

Fibras de *Cocos nucifera* como sorvente de petróleo em ambiente marinho

Alex Soares Caldas^{a*}, Zenira Cardoso Vilasboas Viana^b, Vera Lucia Cancio Souza Santos^c

^a Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 40170-290, Brasil. *alex.ssma@hotmail.com

^b Departamento de Bioquímica e Biofísica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 40.110-100, Brasil.

^c Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 40170-290, Brasil

Recebido: 8 dezembro 2016 / Aceito: 11 janeiro 2017 / Publicado online: 15 fevereiro 2017

Resumo

Os principais impactos ambientais causados por atividades petrolíferas são decorrentes de atividades de exploração, transporte e refino. Após o acidente do Golfo do México em 2010, aumentou a preocupação ambiental global em desenvolvimento de métodos e materiais que tenham capacidade de remover, recuperar e degradar o petróleo. O presente estudo objetivou aproveitar o resíduo de coco (*Cocos nucifera* L.) como sorvente em derramamento de óleo no ambiente marinho. Os resultados evidenciaram que, além da boa capacidade de sorção de óleo com grande presença de n-alcenos, o uso das fibras de coco sem tratamento térmico é melhor, enquanto a fibra de coco com tratamento térmico é mais adequada para óleo com grande presença de resinas e asfaltenos.

Palavras-chave: Derramamento de óleo, hidrocarbonetos, remediação, resíduo natural.

Fibers of *Cocos nucifera* as sorbent of petroleum in marine environment

Abstract

The main environmental impacts caused by oil activities are derived from exploration, transportation and refining activities. Following the Gulf of Mexico accident in 2010, increased global environmental concern in developing methods and materials that have the ability to remove, recover and degrade oil. The present study aimed to take advantage of the coconut residue (*Cocos nucifera* L.) as sorbent in oil spill in the marine environment. The results showed that, in addition to the good sorption capacity of oil with a high presence of n-alkanes, the use of coconut fiber without heat treatment is better, whereas coconut fiber with heat treatment is more suitable for oil with high presence of resins and asphaltenes.

Keywords: Oil spill, hydrocarbons, remediation, natural waste.

Introdução

A indústria do petróleo é mundialmente reconhecida como uma das atividades econômicas com o maior potencial de impacto ao meio ambiente. Os eventuais derramamentos de petróleo, principalmente, após o desastre no Golfo do México em 2010, aumentaram a preocupação ambiental mundial no que diz respeito a desenvolvimento de materiais e métodos que tenham a capacidade de remover, recuperar e degradar o óleo. (Radetic et al., 2008; Cui et al., 2014).

Algumas tecnologias avançadas têm sido desenvolvidas e aplicadas em tratamentos com água oleosa, como microfiltração e membranas de ultrafiltração, porém o custo elevado limitou a aplicação dessas tecnologias (Moriwaki et al., 2009). O método mais rápido e eficaz de contenção e remediação do óleo, sobrenadante em ambiente marinho, é a aplicação de sorventes, que são materiais que têm a capacidade de retenção de líquido, que em sua maioria são feitos por materiais sintéticos, de elevado custo, não renovável e não biodegradável.

Diferentes materiais sorventes estão sendo empregados não somente em ambientes marinhos para minimizar os riscos ambientais, sendo avaliados as potencialidades de cada um (Ali et al., 2012; Mohammed e Chong, 2014; Ibrahim et al., 2010; Ibrahim et al., 2017). Algumas características importantes e desejáveis incluem facilidade de aplicação, baixa densidade, alta taxa de retenção de óleo (Khan et al. 2007; Cerqueira, 2010; Sun, 2011).

A necessidade de um mecanismo de remediação economicamente viável, usando matéria-prima reciclável, biodegradável e com alta capacidade de retenção de óleo, torna-se indispensável nos dias atuais. Para isso, é preciso conhecer algumas propriedades do óleo, como grau API (escala hidrométrica criada pelo *American Petroleum Institute* para medir a densidade relativa de óleos e derivados), ponto de fluidez e sua composição, uma vez que processos intempéricos, tais como: espalhamento, evaporação, emulsificação, dissolução, biodegradação e foto-oxidação, atuam sobre o óleo derramado (Cerqueira, 2010).

