

# USO DE FIBRAS NATURAIS COMO REMEDIADORES DE AMBIENTES AQUÁTICOS IMPACTADOS POR HIDROCARBONETO: UMA REVISÃO

Rafaela Silva Garces de Santana<sup>1</sup>

Camila Cezar Soares<sup>2</sup>

Célia Karina Maia Cardoso<sup>3</sup>

Ana Katerine de Carvalho Lima Lobato<sup>4</sup>

Ícaro Thiago Andrade Moreira<sup>5</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são formados pela combustão incompleta de material orgânico como lenha, carvão, derivados do petróleo e outros. Conforme a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), as emissões de “HPAs” para o meio ambiente vêm se tornando um alerta, pois são considerados produtos químicos cancerígenos (HONDA; SUZUKI, 2020). O petróleo, constituído majoritariamente por HPAs, é uma das principais fontes de energia, sendo um dos grandes movimentadores da economia global. Entretanto, como dito por Neto e Costa (2007), seu mau armazenamento, exploração e locomoção podem causar vazamentos, gerando danos significativos para o ecossistema. Isso se dá pelo fato dele ser altamente prejudicial ao meio ambiente terrestre e, principalmente, ao ambiente marinho, uma vez que a maior parte do petróleo se encontra em alto mar.

Visando a remediação e a recuperação da área afetada foram desenvolvidas algumas técnicas comumente aplicadas como barreiras de contenção, queima *in situ*, dispersantes

---

1Graduando pelo Curso de Bacharelado Interdisciplinar de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Bahia - UFBA, [rafaela.garces@ufba.br](mailto:rafaela.garces@ufba.br)

2 Graduando do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal da Bahia - UFBA, [camila.cezar@ufba.br](mailto:camila.cezar@ufba.br);

3Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal da Bahia - UFBA, [celiamaia.eng@gmail.com](mailto:celiamaia.eng@gmail.com);

4Doutora em Engenharia Química, Universidade Salvador e Universidade Federal da Bahia, UNIFACS e UFBA, [ana.lobato@unifacs.br](mailto:ana.lobato@unifacs.br); [katerine.carvalho@ufba.br](mailto:katerine.carvalho@ufba.br);

5Professor orientador: Doutor no Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Bahia - UFBA, [icarotam@ufba.br](mailto:icarotam@ufba.br).

químicos e aplicação de materiais sorventes. Dentre essas alternativas, destaca-se o uso de sorventes, por serem mais rápidos, fáceis e eficientes de interagir com o óleo (CARDOSO, et al., 2020). De acordo com Luis-Zarate e colaboradores (2018) a aplicação de sorventes naturais é uma das técnicas bastante utilizadas, constituídas por fibras vegetais que possuem fonte renovável e alta capacidade de adsorver eficazmente o poluente. O uso de fibras naturais, em relação às outras técnicas, torna-se mais atrativo devido ao seu custo-benefício, proveniente da disponibilidade de matéria prima em descartes residuais. Muitos trabalhos são encontrados na literatura utilizando adsorventes lignocelulósicos, como fibra de coco (CARDOSO et al., 2021), fibra de sisal (Liu et al., 2018), fibra de algodão (CAO et al., 2017), entre outras, que possuem resultados positivos na recuperação de poluentes em ambiente marinho.

Portanto, o objetivo deste estudo de revisão é analisar e especificar as condições experimentais que são realizados os testes de sorção que são necessários para avaliar a capacidade e a eficácia das fibras naturais. A investigação foi dividida em: influência da temperatura e testes de sorção em sistemas dinâmicos e estáticos, que interferem nos resultados de sorção. Por fim, foi realizado um estudo da capacidade de reutilização das fibras, que contribui na economia circular, gerando menos resíduos ao meio ambiente.

## **2. METODOLOGIA**

Os artigos utilizados foram encontrados em duas plataformas: A Web of Science e o Scopus. A segunda, por apresentar um maior acervo de artigos referentes ao tema, foi utilizada como principal banco de dados. Ao final, realizou-se a leitura do título e resumo para que eliminar aqueles que não continham informações suficientes para o problema de pesquisa. Visando um alcance significativo e objetivo para esta revisão de literatura, foram lidos aproximadamente 40 artigos completos que continham as informações necessárias para responder a nossa pergunta de pesquisa.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Diversos estudos vêm demonstrando a eficiência e benefícios da utilização de fibras naturais na remoção de óleo de ambientes marinhos. A eficácia da remoção depende de uma variedade de fatores, incluindo a variação de temperatura, condição do sistema utilizado

(estático ou dinâmico), reutilização das fibras em ciclos subsequentes, entre outros (ABDELWAHAB et al., 2017).

