpando bem as garrafas com água e sabão, inclusive as tampas, e corte-as de modo a separar a área da base da área do gargalo, ou seja, cortando as garrafas ao meio. Em seguida, esquente a ponta do prego na chama da lamparina (utilize a garra de tubo de ensaio para segurar a outra extremidade do prego sob aquecimento, tomando

o cuidado para não se queimar) e faça vários furos, distribuindo-os regularmente tanto na base da garrafa como ao redor do seu gargalo (faça isso na garrafa de dois litros que foi cortada ao meio). Corte a mangueira de borracha no sentido longitudinal e adapte-a ao redor da borda da meia garrafa contendo o gargalo na qual fez os furos com o prego. Pode ser necessário colocar um pedaço de fita adesiva para manter a mangueira fixa. Triture agora alguns pedaços de carvão, reduzindo-os ao tamanho aproximado de um grão de feijão. O ideal aqui é reduzir o tamanho do carvão a uma dimensão um pouco maior do que os furos feitos nas garrafas. Elimine o pó de carvão, utilizando a peneira. Para montar a máscara, pegue a meia garrafa perfurada referente à base da garrafa e coloque o carvão triturado nela até cobrir bem os furos. Depois, pegue a meia garrafa perfurada, referente ao gargalo com a mangueira fixada na borda, e vire-a sobre a outra metade da garrafa contendo o carvão. Encaixe bem essas duas partes. Será necessário girar e balançar para encaixar bem uma na outra. Passe fita adesiva ao redor do encaixe (Figura 2), procurando manter o carvão cobrindo os furos da meia garrafa de baixo. As meias garrafas também podem ser dispostas de modo invertido, ou seja, a metade correspondente ao gargalo pode ser colocada embaixo para conter o carvão, e a metade correspondente à base pode ser encaixada sobre a anterior. Nessa situação, no entanto, a máscara não poderá ser posicionada em pé, comprometendo a acomodação do carvão.



Figura 2: A máscara de gás.

Coloque agora o alho e a cebola cortados dentro da base da outra meia garrafa (a de dois litros e meio que não foi perfurada com prego). Feito isso, adapte a máscara de gás sobre a meia garrafa contendo o alho e a cebola, passando fita adesiva ao redor do encaixe (Figura 3). Para testar a máscara, aproxime seu rosto dela de modo a respirar em seu interior (Figura 4). Para maior segurança, acomode algodão na parte superior da máscara, de modo a não inalar eventual poeira de carvão. O teste da máscara pode ainda prosseguir por algumas horas e até o dia seguinte se quiser. Ao colocarmos alho e cebola em um frasco aberto numa sala, os odores se difundem rapidamente no ambiente, sendo possível perceber de imediato os seus odores. Deixe a máscara de carvão sobre a meia garrafa contendo alho e cebola de um dia para o outro e observe seu efeito no ambiente da sala.



Figura 3: A máscara pronta para teste.



Figura 4: Testando a máscara de gás.

Questões

- 1) Os odores do alho e da cebola são perceptíveis ao usarmos a máscara de gás?
- 2) Como se explica o fato de esses odores serem retidos pela máscara?

Discussão

O experimento nº 1 pode ser usado para simular visualmente o que ocorre quando o carvão é colocado no interior da geladeira para retirar odores desagradáveis, embora os fenômenos sejam distintos, pois no caso do experimento envolvendo o refresco, ocorre adsorção de compostos orgânicos dissolvidos (os corantes), enquanto que no interior da geladeira ocorre adsorção de gases ou substâncias que conferem cheiro (flavorizantes ou aromatizantes), mais próximo do que ocorre na máscara de gás.