Em países tropicais o resíduo do *C. nucifera* além de poluir o meio ambiente, demora mais de oito anos para total biodegradação, podendo ser um instrumento para a proliferação de vetores, transmitindo doenças para a população. Além disso, este resíduo acarreta um grande volume a ser coletado em centros urbanos, com posterior destinação em aterros sanitários (Passos, 2005).

Portanto, esta pesquisa teve o objetivo de apresentar e discutir o estudo do aproveitamento das fibras do resíduo do *C. nucifera* no desenvolvimento de um sorvente a ser utilizado em derramamento de petróleo em ambiente marinho.

Material e Métodos

Fibras de *C. nucifera*

As fibras de *C. nucifera* obtidas passaram pelos processos de dilaceração, pré-secagem, moagem e secagem em temperatura ambiente com auxílio de um moinho de facas, sendo acondicionadas em sacos de polietileno para posterior classificação granulométrica. Para melhorar a sorção de óleo e proporcionar a sua utilização num caso real de derramamento de petróleo no mar, a granulometria escolhida foi de 1,00 - 2,00 mm, utilizando peneira de 10 Tyler.

O teste de flutuabilidade foi realizado em regime dinâmico, utilizando reservatórios de vidro com 5 L de água do mar, com bombas de aeração para simular o efeito hidrodinâmico do movimento das ondas. No reservatório as fibras foram submersas por um tempo determinado e posteriormente liberadas. A parcela de material que retornou espontaneamente a superfície foi então observada. A densidade das fibras de *C. nucifera* foi avaliada no sentido da capacidade de flutuação em contato com a água do mar, no entanto, não foi estimado valor em virtude das fibras vegetais apresentarem superfícies heterogêneas (Cerqueira, 2010).

O tratamento térmico foi realizado submetendo as fibras, em água destilada, ao aquecimento (80 °C, por 1 h), seguida de secagem em estufa (60 °C), até atingir massa constante (Selvam e Santiago, 2007).

As amostras de fibra foram submetidas à Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para as observações das microestruturas, utilizando o microscópio SHIMADZU, SS 500. As amostras foram recobertas com uma fina camada de ouro em metalizador SHIMADZU, ICC 50.

Amostras de petróleo

Foram utilizadas duas amostras distintas de petróleo (A01 e A02). A caracterização do petróleo foi iniciada pela determinação do ponto de fluidez, seguindo a norma ASTM D97 (ASTM, 2005). Amostras foram pré-aquecidas em estufa até atingir a temperatura de 40 °C para torná-la em condições de análise. Logo após o aquecimento, uma alíquota de 45 mL foi injetada no fluidímetro digital de bancada HERZOG modelo HCP 852.

Para a determinação da densidade, foi utilizado o grau API, no qual foi realizado conforme a norma ASTM D5002 (ASTM, 1999a). As amostras foram aquecidas até atingir a temperatura de 40 °C para torná-la em condições de análise.

Em seguida, uma alíquota de 5 mL foi injetada no densímetro digital de bancada (marca Anton Paar, modelo DMA 4500) onde foram obedecidos os passos de configuração seguindo as normas vigentes para esta análise.

A composição do óleo foi determinada, antes e após os testes de sorção, pela técnica de cromatografia líquida em coluna clássica método SARA (Ramos, 2014). A coluna usada foi de 50 mL, onde foi inserida uma pequena quantidade de fibra de vidro, sendo preenchida com hexano e 4 g de sílica ativada com auxílio de leves toques na coluna para melhor compactação. A amostra de petróleo (~0,02 g) foi pesada em balança analítica e quantitativamente transferida para o topo da coluna com auxílio de uma pipeta de Pasteur. A fração dos hidrocarbonetos saturados foi obtida pela eluição de 40 mL de hexano. A fração dos aromáticos foi eluída com 40 mL de diclorometano/hexano (1:1) e a fração de resinas e asfaltenos foi eluída com 40 mL de diclorometano/metanol (8:2). Os resultados foram apresentados em diagrama ternário, feito com auxílio do programa *Tridraw* 2.6.

