

# Avaliação da adsorção de benzeno em meio aquoso pela vermiculita

Débora Guimarães\* (Mestranda em Eng. de Petróleo na Universidade Federal do RN, UFRN);

Nayonara Araújo (Mestranda em Eng. de Petróleo na Universidade Federal do RN, UFRN);

Amanda Gondim (Profa do Instituto de Química na Universidade Federal do RN, UFRN);

Djalma Ribeiro (Prof do Instituto de Química na Universidade Federal do RN, UFRN).

\*Email: debora\_ksg@hotmail.com

---

## Resumo:

O tratamento de águas subterrâneas contaminadas por compostos orgânicos voláteis tem sido alvo de muitos estudos. Vários desses contaminantes, como por exemplo, os BTEXs (benzeno, tolueno e xilenos) são capazes de causar sérios problemas ao meio ambiente e à saúde humana, devido a sua elevada toxicidade, e por apresentarem potencial carcinogênico e mutagênico. O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a eficiência de remoção do benzeno presente em uma solução sintética de gasolina, através do processo de adsorção utilizando a vermiculita como material adsorvente. Os ensaios foram realizados à temperatura ambiente, com pH 7,0 e variando-se a concentração do catalisador em 5 g/L, 10 g/L e 15 g/L, num tempo de reação de 60 minutos. Os resultados mostraram que em todos os ensaios, a vermiculita apresentou boa capacidade de remoção do benzeno.

## Palavras-chave:

Vermiculita; Adsorção; compostos orgânicos, benzeno.

## 1. Introdução

O crescente aumento populacional e a busca pelo suprimento da demanda mundial vêm causando o aumento das atividades industriais, contribuindo para o agravamento dos problemas ambientais, principalmente com relação à preservação das águas superficiais e subterrâneas. Nos últimos anos, têm sido cada vez mais frequentes relatos de grandes quantidades de rejeitos gasosos, líquidos e sólidos considerados extremamente nocivos ao meio ambiente (FREIRE *et al.*, 2000).

Uma importante parcela do processo de contaminação de águas subterrâneas por compostos orgânicos que podem causar sérios problemas à saúde pública pode ser atribuída às atividades das refinarias de petróleo e seus derivados (TIBURTIUS *et al.*, 2004). Esse tipo de contaminação também provém de atividades de agricultura (agrotóxicos e fertilizantes), fossas sépticas, aterros sanitários, acúmulo de produtos químicos e vazamentos de combustíveis (KULKAMP *et al.*, 2002).

Em uma contaminação proveniente de vazamentos em tanques de estocagem, os efluentes podem apresentar quantidades significativas de sulfetos, metais pesados, sais inorgânicos e de compostos aromáticos como benzeno, tolueno e xileno (BTEX) (BARBOSA, 2011). Esses constituintes orgânicos fazem parte de um grupo de substâncias que estão presentes na gasolina e, embora confirmem ao combustível uma melhor resistência à detonação, são os maiores responsáveis pelos problemas de contaminação ambiental, pois são altamente tóxicos, promovendo, mesmo que em baixas concentrações, diversos efeitos nocivos ao ser humano (SANTOS, 2000; SILVA, 2009). Além disso, também apresenta grande mobilidade, solubilidade em água e propriedades tóxicas que contaminam os poços com agressividade (USEPA, 1996).

Dentre as técnicas convencionais utilizadas em tratamento de águas subterrâneas para a remoção de contaminantes orgânicos destacam-se os processos de adsorção, bioventilação, fitorremediação, biorremediação, tratamento *pump and treat*, injeção de ar, oxidação catalítica, entre outros. A escolha do melhor método irá depender de diversos fatores, como a interação existente entre o poluente e o meio em que este se encontra, o tempo que deverá levar o processo, buscando sempre o fator custo benefício, características físicas, químicas e biológicas do local onde há a contaminação e a concentração do contaminante (KHAN e HUSAIN, 2004; ANDRADE *et al.*, 2010).

