

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SORÇÃO DE ÓLEO A PARTIR DE UMA FIBRA NATURAL DE ESTRUTURA OCA

Magsa E. P. da Silva¹; Marcelo R. dos Santos²

*1,2 Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Campus Senhor do Bonfim.
E-mail: marcelo.reis@univasf.edu.br*

Palavras-Chave: Remediação ambiental; Sorção de óleo; biosorvente.

Introdução

Nos últimos anos, é cada vez mais frequente a incidência de acidentes ambientais envolvendo derramamento de óleo em ambientes aquáticos, sendo esta ação potencializada maciçamente devido ao aumento substancial da população e do crescimento industrial (MENG *et al*, 2024). A literatura evidencia que todos os anos, em torno de um bilhão de litros de óleo usado acaba no oceano, causando danos ambientais significativos, danos ecológicos e um desequilíbrio no ecossistema (FINGAS, 2017). Uma vez que esse óleo apresenta uma grande capacidade de aderir em animais marinhos ou das aves, reduzindo as suas propriedades isolantes e repelentes à água. Além disso, o consumo de resíduos de petróleo pode trazer sérios problemas de poluição para a biodiversidade aquática (YUEWEN e ADZGBLI, 2018). Portanto, é urgente a necessidade do desenvolvimento de novos materiais e técnicas inovadoras para a separação e captura eficaz destes contaminantes. A literatura apresenta métodos tradicionais de separação e tratamento óleo-água que incluem principalmente a degradação microbiana (EZENNÚBIA e VILCÁEZ, 2023), decantação (LIU *et al*, 2022), floculação (SCHARNBERG *et al*, 2023), dispersantes (OKORO *et al.*, 2021) dentre outros. Entretanto, essas técnicas apresentam desvantagens, incluindo custos elevados, operações complexas e geração de poluentes secundários (ZHANG *et al.*, 2023). A técnica de sorção é uma das mais utilizadas devido sua facilidade de operacionalização e baixo custo. Neste sentido, recentemente, vários trabalhos relatam a preparação e modificação materiais naturais fibrosos para a obtenção de sorventes hidrofóbicos ou super hidrofóbicos visando a separação de óleo-água e sorção de óleo. Meng *et al* (2024), desenvolveram um estudo com um tecido de algodão modificado na separação de óleo-água, onde esse tecido foi imerso em uma solução pré-reticulada de polidimetilsiloxano e posteriormente numa mistura de ZIF-8 e GO (óxido de grafeno) para formar uma morfologia de superfície áspera e densa, visando obter a modificação hidrofóbica do material. A eficiência da separação com o tecido preparado foi de 95% em média para vários tipos de misturas óleo-água. Shi *et al* (2024), desenvolveram um revestimento multifuncional com a fibra do algodão integrando uma estrutura em camadas de $\text{TiO}_2 @ \text{gC}_3\text{N}_4$ para obter uma propriedade hidrofóbica e com múltiplas funções na separação de óleo-água. Resultando em excelentes propriedades de autolimpeza e uma capacidade de absorção de óleos leves e pesados, alcançando 96,8% de eficiência. Zhou *et al* (2023), apresentaram um separador natural à base de biomassa composto de poli(vinil butiral) (PVB) e fibra *Juncus effusus* natural (PVB/JE) na separação de óleo-água, onde o separador conseguiu bloquear efetivamente a água dentro do óleo, ao mesmo tempo que fornece capacidade de absorção de óleo saturado, com um percentual maior que 93% de eficiência. A linha de pesquisa que utiliza materiais de origem natural, que são biologicamente compatíveis e biodegradáveis tem atraído cada vez mais atenção dos pesquisadores devido às características intrínsecas destes materiais. Pode-se citar como itens de investigação, os materiais naturais como a lã, a palha de arroz, o bagaço, o algodão, a amido e a fibroína de seda (YIN *et al*, 2022). A *Ceiba glaziovii* (Kuntze) K.Schum - CG é uma árvore

