



ESTUDO DE ADSORÇÃO PARA REMOÇÃO DE AMOXICILINA UTILIZANDO UM NANOADSORVENTE MAGNÉTICO

ANA CAROLINA PENNA DOS SANTOS; JOSEANA ANTUNES PORCIUNCULA;
RAFAEL TRONCO; DANIELE SOARES BASSO RHODEN; CRISTIANO RODRIGO
BOHN RHODEN;

RESUMO

A problemática associada aos resíduos de antibióticos como poluentes emergentes tem se intensificado consideravelmente nos últimos anos, destacando-se o uso inadequado e excessivo desses medicamentos na saúde humana e animal. Entre esses agentes poluentes, a amoxicilina emerge como um dos principais contribuintes, devido à sua notável capacidade de excreção na forma ativa. Amplamente empregada no tratamento de infecções causadas por bactérias gram-negativas e positivas, a amoxicilina se tornou uma escolha frequente na prática clínica, exacerbando a contaminação ambiental e a necessidade de abordagens inovadoras para mitigar esses impactos. Nesse contexto, este estudo propõe a utilização de nanopartículas magnéticas em diferentes concentrações no processo de adsorção, com o objetivo de comparar a eficácia de remoção entre o óxido de grafeno (GO) e o composto híbrido GO/Fe_3O_4 , este último com diferentes quantidades de magnetita incorporada. A abordagem visa não apenas a remoção efetiva de poluentes, mas também a limpeza da água de maneira economicamente viável, destacando-se pela capacidade de reutilização do material magnético. A metodologia adotada abrange a síntese do óxido de grafeno, a magnetização das nanopartículas em diferentes concentrações de ferro e o processo de adsorção. Resultados preliminares indicam que concentrações mais elevadas de ferro incorporado nas amostras promovem uma maior agregação de ferro na superfície do GO, ampliando a área disponível para o processo de adsorção e, por conseguinte, intensificando a eficiência na remoção de poluentes presentes em águas emergentes. Essa abordagem inovadora não apenas se destaca pela sua eficácia ambiental, mas também pelo potencial economia associada ao uso reiterado do material magnético, proporcionando uma solução sustentável e de baixo custo para o desafio crescente dos resíduos de antibióticos como poluentes emergentes.

Palavras-chave: Águas residuais; Contaminantes emergentes; Materiais magnéticos; Purificação; Nanopartícula;

1 INTRODUÇÃO

Os produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais são um dos principais contaminantes nos efluentes, por causa do grande consumo de medicamentos, especialmente os antibióticos (Zeng et al., 2022). Os medicamentos antibióticos tem uma ampla aplicação no combate e prevenção de doenças infecciosas, tanto em seres humanos quanto em animais, sendo que esses compostos e seus metabolitos são regularmente identificados em águas, sedimentos, solos e organismos (Cela-Dablanca et al., 2022).

Dentre esses antibióticos, a amoxicilina (AMOX.) é um fármaco pertencente à família dos beta-lactâmicos, frequentemente empregado no tratamento de infecções provocadas por bactérias gram-negativas e gram-positivas. Esse medicamento é comumente indicado para

diversas infecções bacterianas, como as que afetam a pele, o trato urinário e a garganta (Aryee; Han; Qu, 2022).

É conhecido que mais de 80% da amoxicilina é eliminada nas fezes e urina aproximadamente duas horas após a sua ingestão, resultando na presença subsequente desse composto em corpos d'água e recursos hídricos (Aryee; Han; Qu, 2022).

Consequentemente, os resíduos de antibióticos têm emergido como poluentes nos últimos anos, principalmente devido ao uso indevido e excessivo de antibióticos na saúde humana e animal. Vários fatores contribuem para esta situação, incluindo a venda irrestrita de antibióticos, a sua utilização extensiva na agricultura e pecuária, e uma falta generalizada de consciência sobre o uso e descarte adequado destes medicamentos no nosso país (Palacio; Urbano; Rivas, 2022).