A adsorção vem sendo considerada uma das técnicas mais eficazes devido a sua alta seletividade, além de ser economicamente viável, principalmente devido à utilização de subprodutos industriais e agrícolas como adsorventes naturais e pelo seu baixo consumo energético. Uma das etapas fundamentais desse processo é a escolha adequada do adsorvente, sua estrutura deve ser altamente porosa, com microporos responsáveis pelo alcance de uma alta área superficial, seletividade elevada, resistência mecânica, estabilidade térmica, perda de carga, inércia química, entre outros (RUTHVEN, 1984)

As argilas são minerais naturais e apresentam em sua estrutura uma elevada área superficial com cargas negativas em sua superfície, por esse motivo, são consideradas adsorventes bastante eficientes, e estão sendo cada vez mais utilizadas para tratamentos de efluentes líquidos. São materiais capazes de interagir com diferentes tipos de compostos orgânicos através de adsorção física, química, por ligações de hidrogênio ou através de outros mecanismos complexos (BERTAGNOLLI, 2010).

A vermiculita, baseando-se em seu espaço interlamelar, apresenta um elevado poder adsorvente, devido a uma significativa área superficial específica reativa, poder decorante e facilidade de troca iônica. Além disso, seu uso torna-se ainda mais atraente devido à alta disponibilidade e baixo custo no mercado (FRANÇA, 2002).

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a eficiência de remoção de benzeno presente em águas, através do processo de adsorção, utilizando como adsorvente a vermiculita.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Ensaios de adsorção

O estudo de adsorção do benzeno pela vermiculita se deu através da realização de diferentes reações, variando-se as massas da argila em 4, 8 e 12 g, colocadas em contato com 0,8 L de uma solução sintética de gasolina, cujas concentrações foram, respectivamente, 5 g/L, 10 g/L e 15 g/L.

As reações ocorreram em um erlenmeyer de 2L de capacidade, vedado com rolha de borracha, à temperatura em torno de 22 °C, pH 7,0, mantido sob agitação mecânica a 100 rpm, e com tempo de duração de 60 min para cada ensaio. Alíquotas de 10 mL foram retiradas em 0, 5, 10, 20, 40 e 60 min e levados para análise em cromatógrafo a gás.

Para verificar a capacidade de adsorção da vermiculita, calculou-se a eficiência de remoção (E.R) (%), dada em função das concentrações iniciais e finais do benzeno em meio aquoso, depois de decorridos os 60 minutos. O cálculo, mostrado logo abaixo pela Equação 1, foi aplicada nos três ensaios utilizando as diferentes massas da argila, a fim de verificar sua influência no resultado.

$$E.R (\%) = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

Onde:

E.R (%): Eficiência de Remoção;

C<sub>0</sub>: Concentração inicial do benzeno (µg.L<sup>-1</sup>);

C<sub>f</sub>: Concentração final do benzeno (µg.L<sup>-1</sup>).

### 2.2 Quantificação do benzeno

A determinação e quantificação do composto orgânico de interesse presente na solução foram obtidas através da análise em um cromatógrafo gasoso, modelo Clarus 600, equipado com detector de espectrometria de massas (EM) e a extração foi realizada pela técnica de *Headspace* (RESTEK, 2000). Foram preparadas soluções padrão de calibração com concentração de BTEX entre 5 e 220 µg.L<sup>-1</sup>, a partir da diluição de diferentes alíquotas de uma solução comum contendo a mistura dos contaminantes em metanol. A determinação da faixa de concentrações de BTEX nas soluções padrão de calibração foi motivada pela concentração estipulada pelo Ministério da Saúde e Resolução nº 396 do CONAMA, como valor máximo permitido (VMP) para o benzeno em água potável de 5 µg.L<sup>-1</sup>, levando em conta que esse é o composto mais tóxico e mais restritivo dentro os demais.

## 3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 mostra como se deram as eficiências de remoção (%) do benzeno em função da variação da quantidade da vermiculita, em gramas, quando colocada em contato com 0,8 L de solução sintética de gasolina, após os 60 minutos de reação.