Os n-alcenos foi determinado pela cromatografia gasosa, conforme a norma EPA 8015B (USEPA, 1996). O concentrado da fração dos saturados foi diretamente injetado, sem divisão de fluxo, em uma coluna de fase estacionária 30 m DB-5 instalada em um cromatógrafo a gás HP 6890, com o injetor a 280 °C; temperatura inicial da coluna 50 °C, isoterma por 1 min, taxa de aquecimento de 6 °C/min até a temperatura final de 310 °C, isoterma de 10 min (Queiroz e Celino, 2008). Os n-alcenos são os primeiros compostos a serem degradados num derramamento de óleo em ambiente marinho.

Testes de Sorção

O experimento, em triplicata, foi conduzido em reservatórios de vidro similares, contendo inicialmente 5 L de água do mar (Figura 1). Um deles foi adicionado 0,5 g de fibra e denominado de controle. Os demais foram unidades de simulação de derramamento de óleo no mar, nos quais foram adicionado 15 mL de óleo e em seguida 0,5 g de fibra de *C. nucifera*, com tratamento térmico (Ct C/trat), sobre a mancha de óleo formada. Todo procedimento foi repetido, em uma segunda etapa, usando fibra sem tratamento térmico (Ct S/trat).

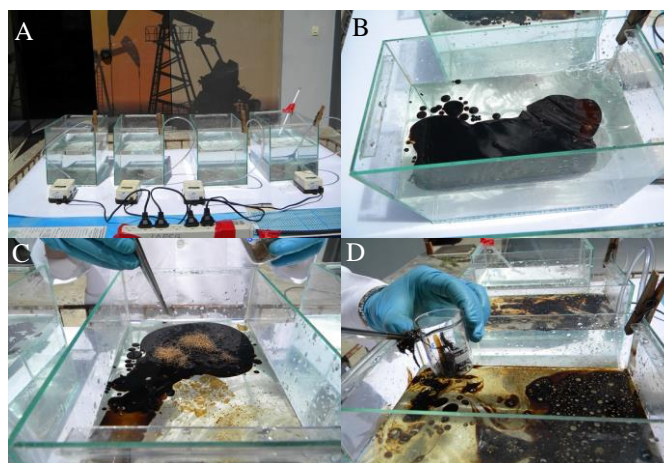


Figura 1. Imagens do experimento: Vista lateral (A); Simulação do derramamento de óleo (B) e aplicação das fibras *C. nucifera* (C); Retirada das fibras (D) impregnadas com óleo.

Os testes de sorção foram realizados em temperatura ambiente, exposto aos processos intempéricos com a finalidade de simular uma situação de derramamento real. Os tempos de reação selecionados foram de 30 min, 45 min, 60 min, 120 min e 240 min com objetivo de identificar o momento de maior sorção de óleo pela fibra. Após o vencimento dos respectivos tempos, a bomba de aeração foi desligada, iniciando assim a retirada das fibras de *C. nucifera* com auxílio de pinça de aço inox sendo reservada em Becker.

A amostra de fibras de *C. nucifera* (mais a emulsão óleo/água retida nela) foi deixada em capela, em seguida feita pesagem até atingir massa constante. A capacidade de sorção (CS) foi obtida pela utilização da fórmula $CS = (mf - mo) / mo$, na qual mf é massa do sorvente impregnado com óleo e mo é a massa do sorvente seco inicial. Isto foi feito seguindo a norma ASTM F726 (ASTM, 1999b) e o *Oil Spill Sorbents: Testing Protocolans Certification Listing Program* que determina a massa de óleo sorvida por grama de material sorvente (Cooper e Gausemel, 2012).

Resultados e Discussão

Os resultados de fluabilidade, densidade (<1,00 g/mL) e granulometria (1,00 a 2,00 mm) das fibras de *C. nucifera*, tanto com tratamento térmico e sem tratamento térmico foram satisfatórios para atuar como sorvente.