No experimento nº 1, observamos que a intensidade da coloração do refresco diminui após o contato com o carvão, pois ocorreu a adsorção de algumas moléculas corantes em sua superfície. Em relação aos dois tipos de carvão utilizados, o carvão ativado foi o que provocou esse efeito mais intensamente. Isso ocorreu devido à maior quantidade e variedade de poros existentes nele, disponibilizando uma área superficial maior para interação com os corantes do refresco. A adsorção de compostos orgânicos de soluções aquosas sobre o carvão ativado é resultado das propriedades hidrofóbicas dessas substâncias e da alta afinidade com o carvão. Entretanto, a natureza exata dessa interação ainda não está completamente esclarecida. Mattson e cols. (*apud* Soares, 1998) postularam que compostos aromáticos são adsorvidos sobre carvão ativado por meio de um mecanismo que envolve grupos carbonílicos existentes na superfície deste, que agem como doadores de elétrons, e anéis aromáticos presentes nos corantes, que agem como receptores de elétrons. Devido ao tamanho dessas moléculas, a adsorção delas ocorre principalmente nos mesoporos do carvão – poros com diâmetro entre 2 e 50 nanômetros (Teixeira e cols., 2001; Alvarenga, 2007).

Por outro lado, a adsorção de gases é um fenômeno que ocorre principalmente nos microporos do carvão – poros com diâmetro menor que 2 nanômetros. No carvão ativado, existe uma grande quantidade de poros desse tamanho (em torno de

90%). Já no carvão vegetal, a maioria dos poros encontra-se obstruída, mas mesmo assim este se mostra eficiente no experimento da máscara de gás. É possível que a adsorção das substâncias que conferem o odor à cebola e ao alho ocorra tanto nos mesoporos como nos microporos do carvão, considerando que são moléculas orgânicas no estado gasoso de tamanho relativamente elevado, porém menores que as moléculas corantes dos refrescos.

Devido à sua elevada porosidade, o carvão ativado possui maior capacidade de reter gases, líquidos, substâncias dissolvidas e impurezas em sua superfície, sendo utilizado em diversos processos industriais quando se deseja purificar uma substância ou mistura de substâncias, clarear algum produto ou remover contaminantes. Na indústria de alimentos, por exemplo, o carvão ativado é usado na purificação de óleos, sucos de frutas e bebidas alcoólicas. Já na indústria farmacêutica, é utilizado no processo de fabricação de medicamentos como antibióticos e anestésicos. Ainda podemos citar a sua utilização em aparelhos de diálise, filtros para

cigarros, filtros para aquário, na purificação de água doméstica, industrial e no tratamento de efluentes. Ele elimina cor, odor e remove substâncias orgânicas dissolvidas. Esse tipo de carvão pode ainda ser aplicado na purificação de ar, já que adsorve contaminantes nocivos e remove materiais indesejáveis por meio de aparatos operacionais como filtros industriais ou máscaras de proteção contra gases tóxicos.

Após a realização dos experimentos, propomos mais três questões para discussão entre os alunos, visando aplicar os conhecimentos adquiridos no cotidiano:

1) Ao escolher entre o carvão ativado e o carvão vegetal para retirar odores da geladeira, qual é mais eficiente? Por quê?

2) É melhor utilizar carvão em pedaços ou triturado para essa finalidade? Por quê?

3) Após certo tempo de uso do carvão para retirar odores desagradáveis das geladeiras, este se torna saturado de substâncias químicas. É possível reutilizar o carvão após sua saturação? Como?

Como atividade adicional, sugerimos ainda que os alunos inves-

tiguem como as pessoas comuns explicam o uso do carvão para retirar odores da geladeira.

Agradecimentos

Aos acadêmicos Tiago Ferreira Campos, Elidiane de Carvalho e Amanda Muffato Teixeira, pelas contribuições iniciais ao desenvolvimento do experimento nº 1; à Profa. Dra. Honória de Fátima Gorgulho do DCNAT/UFSJ, pela ajuda na compreensão teórica dos tipos de adsorção; à acadêmica Sabrina Gomes Faria (foto da Figura 4); e aos assessores e editores de QNESC pela acolhida e pelas sugestões dadas ao manuscrito.