Tabela 1 – Eficiências de remoção do benzeno variando-se a massa da vermiculita

Massa da argila (g)	4	8	12
Benzeno – C <sub>0</sub> (µg.L <sup>-1</sup> )	83,1	97,6	69,6
Benzeno – C <sub>f</sub> (µg.L <sup>-1</sup> )	47,6	53,7	39,5
E.R (%)	42,8	45,0	43,2

C<sub>0</sub>: Concentração inicial do benzeno; C<sub>f</sub>: Concentração final do benzeno

Pelos valores mostrados na tabela, é possível observar que o sistema contendo 8 g de vermiculita apresentou uma eficiência de remoção do benzeno ligeiramente maior que os demais, porém a variação da massa do material argiloso não influenciou de forma significativa no resultado. Esses valores mostraram que, mesmo sem tratamento prévio, a vermiculita apresenta boa capacidade de adsorção para o contaminante de interesse.

O Gráfico 1 ilustra a evolução da quantidade de benzeno removida em função do tempo de contato correspondente a 60 min.

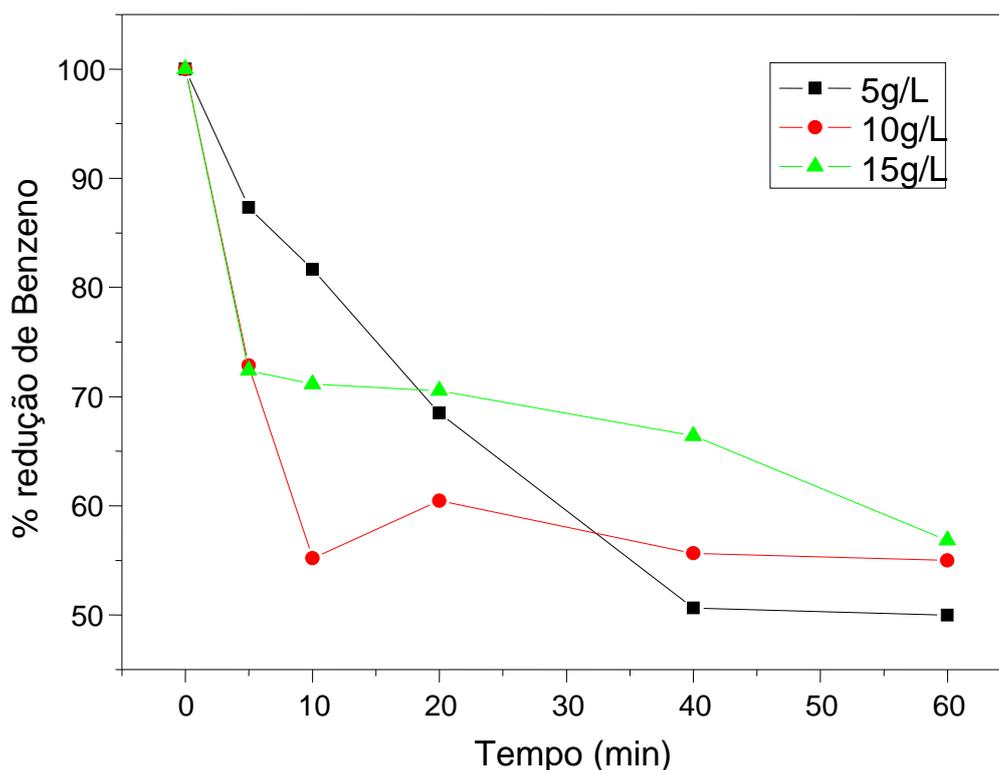


Gráfico 1 – Redução de benzeno em função do tempo de contato com a argila

Observa-se através do Gráfico 1 que para os ensaios contendo 5 g/L e 10 g/L da argila, ao se atingir 40 min, os sistemas atingiram o equilíbrio, de modo que a partir desse tempo, praticamente não houve quantidade adicional significativa de remoção do composto orgânico. O que nos leva a considerar que o equilíbrio de adsorção nesses dois casos é atingido em um tempo não tão longo. Por outro lado, nos últimos 20 min ainda se consegue remover em torno de 8 % do contaminante quando se utiliza 15 g/L da vermiculita, e diferentemente dos demais, o

equilíbrio nesse instante ainda não foi atingido, sendo necessário um período ainda maior para a ocorrência desse equilíbrio.