A granulometria foi selecionada para facilitar a aplicação das fibras de *C. nucifera* no ambiente de derramamento simulado onde permaneceu em todos os procedimentos na superfície da água corroborando com os dados encontrados por (Brandão, 2006).

As fibras de *C. nucifera* apresenta algumas características que as tornam especiais, tais como: elevado teor de lignina (20-45%), substância que confere rigidez e resistência a ataques microbiológicos, teor razoável de celulose (36-43%) e de hemicelulose (0,15-0,25%), componente responsável pela biodegradação das fibras de *C. nucifera* (Passos, 2005; Brígida, 2010).

As características supracitadas são imprescindíveis para facilitar a recolha de óleos derramados, visto que a adição do material sorvente concentra-se e transforma o óleo em semi-sólido, fase esta que pode ser facilmente removida da superfície da água. O material sorvente também deve ter facilidade de manuseio, rápida capacidade de reter petróleo para sua recuperação em um momento posterior (Parab et al., 2010; Yusof et al., 2015).

Em sua composição também é observado a presença de cera que fornece uma camada de proteção, aumentando a oleofilidade e hidrofobicidade (77%) da superfície das fibras de *C. nucifera*, sendo mencionada por ter uma forte relação com a sorção de óleo. Estas fibras, após a sorção de óleo, ainda podem ser reaproveitadas por possuírem uma elevada quantidade de teor de sílica (1,1%), que pode ser transformada em carbureto de silício (SiC) e usada como reforço de metais e cerâmicas (Passos, 2005; Brígida, 2010).

A MEV revelou que as fibras com tratamento térmico apresentaram os sítios de sorção mais limpos. Este tratamento faz uma pequena remoção de ceras e ácidos graxos da superfície das fibras de *C. nucifera* (Selvam e Santiago, 2007; Brígida, 2010).

O método empregado para realizar a sorção do óleo não deve interferir no ecossistema devido ao uso de substâncias químicas, fazendo com que o óleo afunde aumentando sua densidade o que torna difícil de remediar (Chapman et al., 2007). Outro fator relevante é que o processo de sorção precisa ser economicamente viável e ambientalmente correto para que possa ser utilizado em larga escala objetivando a sua atuação eficiente (Hubbe et al., 2013; Yusof et al., 2015).

Houve modificação da superfície das fibras de *C. nucifera* com o tratamento térmico onde expôs as fibrilas (reentrâncias) e as marcas globulares (saliências), sem extrair os componentes internos das fibras (Figura 2).

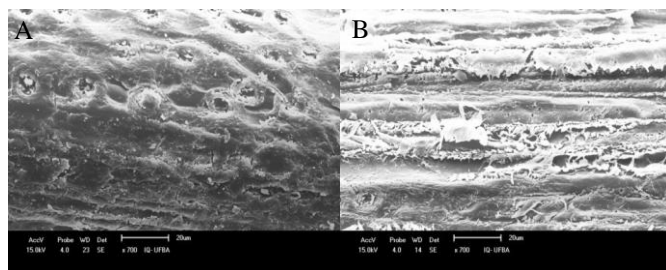


Figura 2. MEV das fibras de *C. nucifera* com (A) e sem (B) tratamento térmico, ampliação 700x.

A amostra A1 foi classificada como óleo leve ou de base parafínica em função de seu grau API (33 °C) e com ponto de fluidez elevado (34 °C) permanecendo completamente parafinado à temperatura ambiente (25 °C). Já amostra A2 foi classificada como óleo médio ou base naftênica em função de seu grau API (28 °C) e ponto de fluidez 4 °C. Foi observado que óleos com menor densidade, maior grau API e maior ponto de fluidez tem o tempo de espalhamento mais rápido, o que atende a necessidade de uma resposta mais eficaz na aplicação dos processos de remediação (Wong et al., 2002).

Os principais componentes do petróleo são os hidrocarbonetos saturados, hidrocarbonetos aromáticos e os compostos (resinas e asfaltenos). Os hidrocarbonetos saturados são formados majoritariamente por n-alcenos normais. Os hidrocarbonetos aromáticos são aqueles compostos constituídos de, pelo menos, um anel benzênico com características recalcitrantes (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e carcinogênicas (benzeno e tolueno).