### **3.1 Influência da variação da temperatura para sorção**

A temperatura é um fator importante para ser avaliado devido às variações observadas em diferentes regiões e estações. Os testes realizados em fibras de palma no trabalho de Abdelwahab e colaboradores (2016) constataram que a capacidade de sorção aumentou até alcançar a temperatura de 45°C e sua possível causa seria a diminuição da viscosidade do óleo. Quando o sistema atinge esse limite, começa a se observar uma perda da sua capacidade de adsorção. É importante salientar que a capacidade de adsorção é diretamente proporcional ao diâmetro dos capilares da fibra e inversamente proporcional a viscosidade do óleo.

Em Santos e colaboradores (2018) foram realizados testes em fibras de cana-brava em condições similares e foi observado perda de umidade quando o sistema atinge temperaturas entre 25,4°C e 98,8°C no teste termogravimétrico. Já quando o sistema atinge temperaturas entre 264°C e 245°C observa-se uma degradação da fibra. Levou-se em média 60 minutos a partir da capacidade de sorção para que o sistema atingisse o equilíbrio e o processo de sorção se manter constante tendo como resultado máximo 9,9 g de petróleo/g de adsorvente.

À medida que a temperatura dos óleos aumenta acarreta uma maior movimentação das moléculas e observa-se uma queda da viscosidade, o que dificulta a aglutinação dos óleos à superfície da fibra (SILVA, 2016). Nos experimentos que apresentam uma variação deste indicador, como temperaturas muito altas ou muito baixas, são encontrados fatores limitantes ao processo de adsorção de óleo pelas fibras. Verificou que existem, baseado na investigação dos artigos, uma quantidade ainda pouca satisfatória de pesquisas que se atentam a este parâmetro.

### **3.2 Condições do sistema utilizado (Teste de sorção estático e dinâmico)**

A variação do sistema utilizado interfere na sorção, uma vez que os movimentos dos testes dinâmicos fazem com que a fibra adsorva e desorva o petróleo com o passar do tempo. Isso acontece, uma vez que a adsorção muitas vezes é física (fisiossorção), facilitando a quebra da interação das fibras com o óleo (SILVA, 2016).

No artigo produzido por Wang e colaboradores (2012), o teste de sorção é realizado de forma estática. A fibra de sumaúma utilizada foi imersa em um béquer contendo o contaminante (tolueno) e a água marinha sintetizada. Foram testadas amostras tratadas quimicamente com ácido e álcali e fibras in natura, sobre uma rede de aço inoxidável em óleo/interface de água por um determinado período. Após atingir o tempo estabelecido em determinados intervalos, a amostra e a malha foram separadas do óleo, drenado por 10 segundos e limpo com papel de filtro para remover o excesso de óleo da parte inferior da malha. Em seguida, as amostras foram direcionadas à uma balança analítica, o peso foi determinado e registrado para análise gravimétrica. Os resultados de sorção nesse estudo foram 27,86 g/g.

No estudo de Silva (2016) foi feita uma avaliação dinâmica, utilizando a fibra de Calotropis procera. Os testes de sorção foram realizados adicionando 100mL de petróleo em um becker de 100mL contendo água salina e dispostos em um agitador mecânico de 100 rpm por 60 segundos. Em seguida colocou-se a membrana adsorvente na solução com o adsorbato e manteve-se em agitação por mais 30 segundos. Ao final das análises observa-se que no tempo 60 o percentual médio de retenção de óleo ficou em torno de 93,29%, enquanto no tempo 30 segundos foi de 82,23%.

