

AVALIAÇÃO DE ADSORVENTE A BASE DE ÓXIDO DE GRAFENO E NANOPARTÍCULAS METÁLICAS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA

Taynara Gomes Carreira (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Rosângela Bergamasco (Coorientadora) Angélica Marquetotti Salcedo Vieira (Orientadora) E-mail: amsvieira@uem.br.

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

Engenharias/Engenharia Sanitária.

Palavras-chave: Óxido de grafeno; Adsorção; Fármacos.

RESUMO

No tratamento de água, estudos recentes indicam que tecnologias convencionais podem não ser eficazes para a remoção de contaminantes emergentes, o que requer a aplicação de tecnologias alternativas. O grafeno é um material estruturado em folhas bidimensionais de átomos de carbono com diversas aplicações, incluindo a utilização como adsorventes na remoção de contaminantes emergentes da água. Contudo, sua baixa granulometria limita suas aplicações neste processo. Neste aspecto, para contornar este problema, uma alternativa é suporta-lo em carvão ativado. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o óxido de grafeno funcionalizado em carvão ativado com nanopartículas de prata e cobre como adsorvente para remoção de fármacos em água contaminada. Foram testados dentre outros fármacos a cafeína e o paracetamol, que se mostraram promissores. Todos os ensaios foram realizados em batelada. Os resultados obtidos demonstraram a melhor capacidade de adsorção na massa de 0,01 g, tempo de 24 horas e pH natural (5,73) para cafeína, e pH 4 para paracetamol.

INTRODUÇÃO

Os contaminantes emergentes (CE), grupo em que os fármacos estão inseridos, são substâncias químicas sintéticas ou naturais, definidos como compostos que atualmente não se encontram na legislação que regulamenta e monitora sua presença no ambiente. Este cenário tem como resultado uma recorrente poluição ambiental e, por esse motivo, tem recebido crescente atenção de pesquisas científicas ao longo da última década por seu impacto negativo na saúde humana e ao meio ambiente.

No tratamento convencional de águas, a remoção de contaminantes emergentes tornou-se um desafio, visto que não são eficientes em sua remoção, o que requer a necessidade de métodos alternativos de tratamento. Dentre as técnicas já existentes, a adsorção se destaca por ser um processo de baixo custo, baixo impacto ambiental e de relativa simplicidade operacional, além do alto potencial de remoção, tornando-a uma proposta interessante para a remoção mais eficiente desses contaminantes.

Deste modo, o objetivo desta pesquisa foi o desenvolvimento de um material adsorvente composto por óxido de grafeno aderido em carvão ativado, modificado com nanopartículas metálicas, com o intuito de avaliar a remoção de poluentes fármacos presentes no meio hídrico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a síntese do óxido de grafeno (OG), utilizou-se o método de Hummers modificado, de acordo com metodologia empregada por Wernke. (2021). O OG obtido foi suportado em carvão ativado (CA). Para esta etapa, as folhas de óxido de grafeno foram esfoliadas em etilenoglicol, e mantidas em contato sob agitação com carvão ativado por 24 h, obtendo assim o óxido de grafeno suportado em CA (CAOG).

A impregnação dos compostos metálicos ao carvão foi realizada conforme Arakawa (2019), utilizando-se soluções 0,029 M de nitrato de prata (AgNO_3) e sulfato de cobre (CuSO_4). Foi realizado um tratamento térmico em forno Mufla a $170\text{ }^\circ\text{C} \pm 5$ por 5 h. O material obtido foi lavado com água deionizada e seco a $80\text{ }^\circ\text{C}$ por 20 h, obtendo-se por fim o material adsorvente final.

Os testes em batelada foram realizados em Shaker com agitação orbital (Tecnal TE-424) a 25°C e 150 rotações por minuto. Foram analisados seis contaminantes: cafeína, cloroquina, dipirona, ibuprofeno, paracetamol e sertralina na concentração inicial de 10 mg/L, em Espectrofotômetro UV-Vis (DR6000, HACH).

A porcentagem de redução (%RD) e a capacidade de adsorção (Q_e (mg.g⁻¹)) foram calculadas conforme as equações 1 e 2, respectivamente:

$$\%RD = \frac{(C_0 - C_f) \cdot 100}{C_0} \quad (\text{Eq 1})$$

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_f) \cdot V}{m} \quad (\text{Eq 2})$$

Sendo, C_0 a concentração inicial e C_f a concentração final (mg.L⁻¹), V o volume da solução (L), m a massa (g) de adsorvente utilizado.