Os compostos NSO (resinas e asfaltenos) formam um grupo de compostos de alto peso molecular, de estruturas complexas, representam a fração mais polar do óleo e são considerados como os membros finais de degradação do óleo. São constituídos de 80-95% de carbono e hidrogênio, com oxigênio sempre presente. Enxofre, nitrogênio e metais normalmente se apresentam na estrutura (Britto, 2008).

Os experimentos aqui desenvolvidos foram interpretados com base na sorção das amostras de petróleo frente à fibra com o tratamento térmico (Ct C/trat) e sem o tratamento térmico (Ct S/trat); figura 3a e 3b). O comparativo entre as amostras evidenciou que para amostra de óleo A1, as fibras com tratamento térmico apresentaram maior grau de sorção. Enquanto para amostra A2 este tratamento não apresentou variação significativa. O equilíbrio foi alcançado a partir de 60 minutos para ambas.

Conforme a norma ASTM F726 (ASTM, 1999b) e o *Oil Spill Sorbents: Testing Protocols Certification Listing Program* (Cooper e Gausemel, 2012), a capacidade de sorção da amostra A1 foi satisfatória alcançando no ponto de equilíbrio aproximadamente 13 g de óleo/0,5 g de fibra. (Figura 3a). Para a amostra A2, as fibras apresentaram desempenho menor na sua capacidade de sorção alcançando no ponto de equilíbrio aproximadamente 9 g de óleo/0,5 g de fibra (Figura 3b).

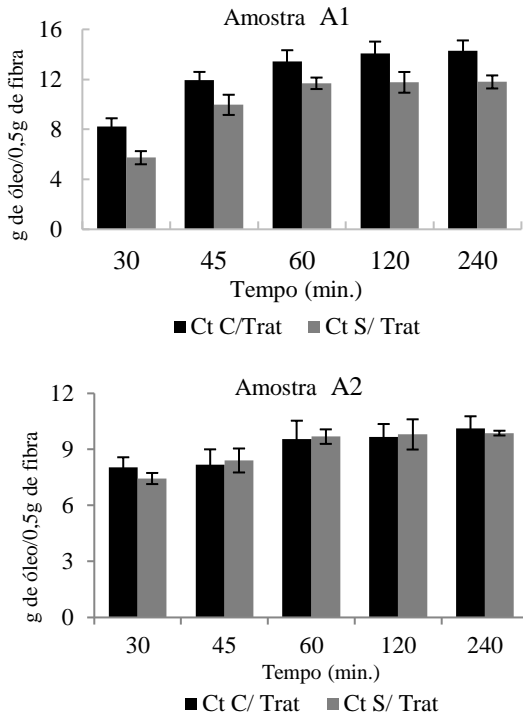


Figura 3. Capacidade de sorção das amostras A1 e A2.

Este fato, possivelmente, se deve as características físico-químicas desta amostra, embora não inviabilize a sua utilização das fibras de *C. nucifera* para este tipo de amostra, em um derramamento de petróleo em ambiente marinho. No entanto a compatibilidade de um material lignocelulósico poderá sofrer alterações na tensão interfacial entre as fibras e o óleo se a mesma for exposta a modificações (Li et al., 2008).