que pode medir de 6-18 metros de altura, possuindo uma copa ramificada, tronco robusto dando impressão de uma barriga em determinada altura, flores brancas e frutos que parece uma cápsula onde contêm várias sementes pequenas, envolvidas por fibras finas e sedosas (NASCIMENTO, 2012). Até onde sabemos, não há relatos na literatura sobre investigações relativas à utilização desta biomassa como sorvente de contaminantes oleosos em meio aquoso. Assim, este estudo objetiva investigar a capacidade de sorção das fibras de CG para remoção de óleo em água. Para isso, avaliamos quatro tipos de óleo a partir do método de imersão e a sua respectiva reutilização, a fim de fornecer uma estratégia promissora para a remediação baseada em um material eficiente e sustentável.

Material e Métodos

Materiais

A biomassa selecionada para o desenvolvimento da pesquisa foi as fibras de CG. As fibras de CG foram obtidas na fazenda Água Branca, localizada na comunidade Quilombola de Tijuaçu no município de Senhor do Bonfim, Bahia. O óleo do motor e o óleo diesel foram adquiridos no posto de gasolina local. Os óleos de soja e dendê foram adquiridos no supermercado local. Todos estes produtos químicos e óleos foram obtidos de fornecedores comerciais sem qualquer tratamento antes do uso. Água ultrapura ($\rho = 18,2 \text{ M}\Omega \text{ cm}$) foi utilizada em todas as etapas de preparação das amostras.

Métodos

Preparação das amostras

Para a obtenção das fibras de CG, os frutos foram colhidos com a estrutura do fruto fechada, nesse caso, tanto as fibras quanto às sementes não foram expostas ao meio externo. Na sequência, os tricomas foram secos em temperatura ambiente, e em seguida inseridos em um recipiente de vidro com as sementes. Por fim, as fibras foram separadas manualmente das sementes e lavadas exaustivamente com água destilada, para remover quaisquer substâncias aderentes, sendo secadas em estufa a 30° C e armazenadas até a sua utilização.

Teste da capacidade de sorção de óleo

A capacidade de absorção de óleo frente às fibras de Ceiba foi avaliada utilizando diferentes tipos de solventes (óleo vegetal, óleo lubrificante de motor, óleo diesel e azeite de dendê). Para isso, utilizou-se o procedimento padrão mencionado na literatura (Wang et al. 2012;). Inicialmente, as fibras (0,2 g) de CG foram inseridas individualmente em malhas de aço inoxidável e posteriormente imersas em 20 mL nos respectivos óleos à temperatura ambiente. Em intervalos determinados (15 minutos) as amostras foram retiradas dos óleos, drenadas por (5 minutos) e enxugadas com papel filtro para remover o excesso de óleo da parte inferior da malha. As fibras foram então removidas das redes e pesadas. A capacidade de absorção de óleo das fibras para vários óleos foi avaliada simplesmente medindo o peso de cada amostra antes e depois do processo de sorção, conforme a Equação 1:

$$Q = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \quad (1)$$

onde Q é a absorção de óleo calculada como gramas de óleo por grama da amostra, W_0 e W_1 são o peso das fibras antes e depois da absorção, respectivamente. Todos os testes foram realizados em duplicata.

