

UTILIZAÇÃO DE BIOADSORVENTES NA ADSORÇÃO DE FÁRMACOS EM COLUNA DE LEITO FIXO

Giovana Gomes Santana (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Quelen Leticia Shimabuku Biadola (Coorientador), Rosangela Bergamasco (Orientador). E-mail: rbergamasco@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Engenharias, Engenharia Química/Água

Palavras-chave: Tratamento de água; adsorção; contaminantes emergentes.

RESUMO

A cloroquina é um fármaco amplamente utilizado no tratamento e profilaxia da malária, além de ter sido empregada em investigações contra doenças autoimunes e, mais recentemente, em estudos emergenciais para a COVID-19. Contudo, seu uso intensivo e descarte inadequado têm resultado em sua presença em ambientes aquáticos, o que gera preocupações devido ao seu caráter toxicológico, persistência e potenciais impactos sobre organismos vivos, reforçando a necessidade de estratégias de remediação eficazes. Entre os processos empregados para remoção de contaminantes, a adsorção se destaca por sua simplicidade, eficiência e aplicabilidade em diferentes condições. No contexto da adsorção em leito fixo, destacam-se os biossorventes, por aliarem baixo custo e sustentabilidade ambiental. A maravalha, resíduo lignocelulósico proveniente de podas de árvores, foi avaliada como material natural e também após modificação. As caracterizações realizadas confirmaram a presença de grupos funcionais e estrutura superficial favorável à interação com a cloroquina. Os ensaios em coluna de leito fixo demonstraram desempenho satisfatório, alcançando 62% de remoção do fármaco em 3670 minutos, evidenciando a viabilidade da maravalha como biossorvente alternativo para tratamento de águas contaminadas.

INTRODUÇÃO

O aumento no descarte de fármacos tem intensificado a presença de contaminantes emergentes nos corpos hídricos, desafiando as estações de tratamento convencionais. A cloroquina (CLQ), pela sua persistência e toxicidade, é um exemplo desse problema. Nesse cenário, biossorventes de origem vegetal têm recebido destaque por aliarem baixo custo e caráter renovável. A maravalha é um material lignocelulósico promissor, capaz de atuar como adsorvente em processos sustentáveis de remoção de poluentes (ARAUJO, et al., 2023).

A adsorção se consolida como método ambientalmente seguro, pois não gera novos resíduos. Em especial, os sistemas de leito fixo se mostram atrativos por possibilitarem operação contínua, alto desempenho e viabilidade prática no

tratamento avançado de efluentes (WERNKE, 2021). Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da maravalha como biosorvente para a remoção de CLQ em leito fixo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Preparo e caracterização do adsorvente.

A maravalha obtida de poda de árvores foi seca, peneirada e selecionada na faixa de 0,4–1 mm para uso como biosorvente em leito fixo. Parte do material foi modificado com óxido de grafeno (GO) via método de dispersão, visando aumentar a área superficial e a disponibilidade de grupos funcionais. O GO foi sintetizado previamente pelo método de Hummers modificado, amplamente utilizado para a oxidação controlada do grafite. Essa combinação buscou potencializar a eficiência adsorptiva do material frente à remoção de CLQ em solução aquosa.

A maravalha, obtida de poda de árvores, foi utilizada como biosorvente em sistema de leito fixo para remoção de cloroquina em solução aquosa. O material passou por etapas de preparo e caracterização físico-química antes e após a adsorção, visando avaliar suas propriedades estruturais e a interação com o contaminante. As análises incluíram microscopia eletrônica de varredura (MEV), para observar a morfologia superficial, e espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), para identificação de grupos funcionais. Os ensaios em coluna de leito fixo foram conduzidos sob condições controladas, monitorando a eficiência da remoção ao longo do tempo de operação.

Ensaios adsorptivos.

O processo foi conduzido em coluna empacotada com maravalha na faixa granulométrica de 0,4 a 1 mm, utilizando esferas de vidro e material de poliamida para garantir melhor compactação e fluxo. A solução de CLQ foi bombeada por meio de bomba peristáltica, coletando-se amostras em intervalos definidos para análise por espectrofotometria UV-Vis. A eficiência do sistema foi avaliada pela curva de ruptura, considerando parâmetros como tempo de saturação, ponto de ruptura, capacidade adsorptiva e porcentagem de remoção. Adicionalmente, variou-se individualmente as condições operacionais, como vazão, altura de leito, concentração e pH para verificar sua influência no desempenho da coluna.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do adsorvente

A partir da figura 1 (a) e (b) as imagens de MEV da maravalha evidenciaram uma estrutura rugosa e irregular, típica de materiais lignocelulósicos, com presença de poros de diferentes tamanhos distribuídos ao longo da superfície. Essas

características aumentam a área disponível para interação com contaminantes, facilitando a difusão e retenção de moléculas como a CLQ. A rugosidade e porosidade observadas indicam que a maravalha possui potencial como bioissorvente, oferecendo locais ativos para adsorção e demonstrando que resíduos vegetais podem ser aproveitados de forma sustentável em processos de tratamento avançado de efluentes.

O espectro de FTIR da maravalha apresentou picos em 3400 cm^{-1} e 1600 cm^{-1} , correspondentes a grupos hidroxila e ligações C=O, além de bandas típicas de materiais lignocelulósicos. Esses sinais indicam a presença de grupos funcionais capazes de interagir com contaminantes, reforçando o potencial da maravalha como bioissorvente para adsorção de CLQ.