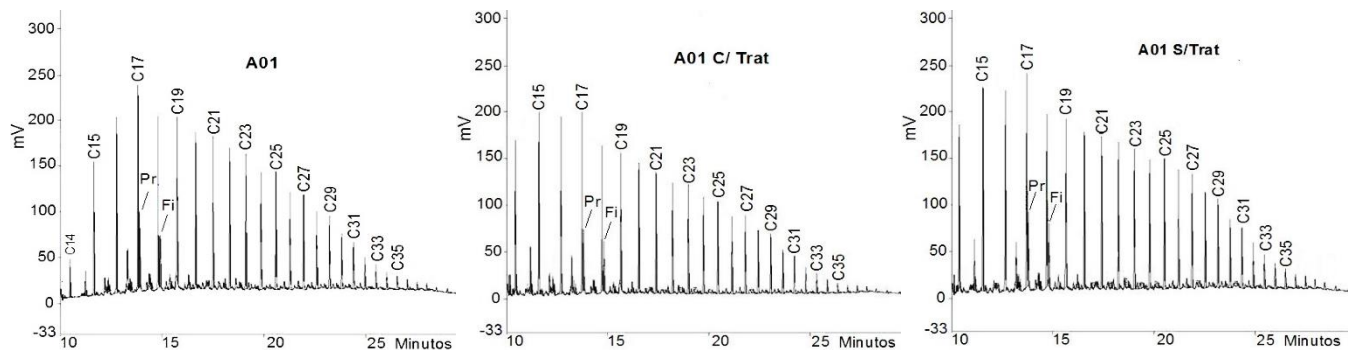


Figura 5. Cromatogramas dos hidrocarbonetos saturados das amostras A1.

Os resultados da cromatografia líquida das amostras A1 e A2 (Tabela 1) são apresentados no diagrama ternário (Figura 4), no qual cada vértice expressa a concentração máxima de sua respectiva fração de hidrocarbonetos saturados (SAT), hidrocarbonetos aromáticos (ARO) e compostos NSO (resinas e asfaltenos).

Tabela 1. Composição (%) das amostras de óleo utilizado na pesquisa.

Amostra	SAT	ARO	NSO
A1	81	11	8
A1 S/Trat.	70	9	21
A1 C/ trat.	57	9	34
A2	72	16	12
A2 S/ trat.	64	19	16
A2 C/trat.	48	7	45

SAT: Hidrocarbonetos Saturados; ARO: Hidrocarbonetos Aromáticos, NSO: Compostos NSO (resinas e asfaltenos).

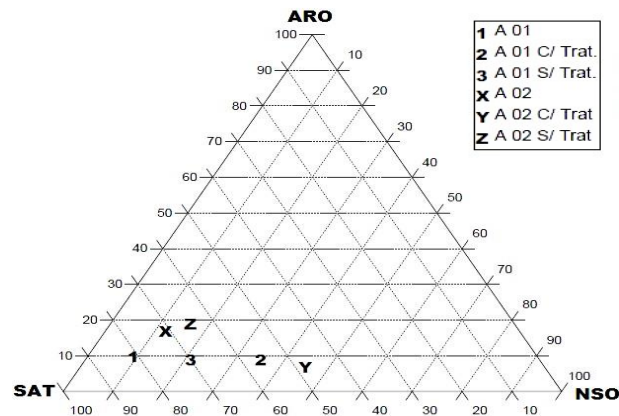


Figura 4. Diagrama ternário das amostras A1 e A2.

A composição do petróleo, antes e após os testes de sorção, revelou que as fibras sem tratamento térmico apresentaram maior capacidade de retenção de alcanos (Figuras 5 e 6), enquanto as fibras com o tratamento térmico sorveram mais a fração de resinas e asfaltenos.

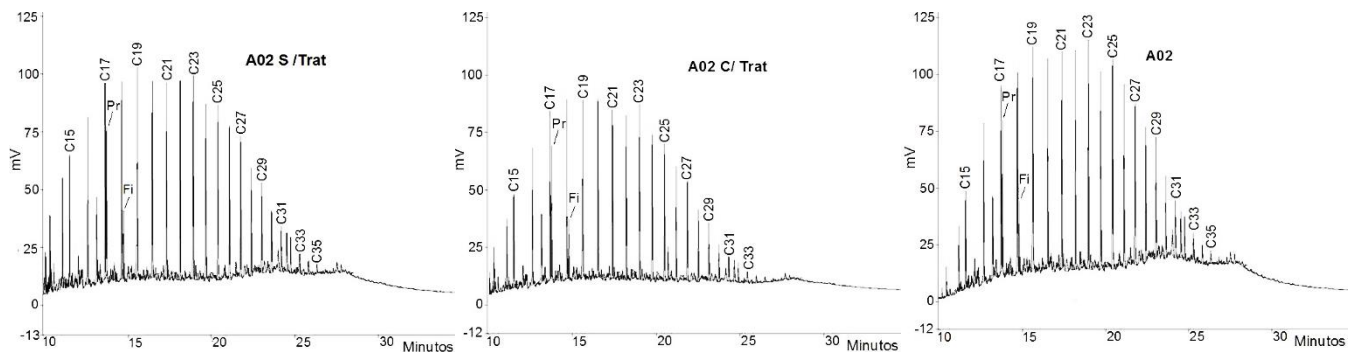


Figura 6. Cromatogramas dos hidrocarbonetos saturados das amostras A2.

