

# REMOÇÃO DE METAL PESADO Pb (II) EM EFLUENTE POR MEIO DE ADSORÇÃO EM ARGILA BENTONITA: ESTUDO DO EQUILÍBRIO DE ADSORÇÃO

**Antonio J. F. Gadelha<sup>1\*</sup>, Clarice O. Rocha<sup>1</sup>, Danielly V. L. R. Souto<sup>1</sup>, Tayná R. S. Cruz<sup>1</sup>, Laura M. A. O. Araújo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB, Campus Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil, CEP. 58.432-300

\*e-mail: antonio.gadelha@ifpb.edu.br

**Palavras-Chave:** Chumbo, tratamento, isoterma, adsorvente natural.

## Introdução

O descarte de metais pesados sem tratamento ao meio ambiente pode causar graves danos ecológicos, o que representa um grande risco para a saúde dos seres vivos. Dentre os metais pesados, o chumbo ( $Pb^{2+}$ ) se apresenta como um dos mais tóxicos, por ser bioacumulativo, cancerígeno e causar danos ao sistema nervoso (Zang *et al.*, 2024).

A poluição no meio aquático provém, principalmente, de atividades humanas, como mineração, indústria petrolífera, resíduos industriais, entre outros. No solo o chumbo lixiviado naturalmente se dissolve nas águas subterrâneas, facilitando sua migração para toda a cadeia alimentar, representando um risco significativo para o meio ambiente e para a saúde humana (ASGHARI *et al.*, 2018).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o nível seguro de chumbo é estimado em 0,01 mg/L. Para crianças, mesmo em níveis mais baixos podem causar danos no sistema nervoso e em múltiplos órgãos. Portanto, para resolver este problema, é importante desenvolver métodos eficazes para lidar com a poluição do  $Pb^{2+}$ . Os métodos comuns para a sua remoção em solução aquosa incluem precipitação química, troca de íon, eletroquímica e adsorção (Zang *et al.*, 2024).

Entre os métodos mais utilizados para a remoção de metais pesados, a adsorção se apresenta como uma tecnologia viável, tendo como principais vantagens o baixo custo, operação simples, sem geração de resíduos poluentes e não utiliza solventes tóxicos. Atualmente, os adsorventes mais utilizados são o carvão ativado, zeólita, resina e argila.

A argila bentonita tem muitas vantagens, como baixo custo, ampla distribuição, grande área superficial e de fácil reciclagem e grande aplicabilidade técnica (ZOU *et al.*, 2019). A bentonita, que é uma argila esmectita, é composta de duas folhas tetraédricas de sílica com um Al octaédrico central folha. Tem cargas negativas permanentes que surgem devido à substituição isomórfica de  $Al^{3+}$  por  $Si^{4+}$  no tetraédrico e  $Mg^{2+}$  para  $Al^{3+}$  na camada octaédrica. Este trabalho tem como objetivo investigar a capacidade de adsorção de Pb (II) em argila bentonita por meio do estudo do equilíbrio de adsorção comparando o ajuste dos dados experimentais com os modelos matemáticos de isotermas descritos na literatura.

## Material e Métodos

O adsorvente usado neste trabalho foi a argila bentonita chocobofoe bruta, obtido no município de Boa Vista-PB. O metal pesado utilizado nos ensaios de adsorção foi o chumbo, na forma de Pb (II), obtido a partir da dissolução do sal nitrato de chumbo ( $Pb(NO_3)_2$ ) (Marca Neon), do qual foi preparada uma solução estoque com concentração de 500 mg/L, a fim de simular um efluente

contendo o poluente. A eficiência de adsorção foi avaliada pelo percentual de remoção, dado pela Eq. 1:

$$\%Remoção = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Em que  $C_0$  e  $C_t$  (mg/L) são as concentrações iniciais do corante ( $t = 0$ ) e no tempo  $t$ , respectivamente.

Nos ensaios de equilíbrio de adsorção busca-se avaliar em concentrações diferentes a quantidade do adsorbato retido no adsorvente. Os testes para determinação do equilíbrio de adsorção foram realizados em erlenmeyers contendo um volume de 50 mL de solução de Pb (II) em diferentes concentrações: 50, 100, 200, 300, 400 e 500 (mg/L). Utilizando uma massa de adsorvente de 0,05 g, sob temperatura ambiente (25°C) e pH = 5,0. As amostras foram posicionadas em uma mesa agitadora orbital sob agitação constante de 150 rpm por 20 minutos. Em seguida, as amostras foram retiradas, filtradas em papel de filtro quantitativo, sendo tomadas alíquotas de 10 mL para a titulação com EDTA a fim de se determinar a concentração residual do metal, a qual foi medida por complexometria com EDTA, em pH 6,0 e utilizando alaranjado de xilenol como indicador metalocrômico, conforme a Eq. 2.