#### 4. Conclusão

Pelos resultados apresentados, pode-se concluir que o estudo de adsorção utilizando a vermiculita para remoção do benzeno em meio aquoso se mostrou efetiva, visto que conseguiu remover até 45% do contaminante, mesmo o material estando em seu estado natural, sem tratamento prévio em sua estrutura química. Observou-se que independente da massa utilizada nos ensaios de remoção, os valores de eficiência foram muito próximos, sem uma variação muito significativa no resultado.

---

## Benzene adsorption evaluation from aqueous medium with vermiculite

**Abstract:** Treatment of groundwater contaminated with volatile organic compounds has been the subject of many studies. Many of these contaminants, for example, BTEXs (benzene, toluene and xylenes) are capable of causing serious problems to the environment and human health due to its high toxicity, and for presenting carcinogenic and mutagenic potential. The aim of this study was to evaluate the benzene removal efficiency present in a synthetic solution gasoline, through the adsorption process using vermiculite as adsorbent material. Assays were carried out at room temperature, pH 7.0 and varying the concentration of the catalyst in 5 g/L, 10 g/L and 15 g/L, a 60 minute reaction time. The results showed that in all assays, vermiculite showed good removability of benzene.

**Keywords:** vermiculite; adsorption; organic compounds, benzene.

#### Referências bibliográficas

ANDRADE, J. A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética Química**, vol 35, N 3, p. 17-43, 2010.

BARBOSA, C. D. A. S.; GARCIA, C. A. B.; ANDRADE, A. C. S.; PEDROSA, A. M. G.; VASCONCELOS, D. F.; SOUZA, D. N. Caracterização da zeólita nh4-y e sua utilização na adsorção de bário de soluções sintéticas multielementares de água produzida. **Scientia Plena**, vol 7 (4), p. 1-11, 2011.

BERTAGNOLLI, C. Preparo e caracterização de argilas organofílicas para remoção de derivados de petróleo. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2010.

FRANÇA, S. C. A.; LUZ, A. B. Utilização de vermiculita como adsorvente de compostos orgânicos poluentes, in: Relatório Técnico, CETEM/MCT, Rio de Janeiro, p.35, 2002.

FREIRE, S. R.; PELEGRINE, R.; KUBOTA, L.; DURAN, N.; PERALTA-ZAMORA, P. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. **Quimca Nova**, vol. 23, p. 504-511, 2000.

KHAN, I. F.; HUSAIN, T. An overview and analysis of sit remediation technologies. **Journal of Environmental Management**, v. 71, p. 95-122, 2004.

KULKAMP, M. S.; CORSEUIL, H. X.; AMORIM, C. J. Influência do etanol na biodegradação de hidrocarbonetos de petróleo em um aquífero contaminado com uma mistura de diesel etanol, in: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, p. 1-11, 2002.

RESTEK. Technical guide. A technical guide for static headspace analysis using CG, Bellefonte, PA, USA, Application note, 2000.

RUTHVEN, D. M. Principals of adsorption and adsorption processes. **New York: John Wiley & Sons**, 433 p, 1984.

SANTOS, J. A. PRODUTOS PETROBRAS: gasolina automotiva. 5. Ed. Petrobras, 2000.

SILVA, F. L. N.; SANTOS, J. R.; NETO, J. M. M.; SILVA, R. L. G. Determinação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos em gasolina comercializada nos postos do estado do Piauí. **Quim. Nova**, Vol. 32, No. 1, 56-60, 2009.

TIBURTIUS, E. R. L.; ZAMORA, P. P.; LEAL, E. S. Contaminação de águas por BTXs e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. **Química Nova**, Vol. 27, No 3, p. 441-446, 2004.

USEPA – Environmental Protection Agency. How to effectively recover free product al leaking underground storangetanks sites – a guild for stateregulators. Washington, 165 p. (EPA-510-R-96-01), 1996.