A crescente eliminação desses antibióticos se tornou um desafio global nas instalações de tratamento de águas residuais que carecem de tecnologias adequadas para lidar com essa questão (El-Sayed, 2020).

Atualmente as estações de tratamento da água utilizam predominantemente métodos biológicos de filtração e sedimentação para remover esses poluentes. Contudo, devido a eficácia limitada dessas tecnologias existentes, torna-se imperativa a busca por novos métodos (Zha et al., 2013).

A adsorção é reconhecida como eficaz na eliminação de poluentes no tratamento de águas residuais devido a sua simplicidade de aplicação e aos custos operacionais reduzidos. Esse é um processo de superfície que consiste na remoção de contaminantes da água, através da fixação de poluentes em uma superfície sólida (Candido; Weschenfelder; Ferraz, 2023). Esse fenômeno ocorre devido as ligações físico-químicas entre o adsorbato (poluentes) das águas residuais na superfície do adsorvente, sem gerar compostos secundários (Somashekara; Mulky, 2023).

O óxido de grafeno (GO) é um derivado do grafeno, onde átomos de carbono estão ligados a átomos de oxigênio, resultando na formação de grupos funcionais em sua estrutura. Essa alteração torna o grafeno mais solúvel em água e outros solventes (Hasanzade; Raissi, 2018). Este material tem sido extensivamente investigado como adsorvente para diversos elementos, como fármacos, corantes, metais pesados e compostos orgânicos (Houng et al., 2021).

Portanto, o objetivo deste trabalho é realizar a remoção da AMOX. da água, além de comparar a eficiência de remoção do GO e GO□Fe₃O₄ com diferentes proporções de magnetita incorporada, promovendo a limpeza da água de maneira eficaz e com um custo reduzido.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 SÍNTESE DO ÓXIDO DE GRAFENO

A síntese de GO foi realizada tendo como base a metodologia desenvolvida por Salles et al., (2020). Para isso será adicionado 1g de grafite em *flakes* (Sigma-Aldrich®) e 60 mL de ácido sulfúrico (Synth®) em um béquer de 500 mL, sob agitação magnética (150 rpm). Essa solução foi mantida sob agitação durante 30 minutos a temperatura ambiente e em seguida, foi adicionado lentamente 6g de permanganato de potássio à mistura por um período de 20 minutos. Sequencialmente a reação foi aquecida à 40°C e está foi mantida por 12h sob a mesma condição de agitação. Após este período, foram gotejados 180 mL de água destilada no sistema racional e deixada sob agitação em temperatura ambiente por mais 12h, posteriormente a amostra será agitada à 40°C, por 2h. Depois disso, novamente foi adicionado 300 mL de água destilada, mantendo a agitação e por fim, foram adicionados 10 mL de peróxido de hidrogênio (Synth®). A mistura amarelada será decantada até que se obtenha o pH 5.

2.2 SÍNTESE DE ÓXIDO DE GRAGENO EM DIFERENTES PROPORÇÕES DE MAGNETITA INCORPORADA

A magnetização do óxido de grafeno foi realizada pelo método proposto por Rhoden et al., (2017), para esta reação foi empregado um balão de fundo redondo de 250 mL, contendo 100 mL de água ultrapura previamente desoxigenada, em seguida foram adicionados 100 mg de GO e (100, 500 ou 1000 mg) de cloreto de ferro II (Sigma – Aldrich®). Para promover a produção de GO com diferentes quantidades de Fe_3O_4 é necessário utilizar hidróxido de amônio (Synth®) para ajustar o pH da mistura até atingir o pH 9. Após a mistura foi submetida a radiação ultrassônica, sequencialmente a solução foi vertida para um béquer, e com o auxílio de um ímã, o sólido foi lavado consecutivamente com metanol e acetona. Posteriormente o material foi seco em estufa a 50°C durante 20 minutos para total evaporação dos solventes.