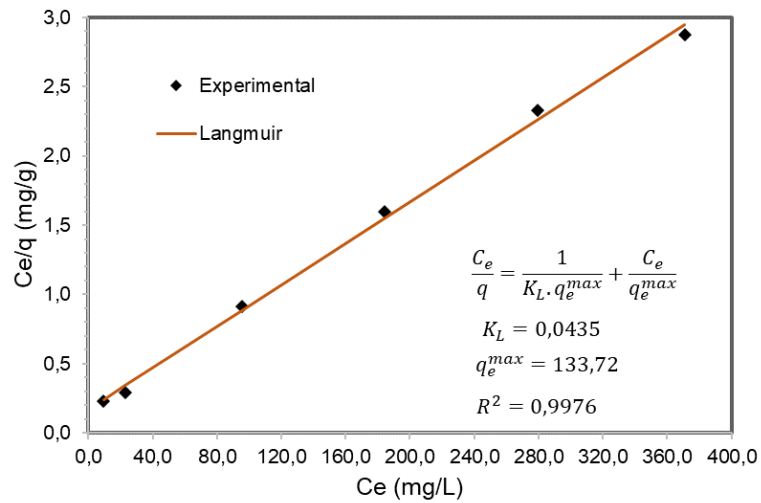
$$C_{Pb^{2+}} \text{ (mg/L)} = \frac{M_{EDTA} \times V_{EDTA} \times MM_{Pb^{2+}}}{V_{Pb^{2+}}} \times 1000 \quad \text{Eq. 2}$$

A análise de regressão não-linear dos modelos utilizados foi realizada utilizando o Microsoft Excel (Microsoft Office 2016, USA), por meio do Método dos Mínimos Quadrados Não-Linear da ferramenta Solver baseado no método de iteração Gradiente Generalizado Reduzido (GRG), disponível no Excel, sendo os dados experimentais ajustados aos modelos matemáticos linearizados de Langmuir, Freundlich e Redlich-Peterson, cuja qualidade dos ajustes dos dados experimentais ao modelo em análise foi feita pelo Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ).

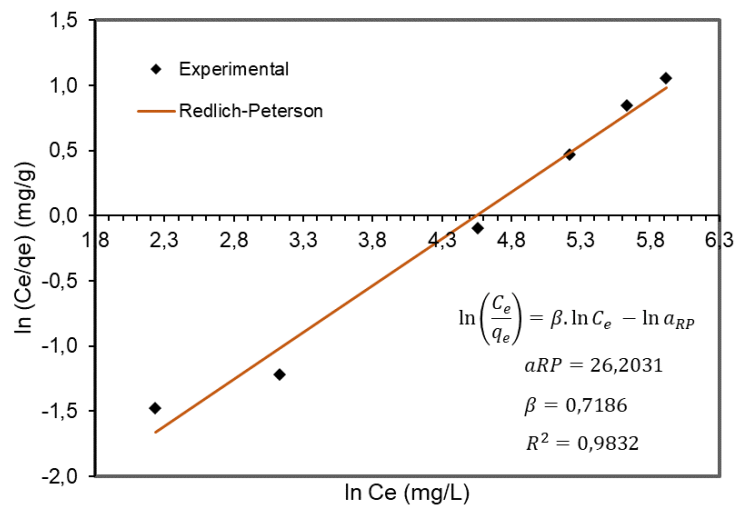
## Resultados e Discussão

Uma das características mais importantes de um adsorvente é a quantidade de substância (adsorbato) que possa reter ou acumular em sua superfície, removendo da solução. Uma maneira comum de descrever esse acúmulo é expressar a quantidade de substância adsorvida por quantidade de adsorvente ( $Q_e$ ) em função da concentração de adsorbato ( $C_e$ ) em solução a uma determinada temperatura. Uma expressão que relaciona essas grandezas é denominada de isoterma de adsorção. Assim, as isotermas desempenham um papel importante na descrição da interação entre adsorvente de adsorbato.