Reutilização da fibra

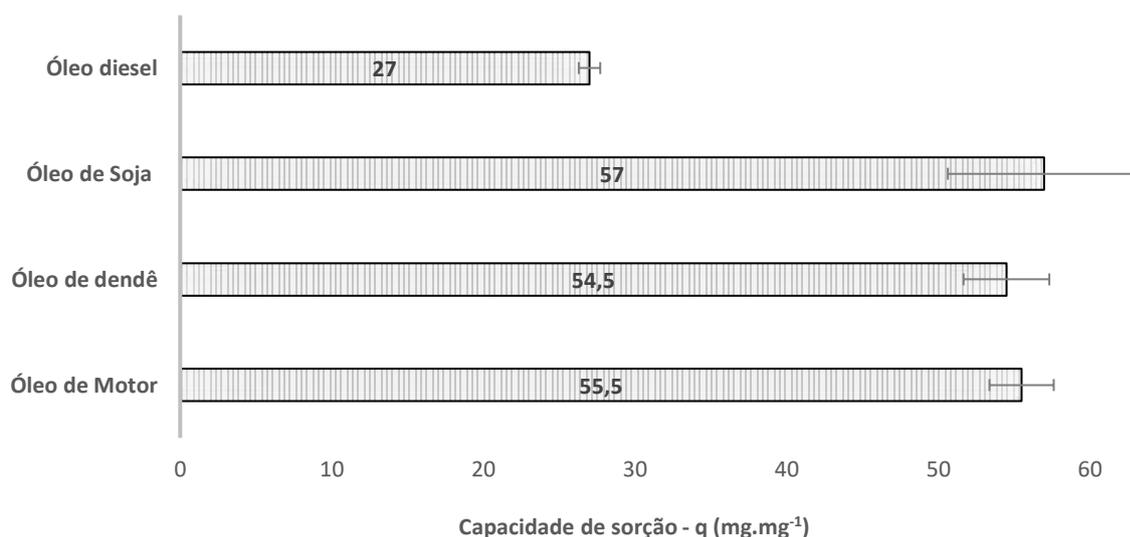
Para investigar as propriedades de reutilização das fibras, amostras (0,2 g) foram inseridas em uma malha de aço inoxidável e posteriormente imersas em 20 mL de diferentes óleos à temperatura ambiente. Em intervalos pré-determinados as amostras foram separadas do óleo, drenada (5 minutos) e enxugadas com papel filtro para remover o excesso de óleo. Após a pesagem, as fibras foram pressionadas manualmente para remover qualquer óleo remanescente e introduzidas novamente na malha de aço inoxidável para um novo ciclo. Testes adicionais foram repetidos (5 ciclos) e a capacidade de sorção das amostras foram avaliadas a fim de caracterizar o desempenho de reutilização da biomassa.

Resultados e Discussão

Teste da capacidade de sorção de óleo

Quatro tipos de óleos, nomeadamente óleo de motor, óleo diesel, óleo de soja e óleo de dendê, típicos do cotidiano diário, foram usados para avaliar a capacidade de sorção de óleo das fibras. Tais características foram investigadas a partir do método de pesagem, o qual estabelece a relação entre a massa de óleo adsorvida e das respectivas fibras. A Figura 1 mostra as capacidades máximas de sorção de fibras de CG em sistema de óleo puro sem água. As fibras apresentaram altos valores de sorção — entre 135 a 285 vezes seu próprio peso — tendo numericamente os valores da capacidade de sorção de $27 \pm 0,7$ a $57 \pm 1,7$ g/g, valores estes bem significativos quando se observam outros materiais com características semelhantes relatados na literatura (MAHMOUD, 2020; AHUJA et al, 2021).