Caracterização dos adsorventes

A estrutura morfológica do adsorvente foi avaliada através de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) Shimadzu na ampliação de 100 e 120 x. A área superficial específica foi realizada por meio da análise de fisissorção de nitrogênio. E para compreender as características elétricas do adsorvente, foi utilizado a análise do potencial zeta com o auxílio do equipamento Delsa™ NanoCparticleanalyzer (Beckman Coulter), modificando o pH das amostras com soluções de ácido clorídrico e hidróxido de sódio a 0,1 M no intervalo de pH de 2 a 12.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estruturas morfológicas do adsorvente (Figura 1) apresentada nas imagens de MEV apontam superfície irregular e altamente porosa, além de partículas sobrepostas na superfície, que possivelmente são de nanopartículas dos metais.

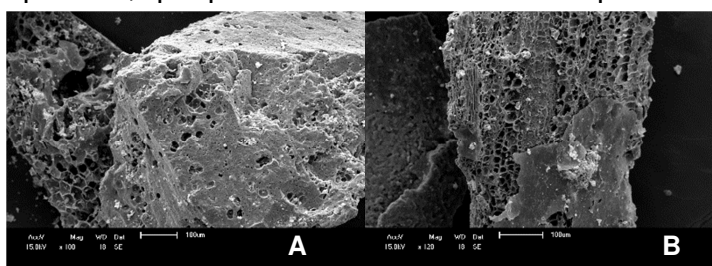


Figura 1 – Microscopia eletrônica de varredura com ampliação de 100x (A) e 120x (B).

Por meio da análise fisissorção de nitrogênio, a área superficial foi calculada pelo método BET cujo valor foi de 678 m²/g. Já os resultados do potencial zeta revelaram que a carga do adsorvente é predominantemente negativa a partir do pH 4.

Os ensaios de adsorção apontaram a cafeína e paracetamol como compostos mais promissores, os quais apresentaram uma capacidade de adsorção e porcentagem de redução de 29,62 (mg.g⁻¹) e 98,62% para a cafeína e 30,55 (mg.g⁻¹) e 94,89% para paracetamol, respectivamente.

Os ensaios de massa indicaram que a capacidade de adsorção está diretamente relacionada à massa de adsorvente. Entretanto, o percentual de adsorção não apresentou diferença significativa, variando apenas 15% dentre as massas analisadas. Já o valor de Q_e variou entre 9,1 a 79,9 (mg.g⁻¹) para a cafeína e 8,9 a 75,9 (mg.g⁻¹) para o paracetamol. Sendo a maior delas para a massa de 10 mg em ambos os casos.

No estudo de influência do pH, o pH natural da solução de cafeína (5,73) resultou no maior valor de Q_e (75,51) e %RD (83%). Para as soluções de paracetamol, foi

observado um aumento de 6% na eficiência no pH 4 em comparação com o pH natural (5,58). No entanto, para minimizar o impacto ambiental e os custos, os ensaios referentes ao paracetamol foram conduzidos no pH natural, que também apresentou bons resultados, com Q_e de 65,15 e %RD de 73,53.

Em relação ao estudo cinético, os resultados demonstraram que os dados experimentais se ajustaram bem aos modelos aplicados. Entretanto o modelo de pseudo segunda ordem foi o que apresentou menor valor relativo ao erro chi-quadrado (χ^2), cujo valor foi de 11,85 para a cafeína e 7,98 para o paracetamol, enquanto para o modelo pseudo primeira ordem foi de 23,28 e 20,46 respectivamente.

CONCLUSÕES

Conclui-se por fim, que o adsorvente produzido apresentou características físicas e morfológicas que são atraentes no processo de adsorção de fármacos, para a cafeína e paracetamol. O estudo cinético indicou que os dados experimentais ajustaram-se bem aos modelos empregados, porém com valor de χ^2 menor para pseudo segunda ordem. O ensaio de massa demonstrou que a menor massa de material é eficiente na remoção dos fármacos estudados. O ensaio de pH demonstrou que, mantendo o pH inalterado, é possível obter uma descontaminação eficaz da água.

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente ao CNPq pela bolsa concedida. À UEM, ao grupo de pesquisa do LGCPA e ao COMCAP por toda estrutura e apoio durante a pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARAKAWA, F. S. *et al.* Activated carbon impregnation with ag and cu composed nanoparticles for escherichia coli contaminated water treatment. **Can. J. Chem. Eng.**, p. 2408-2418, 31 jan. 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cjce.23471>. Acesso em: 05 setembro 2024.

MALULE, H. R. *et al.* Emerging contaminants as global environmental hazards. A bibliometric analysis. **Keaipublishing**, v. 6, p. 179-193, 18 maio 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405665020300159>. Acesso em: 05 de setembro de 2024

WERNKE, G. Adsorption of cephalexin in aqueous media by graphene oxide: kinetics, isotherm, and thermodynamics. **Environ. Sci. Pollut. Res. Int**, p. 4725–4736, 21 nov. 2019. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-019-07146-y>. Acesso em: 05 de setembro de 2024.