A fração de hidrocarbonetos saturados das amostras de petróleo A1 e A2 apresentaram maior decréscimo após a utilização de fibra com tratamento térmico, embora a quantidade de óleo sorvido tenha sido maior quando comparado à fibra sem tratamento. Isso provavelmente ocorreu devido ao tratamento térmico ao expor as fibrilas das fibras e proporcionar maior área de contato disponível para o processo de sorção de outros componentes do petróleo.

Conclusões

As fibras de *C. nucifera* apresentaram bons resultados para ser utilizada como material sorvente em derramamento de petróleo. Nas condições experimentais avaliadas, uma grama de fibras de *C. nucifera* pode sorver cerca de 26 g de óleo leve ou 19 g de óleo médio.

Os resultados da MEV evidenciaram que o tratamento térmico promove uma limpeza na superfície das fibras, melhorando a adesão matriz/fibra. As fibras de *C. nucifera* tiveram maior afinidade com a amostra constituída por óleo leve, com elevado ponto de fluidez e menor densidade. Para óleo com maior presença de alcanos é recomendado o uso das fibras sem o tratamento térmico e, para óleo com maior teor de resinas e asfaltenos, é mais favorável a utilização das fibras com o tratamento térmico.

Referências

- Ali, I.; Asim, M.; Khan, T.A. 2012. Review Low cost adsorbents for the removal of organic pollutants from wastewater. *Journal of Environmental Management*, 113(3): 170-183.
- American Society for Testing and Materials, 2005. *Standard Test Method for Pour Point of Petroleum Products*. ASTM D97. Acesso em 06 abr. 2010.
- American Society for Testing and Materials, 1999a. *Standard Test Method for Density and Relative Density of Crude Oils by Digital Density Analyzer*. ASTM D5002.
- American Society for Testing and Materials, 1999b. *Standard Method of Testing Sorbent Performance of Adsorbents*. ASTM F726-99.
- Brandão, P. C. 2006. Avaliação do uso do bagaço de cana como adsorvente para a remoção de contaminantes, derivados do petróleo, de efluentes. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 147p.
- Brígida, A. I. S. 2010. Imobilização de lipases utilizando fibra da casca de coco verde como suporte para aplicações industriais. Tese de Doutorado, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 193p.
- Britto, T. de A. F. 2008. Avaliação do tempo de residência de derrames de óleo no mar através do monitoramento de parâmetros geoquímicos – experimentos laboratoriais. Dissertação de Mestrado, Universidade

Estadual Norte Fluminense, Rio de Janeiro. 222p.