2.3 PROCEDIMENTO DE ADSORÇÃO

A adsorção será realizada em bateladas de adsorção. O equilíbrio e a cinética serão investigados utilizando o GO com diferentes quantidades de magnetita incorporada ($GO \cdot Fe_3O_4$ 1:1, $GO \cdot Fe_3O_4$ 1:5, e $GO \cdot Fe_3O_4$ 1:10) em 100 mL de solução do fármaco amoxicilina ($0,50g L^{-1}$) em pH 7,0. Sequencialmente, a solução será incubada em agitador a 120 rpm por 24h. Durante o experimento será coletado uma alíquota em tempo pré-determinado (0 – 24hs), após este período a quantificação do fármaco será realizada por meio de um espectrofotômetro UV-vis (Shimadzu) em $\lambda = 238$ nm.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DAS NANOPARTÍCULAS

2.4.1 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura é uma ferramenta versátil para análise da morfologia e composição química das amostras. O microscópio eletrônico de varredura é capaz de produzir imagens em alta resolução, com aumentos de até 300.000 vezes. A técnica consiste na incidência de um feixe de elétrons na amostra, resultando na emissão de elétrons (secundários, retroespalhados etc.) que serão coletados por um detector gerando um sinal que será transmitido na forma de uma imagem (Santos; Igo, 2022).

2.4.2 Difração de Raios – X (DRX)

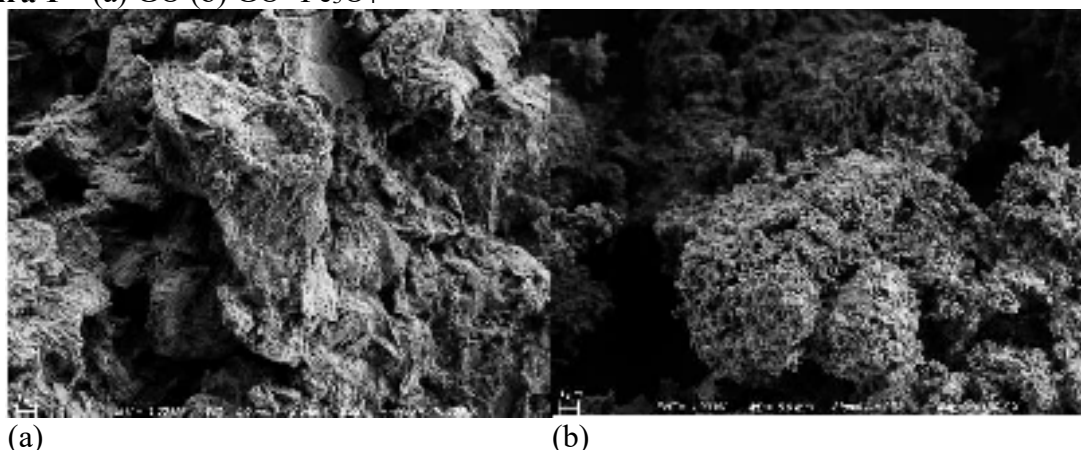
Outra técnica instrumental de análise utilizada na caracterização de nanomateriais é a difração de raios-X. Métodos de difração medem diretamente a distância entre os planos paralelos de pontos do retículo cristalino. Esta informação é usada para determinar os parâmetros do retículo de um cristal. Os métodos de difração também medem os ângulos entre os planos do reticulado. As amostras serão maceradas e dispostas no porta-amostras de maneira que a superfície fique da forma mais lisa possível (Rhoden, 2018).

3 RESULTADOS PRELIMINARES

Como se observa na Figura 1, por meio da microscopia eletrônica de varredura, podemos caracterizar o material GO (a) e $GO \cdot Fe_3O_4$ (b). No caso do óxido de grafeno (a), as imagens do MEV evidenciam uma estrutura planar, onde a folha do grafeno é funcionalizada com grupos de oxigênio, conferindo-lhe propriedades específicas de solubilidade e reatividade química.