Já no estudo de Oliveira (2010), foram realizados os testes de sorção em sistema estático e dinâmico. Nos testes estáticos, uma das fibras testadas foi a turfa, no qual foi adicionada a um béquer contendo 80mL de água destilado e 20g de óleo nos tempos 5,20,60 e 1440 minutos. No teste dinâmico, foi introduzida uma rotação de 100 rpm utilizando um agitador magnético e observou-se que a turfa apresenta valores semelhantes de sorção nos dois sistemas, porém, nos maiores tempos a fibra apresenta uma maior capacidade de sorção no sistema supracitado. O autor constatou que nos testes estáticos, as fibras obtiveram uma adsorção inferior (1,21 g/g) em relação ao sistema dinâmico (1,46 g/g).

Os testes estáticos divergem do comportamento dos incidentes ocorridos com derramamento de óleo no ambiente marinho, pois possuem uma hidrodinâmica. Essa hidrodinâmica marinha interfere na sorção do petróleo pelas fibras. Logo, os testes dinâmicos são aqueles que possuem resultados laboratoriais mais satisfatórios pois apresentam condições do sistema que mais se aproxima da realidade. Nos artigos pesquisados verificou-se que há uma carência de detalhes e embasamento nos sistemas dinâmicos que simulem de uma forma aproximada a hidrodinâmica do ambiente marinho.

### 3.3 Testes de reutilização

Fatores como as características físico-químicas ou tratamentos das fibras tornam os materiais fibrosos eficazes ao serem reaproveitados. O teste de reutilização torna-se importante, principalmente, porque o prolongamento do uso das fibras naturais reduz a quantidade de resíduos. Apesar desses materiais serem biodegradáveis, em grandes quantidades descartadas de forma incorreta, torna-se mais um problema ambiental. A técnica mais utilizada na literatura para reutilização das fibras naturais foi a compressão da amostra já encharcada pelo contaminante, assim estimulando a dessorção pelo método mecânico.

No trabalho de Jintao Wang e colaboradores (2012), após o teste de sorção, a fibra com óleo adsorvido foi transferida para um cilindro e comprimida por meio da pressão de um pistão. Esse procedimento foi realizado para remover qualquer óleo remanescente, e nesse estudo, cerca de 3-5 vezes do óleo adsorvido na fibra foi retirado por dessorção a cada pressão. Após esse procedimento, a fibra foi reutilizada em 8 ciclos sem perder a eficiência, diminuindo-a durante os três primeiros ciclos de sorção seguidos por um declínio relativamente lento.

Como comparação, o artigo realizado por Xinyi Chen, Guanben Du, A. Pizzi e Xuedong Xi em 2019, os testes de reciclabilidade utilizaram as fibras de bambu. Nesse estudo as amostras com óleo adsorvido foram apertadas com a pressão do pistão para remover óleo até que seu peso seja constante. O processo de sorção/dessorção foi repetido em 10 ciclos, atingindo até 96% do valor de adsorção original após o final de todos os ciclos, mostrando excelente recuperabilidade do contaminante adsorvido.

No trabalho de Mohamed (2020) encontram-se resultados de reutilização das fibras em 6 ciclos, de forma eficiente. Demonstrando que a utilização das fibras é crucial para retardar o acúmulo de resíduos dos materiais fibrosos que são descartados de forma incorreta, contribuindo para uma economia circular e sustentável. Porém, observou-se nos artigos analisados que a metodologia voltada à reutilização das fibras não é sempre explorada. Com isto, espera-se que ocorram mais investimentos e aprofundamento nos estudos de interferências destes temas nas futuras pesquisas para auxiliarmos a encontrar as melhores condições para a utilização destas fibras naturais.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na literatura pode-se concluir que as biofibras possuem um grande potencial como objeto de estudo para sorção de hidrocarbonetos, e vem demonstrando ser uma alternativa eficaz como remediadora destes contaminantes em ambiente aquático. Mostra destaque, principalmente, pela sua capacidade significativa de adsorção, sustentabilidade, economia e disponibilidade. A influência da variação da temperatura, apesar de um fator importante para os resultados do teste de sorção, encontra-se numa quantidade ainda pouca satisfatória. No que se refere à reutilização das fibras, os artigos encontrados sobre este assunto encontram-se com informações prévias e sucintas. Após a análise dos estudos utilizados como fonte de pesquisa, pode-se observar que faltam investigações e aprofundamento em áreas destinadas aos sistemas de sorção que simulem o comportamento e as adversidades do ambiente marinho, sendo assim, espera-se uma maior atenção para esta área. A influência da variação da temperatura, apesar de um fator importante para os resultados do teste de sorção, encontra-se numa quantidade ainda pouca satisfatória.