- Cerqueira, P. R DE. O. 2010. *Proteção e limpeza de ambientes costeiros da ilha de Biopeba contaminados por petróleo: O uso alternativo da fibra de coco como barreiras e sorventes naturais*. Dissertação de Mestrado, Universidade Católica do Salvador, Salvador, Bahia. 177p.
- Chapman, H.; Purnell, K.; Law, R. J.; and Kirby, M. F. 2007. *The use of chemical dispersants to combat oil spills at sea: A review of practice and research needs in Europe*. *Marine Pollution Bulletin*, 54(7): 827-838.
- Cooper, D., Gausemel, I. 2012. *Oil spill sorbents: Testing protocol and certification listing program*. 4p. Canada. Article 1993, Issue 1 (March 1993).
- Cui, Y.; Xu, G.; Liu, Y. 2014. Oil sorption mechanism and capability of cattail fiber assembly. *Journal of Industrial Textiles*, 43(3): 330-337.
- Hubbe, M. A.; Rojas, O. J.; Fingas, M.; Gupta, B. S. 2013. *Cellulosic substrates for removal of pollutants from aqueous systems: A Review*. 3. Spilled oil and emulsified organic liquids. *Bio Resources*, 8(2): 3038-3097.
- Ibrahim, I.; Hassan, M. Ali.; Abd-Aziz, S.; Shirai, Y.; Andou, Y.; Othman, M. R.; Ali, A. A. M.; Zakaria, M. R. 2017. *Reduction of residual pollutants from biologically treated palm oil mill effluent final discharge by steam activated bioadsorbent from oil palm biomass*. Short communication. *Journal of Cleaner Production*, 141(10): 122-127.
- Ibrahim, S.; Wang, S.; Ang, H.M. 2010. *Removal of emulsified oil from oily wastewater using agricultural waste barley straw*. *Biochemical Engineering Journal*, 49(1):78-83.
- International Organization for Standardization, 1996. *Crude petroleum and petroleum products - Determination of density - Oscillating U-tube method*. ISO 12.185 Acesso em 05 nov. 2010
- Khan, E.; Khaodhir, S.; Rotwiron, P. 2007. *Polycyclic aromatic hydrocarbon removal from water by natural fiber sorption*. *Water Environment Research*, 79(8): 901-911.
- Li, Y.; Hu, C.; Yu, Y. 2008. *Interfacial studies of sisal fiber reinforced high density polyethylene (HDPE) composites*. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 39(4): 570-578.
- Mohammed, R.R.; Chong, M.F., 2014. *Treatment and decolorization of biologically treated palm oil mill effluent (POME) using banana peel as novel biosorbent*. *Journal of Environmental Management*, 132:237-249.
- Moriwaki, H.; Kitajima, S.; Kurashima, M. 2009. *Utilization of silkworm cocoon waste as a sorbent for the removal of oil from water*. *Journal of Hazardous Materials*, 165 (1-3): 266-270. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.09.116>
- Parab, H.; Joshi, S.; Sudersanan, M.; Shenoy, N.; Lali, A.; Sarma, U. 2010. *Removal and recovery of cobalt from aqueous solutions by adsorption using low cost lignocellulosic biomass-coir pith*. *Journal of Environmental Science and Health, Part A, Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 45(5): 603-611.
- Passos, P. R. A. 2005. *Destinação sustentável de cascas de coco (Cocos nucifera) verde. Obtenção de telhas e chapas de partículas*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 166p.
- Queiroz, A. F. S.; Celino, J. J. 2008. *Impacto ambiental da indústria petrolífera em manguezais da região norte da Baía de Todos os Santos (Bahia, Brasil)*. Editora UFPR. *Boletim Paranaense de Geociências*, 62-63: 23-34.
- Radetic, M.; Vesna, I.; Radojevic, D.; Miladinovic, R.; Jocic, D.; Jovancic, P.

2008. Efficiency of recycled wool-based nonwoven material for the removal of oils from water. *Chemosphere*, 70(3): 525-530.
- Ramos, R. R. 2014. Desenvolvimento de uma Metodologia de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) para Análise de SARA de Petróleo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo. São Paulo. 87p.
- Selvam, P.V.P., Santiago, B.H. 2007. Tratamento superficial da fibra do coco: estudo de caso baseado numa alternativa econômica para fabricação de materiais compósitos. *Revista Analytica*, 26:783-788.
- Sun, X. L. 2011. Study on the surface adsorption characteristics of natural cellulose fiber to oil. Master thesis, Donghua University, Shanghai, China.
- U.S Environmental Protection Agency. 1996. Nonhalogenated Organics Using CG/FID. Test Method for evaluation solid waste physical/chemical methods. EPA 8015B.
- Wong, K-F. V.; Barin, E.; Lane, J. 2002. Field experiments at the ohmsett facility for a newly designed boom system. *Spill Science & Tecnology Bulletin*, 7(5-6): 223-228.
- Yusof, N. A.; Mukhair, H.; Malek, E. A.; Mohammad, F. 2015. Oil & esterified coconut coir. *Bio Resources*, 10(4): 8025-8038.