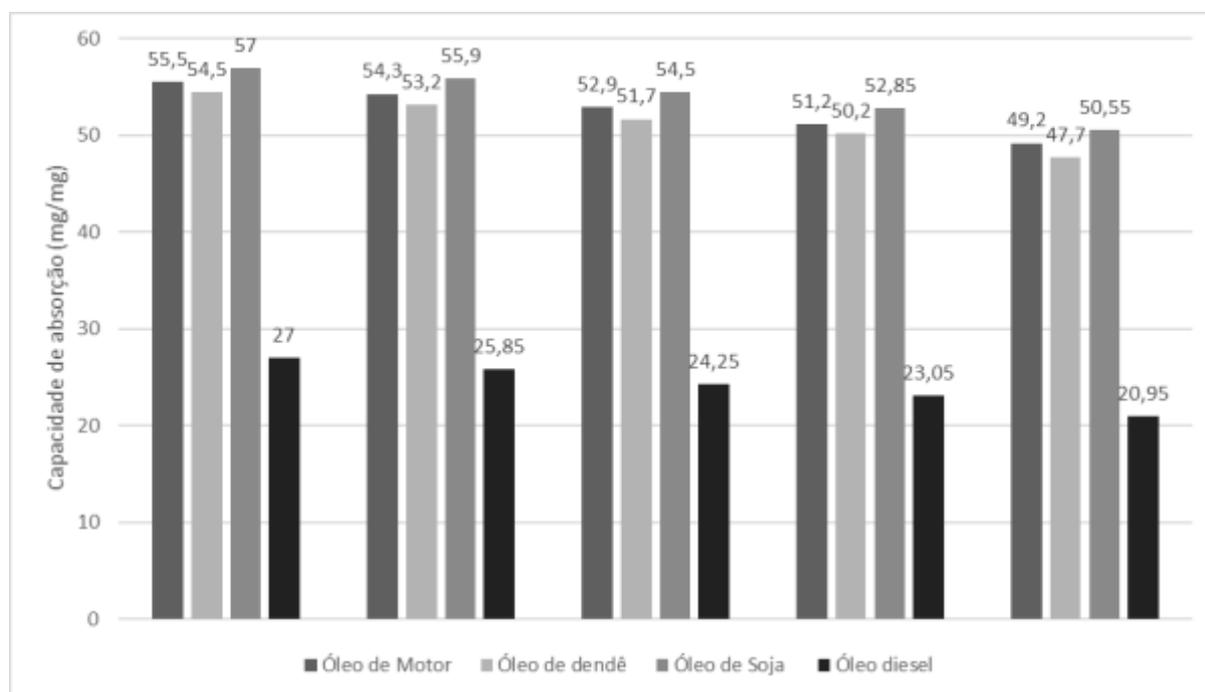
Figura 1: Avaliação da capacidade de sorção das fibras de CG frente a diferentes óleos.



As maiores capacidades de sorção de óleo foram registradas para óleo vegetal e de motor. Isso se deve à ação combinada da alta viscosidade e a elevada densidade destes materiais, uma vez que os óleos com alta viscosidade apresentam maior probabilidade de serem ancorados na superfície das fibras, em compensação, a baixa viscosidade induz a rápida formação de uma película ao redor da superfície das fibras além de penetrarem no lúmen interno, o que vem a ocasionar uma baixa capacidade de sorção (BLAQUERA et al, 2023).

Reutilização da fibra

Os testes de reutilização das fibras permitem avaliar a capacidade de regeneração do biosorvente para aplicações práticas. Desta forma, testamos a reciclabilidade das fibras por meio de múltiplos ciclos de imersão e compressão nos diferentes óleos investigados neste estudo. A Figura 2 mostra uma tendência decrescente, indicando uma queda na capacidade de sorção de óleo do primeiro até o quinto ciclo. de sorção e dessorção usando os diferentes tipos de óleos avaliados neste estudo. Verifica-se que após cada ciclo, houve uma pequena queda na capacidade de sorção de óleo. Acredita-se que a presença de óleo residual irrecuperável que fica preso nos feixes de fibras possa contribuir para a redução da absorvência do óleo (KARTINA e SUHAILA, 2012).



Em comparação com outros materiais sorventes da mesma natureza (MAHMOUD et al, 2020 EL-DIN et al, 2018), observa-se que para o estudo de reutilização, as capacidades de sorção de óleo apresentam alto desempenho. Neste sentido, os resultados aqui apresentados são promissores, uma vez que, uma boa reciclabilidade se caracteriza como um parâmetro essencial para os absorventes de óleo, pois reduz ainda mais os custos de operação para tratamento de derramamentos (JIN et al, 2015).