Aparecida Maria Simões Mimura (amsrtm@gmail.com), licenciada em Química pela Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), é docente de Química, Física e Matemática do Colégio Pitágoras nas unidades Aichi e Hamamatsu, no Japão. **Janilson Ribeiro Castro Sales** (janilsonufs@yahoo.com.br), licenciando em Química pela UFSJ, é docente de Química na Escola Estadual Professor Raimundo Martiniano Ferreira em Ponte Nova, MG. **Paulo César Pinheiro** (pccpin@ufs.edu.br) licenciado e bacharel em Química pela UFJF, mestre em Química Analítica pelo IQ-USP, doutor em Educação/Ensino de Ciências e Matemática pela FE-USP, é docente/pesquisador do Departamento de Ciências Naturais da UFSJ.

Referências

ALVARENGA, W.F. *Produção de carvão ativado a partir da palha de milho e sua aplicação na adsorção de metais pesados*. 2007. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de São João Del Rei, São João Del Rei, 2007.

ATKINS, P.W. *Físico-Química*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1997, v. 3, p. 106.

BENDEZÚ, S.; OYAGUE, J.; ROMERO, A.; GARCÍA, R.; MUÑOZ, Y. e ESCALONA, N. Chromium adsorption from tannery effluents by activated carbons prepared from coconut shells by chemical activation with KOH and $ZnCl_2$. *Journal of the Chilean Chemical Society*, n. 4, p. 677-684, 2005.

BRITO, J.O. Carvão vegetal no Brasil: gestões econômicas e ambientais. *São Paulo Energia*, n. 64, 1990. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v4n9/v4n9a11.pdf>>. Acesso em ago. 2009.

CHUAH, T.G.; JUMASIAH, A.; AZNI, I.;

KATAYON, S. e CHOONG, S.Y.T. Rice husk as a potentially low-cost biosorbent for heavy metal and dye removal: an overview. *Desalination*, n. 175, p. 305-316, 2005.

GUILARDUCI, V.V.S.; MESQUITA, J.P.; MARTELLI, P.B. e GORGULHO, H.F. Adsorção de fenol sobre carvão ativado em meio alcalino. *Química Nova*, v. 29, n. 6, p. 1226-1232, 2005.

JAGUARIBE, E.F.; MEDEIROS, L.L.; BARRETO, M.C.S. e ARAUJO, L.P. The performance of activated carbons from sugarcane bagasse, babassu, and coconut shells in removing residual chlorine. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, v. 22, n. 1, p. 41-47, 2005.

ROCHA, W.D.; LUZ, J.A.M.; LENA, J.C. e ROMERO, O.B. Adsorção de cobre por carvões ativados de endocarpo de noz macadâmia e de semente de goiaba. *Revista Escola de Minas*, v. 59, n. 4, p. 409-414, 2006.

SOARES, J.L. *Remoção de corantes têxteis por adsorção em carvão mineral ativado com alto teor de cinzas*. 1998. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998. Disponível em: <<http://www2.enq.ufsc.br/teses/m039.pdf>>. Acesso em ago. 2009.

TEIXEIRA, V.G., COUTINHO, F.M.B. e GOMES, A.S. Principais métodos de caracterização da porosidade de resinas a base de divinilbenzeno. *Química Nova*, v. 24, n. 6, p. 808-818, 2001.

Para saber mais

BRAIN, M. *Como funcionam as máscaras de gás*. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/mascaras-gas1.htm>>.

CARVALHO, J.C. *Diferentes interações entre moléculas*. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/quimica/adsorcao.jhtm>>.

Abstract: Simple experimental activities involving adsorption over charcoal. To place charcoal into the refrigerator aiming to withdraw unpleasant odors refers to a folk knowledge associated to the adsorption phenomena. At the present article, two simple experimental activities are proposed associated to this context, which can be carried out to study chemical bonds.

Keywords: adsorption, charcoal, experimental activities.