Quando a magnetita é incorporada ao óxido de grafeno (b), as imagens revelam a presença de partículas magnéticas dispersas na matriz do GO.

Figura 1 – (a) GO (b) GO· Fe₃O₄



Portanto podemos verificar nitidamente na Figura 1, (a) o GO, com superfície lisa/plana apresentando poucas camadas, e na outra imagem (b) o GO magnético, onde a sua superfície se encontra coberta por magnetita.

4 CONCLUSÃO

A poluição hídrica causada pelos fármacos e subprodutos farmacêuticos é motivo de considerável inquietação devido aos impactos secundários desses poluentes na água. Assim, a criação de métodos capazes de eliminar tais resíduos no meio aquático torna-se de elevada importância. Este estudo se dedicará a investigação de novas abordagens de tratamento por meio da aplicação de GO com diferentes quantidades de magnetita incorporada.

REFERÊNCIAS

CANDIDO, J. D. C.; WESCHENFELDER, S. E.; FERRAZ, H. C. A review on the synthesis and application of magnetic nanoadsorbents to the treatment of oilfield produced water.

ARYEE, A. A.; HAN, R.; QU, L. Occurrence, detection and removal of amoxicillin in wastewater: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 368, p. 1-25, 2022. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, p. 1-21, 2023.

CELA-DABLANCA, R. *et al.* Potential of low-cost bio-adsorbents to retain amoxicillin in contaminated water. **Environmental Research**, v. 213, p. 1-6, 2022.

EL-SAYED, M. E. A.; Nanoadsorbents for water and wastewater remediation. **Science of The Total Environment**, v. 739, 2020.

HASANZADE, Z.; RAISSI, H. Density functional theory calculations and molecular dynamics simulations of the adsorption of ellipticine anticancer drug on graphene oxide surface in aqueous medium as well as under controlled pH conditions. **Journal of Molecular Liquids**, v. 255, p. 269-278, 2018.

HOUNG, L. M. *et al.* Ice segregation induced self-assembly of graphene oxide into graphene-based aerogel for enhanced adsorption of heavy metal ions and phenolic compounds in aqueous media. **Surfaces and Interfaces**, v. 26, 2021.

PALACIO, D. A.; URBANO, B. F.; RIVAS, B. L. Application of nanocomposite polyelectrolytes for the removal of antibiotics as emerging pollutants in water. **Journal of**

Water Process Engineering, v. 46, p. 1-13, 2022.

RHODEN, C. R. B. *et al.* Síntese fácil e direta do óxido de grafeno magnético. **Disciplinarium Scientia – Ciências Naturais e Tecnológicas**, v. 18, n. 2, p. 389-397, 2017.

RHODEN, C. R. B. Síntese de análogos de peptídeos incorporados a materiais nanoparticulados de carbono funcionalizados via reações multicomponentes. 107f. **Tese de Doutorado (Doutor em Nanociências)**, Universidade Franciscana, 2018.

SALLES, T. R. *et al.* Graphene Oxide optimization synthesis for application on laboratory of Universidade Franciscana. **Disciplinarium Scientia – Ciências Naturais e Tecnológicas**, v. 21, n. 3, p. 15-26, 2020.

SANTOS, T. O; IGO, R. M. Microscopia eletrônica de transmissão e de varredura como ferramentas de caracterização de nanossistemas. **Nanotecnologia: considerações em materiais, saúde e meio ambiente**, p. 174, 2022.

SOMASHEKARA, D.; MULKY, L.; Sequestration of Contaminants from Wastewater: A Review of Adsorption Processes. **ChemBioEng Reviews**, v. 10, n. 4, p. 491-509, 2023.

ZENG, Y. *et al.* Uptake and Transport of Different Concentration of PPCPs by Vegetables. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, 2022.

ZHA, S. X. *et al.* The removal of amoxicillin from wastewater using organobentonite. **Journal of Environmental Management**, v. 129, p. 569–576, 2013.