Conclusões

O presente estudo investigou a capacidade adsorptiva das fibras de *C. glaziovii* frente diferentes tipos de óleos. PoOs resultados dos experimentos mostraram altas capacidades de sorção para

todos os óleos abordados. Além disso, após o processo de sorção, as fibras não apresentam mudança física em sua estrutura, o que proporciona uma reutilização econômica e um alto desempenho no processo de sorção. A partir de uma remoção rápida, barata e biodegradável essa biomassa se apresenta como uma alternativa potencial para o tratamento de água com alto teor de óleo.

Referências

- AHUJA, Dheeraj et al. Superhydrophobic modification of cellulose sponge fabricated from discarded jute bags for oil water separation. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 2, p. 105063, 2021.
- BLAQUERA, Aimee Lorraine M. et al. Oil adsorption kinetics of calcium stearate-coated kapok fibers. **Polymers**, v. 15, n. 2, p. 452, 2023.
- EL-DIN, G. Alaa et al. Estudo sobre o uso de cascas de banana para remoção de derramamento de óleo. **Alexandria engineering journal**, v. 57, n. 3, p. 2061-2068, 2018.
- EZENNUBIA, Valentine; VILCÁEZ, Javier. Remoção de hidrocarbonetos de óleo de água produzida por petróleo por comunidades microbianas indígenas degradadoras de óleo. **Journal of Water Process Engineering**, v. 51, p. 103400, 2023.
- JIN, Yangxin et al. Superhydrophobic and superoleophilic polydimethylsiloxane-coated cotton for oil–water separation process: an evidence of the relationship between its loading capacity and oil absorption ability. **Journal of hazardous materials**, v. 300, p. 175-181, 2015.
- KARTINA, AK Siti; SUHAILA, MH Nor. Oil sorption capacity of kapok fiber. In: **2012 IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering (CHUSER)**. IEEE, 2012. p. 876-878.
- LIU, Bo et al. Development of advanced oil/water separation technologies to enhance the effectiveness of mechanical oil recovery operations at sea: Potential and challenges. **Journal of Hazardous Materials**, v. 437, p. 129340, 2022.
- MAHMOUD, Mohamed Ahmed. Oil spill cleanup by raw flax fiber: Modification effect, sorption isotherm, kinetics and thermodynamics. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 13, n. 6, p. 5553-5563, 2020.
- MENG, Xu et al. ZIF-8/GO/PDMS modified cotton fabric to form a hierarchical-structure coating for fast oil/water separation. **Journal of Water Process Engineering**, v. 60, p. 105158, 2024.
- MENG, Xu et al. ZIF-8/GO/PDMS modified cotton fabric to form a hierarchical-structure coating for fast oil/water separation. **Journal of Water Process Engineering**, v. 60, p. 105158, 2024.
- NASCIMENTO, Irinaldo Lima do. Superação da dormência em sementes de paineira-branca. **Cerne**, v. 18, p. 285-291, 2012.
- OKORO, Oluchi et al. Performance of conventional drinking water treatment following dispersant remediation of an oil spill in surface water. **Science of the Total Environment**, v. 801, p. 149583, 2021.
- SCHARNBERG, A. R. A. et al. Flocculation of emulsified oil-in-water with dodecylbenzene sulfonate and polyacrylamide and floc separation by dissolved air flotation. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 669, p. 131496, 2023.
- SHI, Qi et al. Designing a superhydrophobic cotton fiber coating exploiting TiO₂@ g-C₃N₄ layered structure for augmented photocatalysis and efficient water-oil separation. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 264, p. 130596, 2024.
- WANG, Jintao; ZHENG, Yian; WANG, Aiqin. Effect of kapok fiber treated with various solvents on oil absorbency. **Industrial crops and products**, v. 40, p. 178-184, 2012.
- YIN, Chuanjin et al. Natural silk fibers incorporated aramid nanofibers sponges for efficient oil/water separation. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 648, p. 129323, 2022.
- ZHOU, Zhaozixuan et al. Natural *Juncus effusus* fiber-based separator with 3D porous structure for oil/water emulsion separation. **Industrial Crops and Products**, v. 205, p. 117572, 2023.