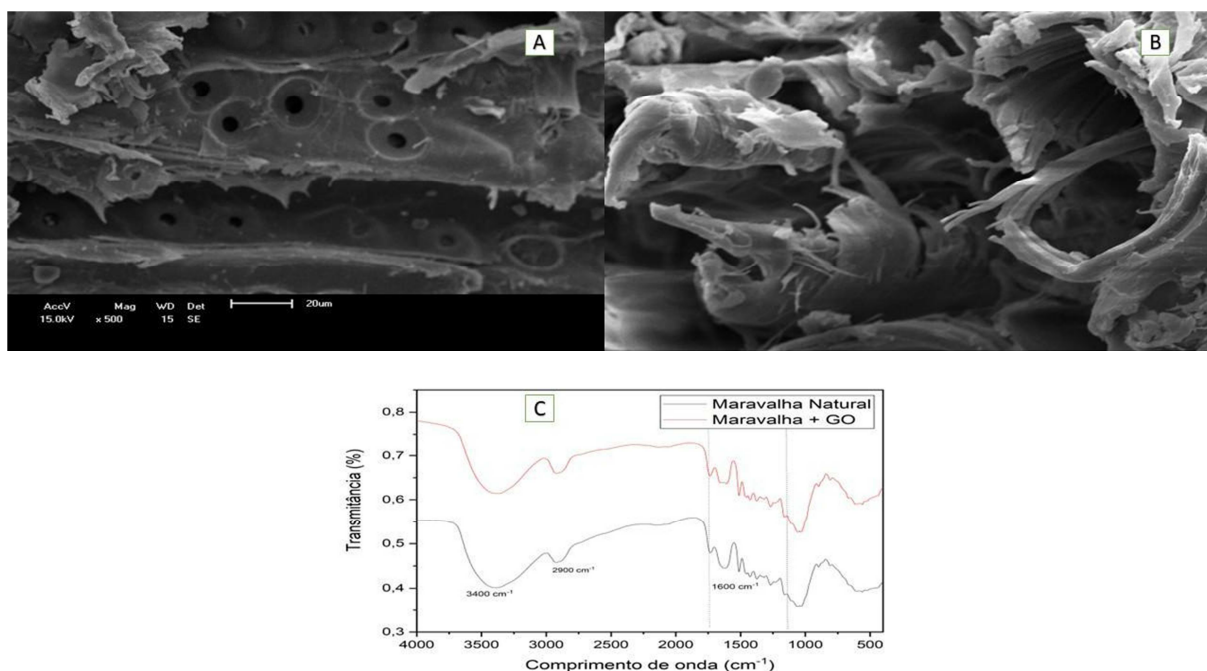


Figura 1 – Caracterizações para a maravalha natural e modificada com óxido de grafeno. (a) Representa a maravalha natural em microscopia eletrônica de varredura (mev) em ampliação de 500 x; (b) mev para maravalha natural em ampliação de 1000x; (c) FTIR para maravalha natural e modificada.

Ensaios adsortivos

Os ensaios de adsorção em leito fixo utilizando maravalha como adsorvente demonstraram que os parâmetros operacionais influenciam significativamente tanto o tempo de saturação quanto a capacidade adsortiva. Observou-se que a maior eficiência foi obtida com leito de 8 cm de altura, condição na qual se verificaram os maiores valores de tempo de saturação e capacidade adsortiva, enquanto alturas superiores (10 e 12 cm) apresentaram desempenho inferior. Em relação à

concentração inicial da solução, a remoção de cloroquina foi mais eficiente na menor concentração avaliada, indicando que a disponibilidade reduzida do contaminante favorece a interação com os sítios ativos da maravalha. Do mesmo modo, a vazão de 2 mL min^{-1} se destacou como a condição mais favorável, permitindo maior tempo de contato entre o soluto e o adsorvente.

Considerando o conjunto dos experimentos, as condições ótimas foram obtidas com concentração de 10 mg L^{-1} , vazão de 2 mL min^{-1} e leito de 8 cm (3,6 g de maravalha), resultando em tempo de saturação de 3670 minutos, capacidade adsorptiva de $12,7 \text{ mg g}^{-1}$ e porcentagem de remoção de 62%. Esses resultados confirmam a relevância da otimização simultânea dos parâmetros de operação para maximizar a eficiência da maravalha na remoção de cloroquina em sistemas de leito fixo.

CONCLUSÕES

A maravalha natural e modificada apresentou elevada eficiência na remoção de cloroquina em coluna de leito fixo, com alto tempo de vida útil. As caracterizações confirmaram a presença de características favoráveis à adsorção. Assim, os ensaios comprovaram a eficácia do material como bioadsorvente promissor para tratamento de água.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao CNPq pelo financiamento da pesquisa e ao laboratório LGCPA pelo espaço.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, C. M. B. de; WERNKE, G.; GHISLANDI, M. G.; DIÓRIO, A.; VIEIRA, M. F.; BERGAMASCO, R.; SOBRINHO, M. A. da M.; RODRIGUES, A. E.. Continuous removal of pharmaceutical drug chloroquine and Safranin-O dye from water using agar-graphene oxide hydrogel: Selective adsorption in batch and fixed-bed experiments. *Environmental Research*, v. 216, p. 114425, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114425>.

WERNKE, G.. Adsorventes Baseados em Carvão Ativado e Óxido de Grafeno Carregado com Nanopartículas (Ag/CuO) para Remoção de Cefalexina. Maringá, PR, 2021.