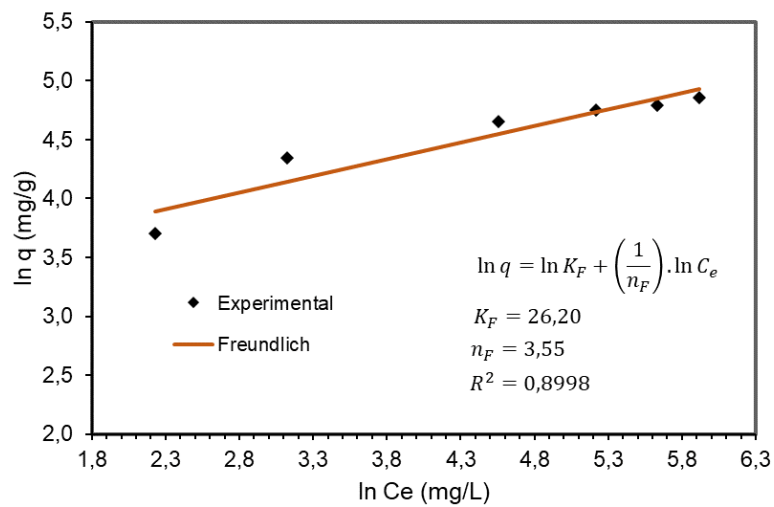
Os dados experimentais obtidos do equilíbrio foram ajustados aos modelos linearizados de Langmuir, Redlich-Peterson e Freundlich, os quais estão expressos graficamente nas Figura 1, 2 e 3 relacionando as grandezas  $C_e/Q_e$  versus  $C_e$  (Langmuir),  $\ln(C_e/Q_e)$  versus  $\ln C_e$  (Redlich-Peterson) e,  $(\ln Q_e)$  versus  $(\ln C_e)$  (Freundlich).



**Figura 1:** Isoterma de Langmuir para adsorção de  $Pb^{2+}$  em argila bentonita.



**Figura 2:** Isoterma de Redlich-Peterson para adsorção de  $Pb^{2+}$  em argila bentonita.



**Figura 3:** Isoterma de Freundlich para adsorção de  $Pb^{2+}$  em argila bentonita.

Os dados experimentais mostraram boa concordância com os modelos de isoterma avaliados, sendo o melhor ajuste para o modelo de Langmuir ( $R^2 = 0,9976$ ). Esse modelo considera que a máxima adsorção ocorre em uma monocamada saturada com moléculas de adsorvato na superfície do adsorvente que é energeticamente homogênea contendo um número finito de sítios idênticos, ou seja, apresenta interação desprezível entre as moléculas adsorvidas. Esse modelo prevê uma capacidade máxima de adsorção igual a 133,72 mg de Pb (II) por grama de adsorvente. Experimentalmente o valor obtido foi de 129,08 mg.g<sup>-1</sup>. Silva et al. (2018) observaram valores semelhantes (120,48 mg.g<sup>-1</sup>) utilizando casca de coco quimicamente modificada para adsorção de Pb (II).

O modelo de Redlich-Peterson também descreve satisfatoriamente bem os dados experimentais ( $R^2 = 0,9832$ ). Esse modelo é comumente utilizado para prever os equilíbrios envolvidos na biossorção de metais pesados e, na maioria destes casos, o valor de  $\beta$  é próximo de 1, indicando que os dados experimentais tendem a ajustar-se bem ao modelo de isoterma de Langmuir.

## Conclusões

Verificou-se que a argila bentonita apresenta grande potencial para remoção de metal pesado Pb (II) através do processo de adsorção, mostrando uma eficiência de remoção de até 81%. No que se refere ao estudo do equilíbrio de adsorção verificou-se que os modelos de isotermas linearizados de Langmuir, Redlich-Peterson e Freundlich descrevem satisfatoriamente os dados experimentais, sendo o modelo de Langmuir o que apresenta melhor ajuste aos dados experimentais, o que implica que a adsorção ocorre em sítios homogêneos, em monocamadas do adsorvato sobre o adsorvente. Assim, assume-se que os sítios de adsorção são energeticamente homogêneos.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem à PRPIPG/IFPB pelo apoio financeiro.

## Referências

- ASGHARI, F.B., MOHAMMADI, A.A., DEGHANI, M.H., YOUSEFI, M., Data on assessment of groundwater quality with application of ArcGIS in Zanjan, Iran. v.18, p.375-379. 2018.
- SILVA, J. E. da; RODRIGUES, F. I. L.; PACÍFICO, S. N.; SANTIAGO, L. F.; MUNIZ, C. R.; SARAIVA, G. D.; NASCIMENTO, R. F.; SOUSA NETO, V. P. Estudo de cinética e equilíbrio de adsorção empregando a casca de coco modificada quimicamente para a remoção de Pb (II) de banho sintético. Rev. Virtual de Química. v.10. n. 5. 2018.
- ZHANG, et al. Active sites regulation and adsorption performance of Al pillared bentonite for the removal of lead from aqueous phase. Journal of Water Process Engineering. v. 67. 2024.
- ZOU, et al. Desorption regeneration performance of magnetic bentonite after Pb (II) adsorbed. ChemistrySelect 4, 1306-1315. 2019.