**Palavras-chave:** Revisão, Biofibras, Sorção, Temperatura, Reutilização.

#### 5. REFERÊNCIAS

ABDELWAHAB, O.; NASR, S. M.; THABET, W. M. **Palm fibers and modified palm fibers adsorbents for different oils.** Alexandria Engineering Journal, v. 56, n. 4, p. 749–755, 2017.

CAO, S., DONG, T., XU, G., WANG, F. **Oil Spill Cleanup by Hydrophobic Natural Fibers.** Journal of Natural Fibers, v. 14, p. 727–735, 2017.

CARDOSO, C.K.M., MATTEDI, S., LOBATO, A.K.C.L., MOREIRA, I.T.A., **Remediation of petroleum contaminated saline water using value-added adsorbents derived from waste coconut fibres.** Chemosphere, v.279, 2021.

CARDOSO, C.K.M., SANTANA, R.S.G., SILVA, V.L., MEIRELLES, A.C.L.E., MATTEDI, S., MOREIRA, I.T.A., LOBATO, A.K.C.L. **Kinect and equilibrium study of petroleum adsorption using pre-treated coconut fibers.** Research, Society and Development, v. 9, n. 7, p. 1-31, 2020.

CHEN, Xinyi; DU, Guanben; PIZZI, A. e XI, Xuedong. **Superhydrophobic and Superoleophilic Fiber from Waste Bamboo Processing Residues for Oil/water Selective Separation.** Journal of Wood Chemistry and Technology, v. 40, p. 58-72, 2019.

HONDA, M.; SUZUKI, N. **Toxicities of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons for Aquatic Animals.** International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 17, n. 4, p. 1363, 2020.

Liu, Y., Peng, Y., Zhang, T, Qiu, F., Yuan, D. **Superhydrophobic, ultralight and flexible biomass carbon aerogels derived from sisal fibers for highly efficient oil–water separation.** Cellulose, v.25, n. 5, p. 3067-3078, 2018.

MAHMOUD, Mohamed. **Oil spill cleanup by raw flax fiber: Modification effect, sorption isotherm, kinetics and thermodynamics.** Arabian Journal of Chemistry, v.13, pag. 5553-5563, 2020.

NETO, J.B.O; COSTA, A.J.D. **A Petrobrás e a exploração de Petróleo Offshore no Brasil: Um approach evolucionário.** Revista Brasileira de Economia, v. 61, p. 95- 109, 2007.

OLIVEIRA, A.F. **Avaliação De Desempenho De Fibras Lignocelulósicas Na Sorção De Óleos Diesel E Biodiesel.** Repositório Institucional Unesp, 2010 Disponível em:<[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101688/oliveira\\_af\\_dr\\_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101688/oliveira_af_dr_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: maio 2021

SANTOS, K.K.A., SANTOS, A.P., DE QUEIROZ, C.G., SILVA, A.C.M., MATTEDI, S. **Estudo Da Cinética De Adsorção De Petróleo Utilizando Fibra De Cana-brava In Natura.** Anais III CONEPETRO... Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/43998>>. Acesso em: abril 2021.

SILVA, A.P. da. **Fibra de Calotropis Procera: Uma alternativa eficaz na remoção de hidrocarbonetos de petróleo em meio salino como bioadsorvente.** Repositório Institucional UFRN, 2016 Disponível em:<[https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/21478/1/AnaxmandroPereiraDaSilva\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/21478/1/AnaxmandroPereiraDaSilva_DISSERT.pdf)>. Acesso em: maio 2021

WANG, J.; ZHENG, Y.; WANG, A. **Effect of kapok fiber treated with various solvents on oil absorbency.** Industrial Crops and Products, v. 40, p. 178-184, 2012.

ZARATE, V.H.L; HERNANDEZ, M.C.R; MONDRAGON, F.A.; RUIZ, L.F.C, MENDEZ, J.R.R. **Coconut endocarp and mesocarp as both biosorbents of dissolved hydrocarbons in fuel spills and as a power source when exhausted.** Journal of Environmental Management, v.211, p. 103-11, 2018.