

# ADSORÇÃO DE ÓLEOS E GRAXAS DA ÁGUA PRODUZIDA UTILIZANDO COMO ADSORVENTE CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO A PARTIR DA VAGEM DA *MORINGA OLEÍFERA* LAM

Juliane Oliveira Rodrigues<sup>1</sup>; Tayanara Menezes Santos<sup>2</sup>; Ariane Cardoso Castro<sup>3</sup>; José Valdo da Silva<sup>4</sup> e Gabriel Francisco da Silva<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Núcleo de Graduação em Engenharia de Petróleo (NUPETRO), CCET, UFS: [julianeorodrigues@gmail.com](mailto:julianeorodrigues@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia, Doutorado em Engenharia Química: [tayanaramenezes@yahoo.com.br](mailto:tayanaramenezes@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Núcleo de Graduação em Engenharia de Petróleo (NUPETRO), CCET, UFS: [arianecardoso13@hotmail.com](mailto:arianecardoso13@hotmail.com)

<sup>4</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PEQ), Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET), Universidade Federal de Sergipe (UFS): [josevaldosilvax@gmail.com](mailto:josevaldosilvax@gmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Sergipe, Professor Dr. do Núcleo de Petróleo e Gás (NUPETRO) – [gabreil@ufs.br](mailto:gabreil@ufs.br).

## RESUMO

A água produzida, gerada na exploração e produção de óleo e gás natural, é uma das maiores preocupações ambientais relacionadas ao petróleo. Fato que ocorre devido à sua composição tóxica e ao volume que é produzido, sendo o descarte uma das opções mais viáveis para seu gerenciamento. A resolução CONAMA 393/07 estabelece que o descarte desse efluente em plataformas marítimas deve obedecer a certos limites, dentre eles, teor de óleos e graxas (TOG) médio de 29 mg/L e máximo de 42 mg/L, sendo necessário passar por tratamentos para atingir tais valores. O tratamento utilizado nesse trabalho foi adsorção em carvão ativado produzido a partir da vagem (CV) da *Moringa oleífera* Lam. A produção do carvão ocorreu através da ativação da biomassa, seguida da pirólise. O CV obtido, que apresentou baixa granulometria, foi caracterizado por área superficial, pelo método BET, e porosidade, pela microscopia eletrônica de varredura (MEV), em seguida, foi utilizado nos testes de adsorção em batelada, com o objetivo de remover óleos e graxas de um efluente sintético. Pela avaliação dos resultados adsorção, o CV demonstrou que apresenta capacidade para ser utilizado como adsorvente de óleos e graxas da água produzida.

**Palavras-chave:** Água produzida; Adsorção de óleos e graxas; Carvão Ativado; *Moringa oleífera* Lam.

## 1. INTRODUÇÃO

Assim como o óleo e o gás, a água de formação também está presente no reservatório, podendo ser originada a partir da água conata (presente nos poros e fissuras das rochas), água oceânica, água subterrânea (proveniente da precipitação e atmosfera), água magmática, dentre outras (VIEIRA, 2016). Quando chega à superfície, recebendo a denominação de água produzida, representa o maior agravante ambiental relacionado às etapas de extração e produção de óleo e gás natural (HOSNY et al., 2015; HENRIQUE, 2017). Fato que ocorre por apresentar componentes altamente tóxicos, como compostos orgânicos na forma de hidrocarbonetos, metais pesados, sais e gases dissolvidos (VIEIRA, 2016); e segundo Henrique (2017) pelo elevado volume que é produzido, cerca de 250 milhões de barris por dia no mundo, tanto *onshore* quanto *offshore*, tornando as opções mais

viáveis para sua destinação, a reinjeção no poço e o descarte. Para o descarte em plataformas marítimas, a legislação vigente, representada pela resolução CONAMA 393/07, estabelece que a água produzida precisa apresentar, dentre outros parâmetros, teor de óleos e graxas (TOG) médio de 29 mg/L e máximo de 42 mg/L. Ou seja, é necessário que passe por um processo de tratamento.

Dentre os processos de tratamento de água produzida, a adsorção é um dos mais utilizados, devido à sua praticidade e eficiência. Consiste num processo físico-químico, no qual ocorre a transferência de massa, líquida ou gasosa, de uma solução fluida para a superfície de um sólido inserido na mesma. Os componentes que aderem à superfície são chamados de adsorvatos, os da solução fluida de adsorvativos e o sólido onde eles estão aderidos de adsorvente (CARVALHO, 2016; LEITE et al., 2017). Para ser considerado um bom adsorvente, o composto precisa apresentar estrutura porosa e elevada área superficial, implicando, respectivamente, na dimensão do soluto adsorvido e na quantidade de sítios ativos (CARVALHO, 2010). O carvão ativado é um dos adsorventes mais utilizados na indústria (ALVES, 2017). Segundo Marckmann (2016), trata-se de um material carbonoso sólido, com forma microcristalina, não grafítica, de larga superfície interna, localizada dentro de poros, que sofreu um processo de ativação para aumentar ainda mais a porosidade. Logo, a sua preparação envolve duas etapas: decomposição térmica da matéria-prima, para eliminar compostos que não sejam carbono, e ativação, a qual pode ser química ou física (ROVANI, 2015). Uma das principais matérias-primas utilizadas para obtenção de carvão ativado são materiais lignocelulósicos (LINHARES et al., 2016).

A *Moringa oleífera* Lam é uma planta de médio porte, fácil plantio e crescimento rápido, originária do noroeste da Índia, que foi trazida ao Brasil em 1950 e devido à sua capacidade de crescer em solos secos e pouco férteis, adaptou-se ao solo do nordeste brasileiro (SOUSA, 2016). Por ser uma espécie de baixo custo, fácil multiplicação e obtenção, seus principais subprodutos, os quais incluem vagem, semente, flores e folhas, vem sendo aplicados, direta e indiretamente em diversas áreas, dentre as quais, o tratamento de água tem ganhado destaque (MACIEL, 2015). Porém, sua utilização como material precursor de carvão ativado para adsorção de poluentes como óleos e graxas da água produzida ainda é pouco explorada. Assim, este trabalho tem como objetivo geral realizar a adsorção de óleos e graxas de um efluente sintético, em carvão ativado produzido a partir da vagem da *Moringa oleífera* Lam e analisar a eficiência do processo.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 – Produção e caracterização do carvão ativado

A vagem da *Moringa oleífera* Lam foi coletada em árvores da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Após ser triturada, a biomassa ficou em contato com uma solução de 1M de hidróxido de sódio (NaOH) por 2h, enquanto era agitada magneticamente. O composto foi lavado em água corrente até atingir pH 7 e colocado em estufa a 100°C por 24h.

Em seguida, foi levado para decomposição térmica, através de pirólise em escala de bancada, realizada em reator de leito fixo, no Laboratório de Análise de Compostos Orgânicos Poluentes, do Departamento de Química, da UFS. As condições operacionais, temperatura a ser alcançada e vazão constante do gás, pré-estabelecidas para a pirólise foram 600°C e 5 mL/min; e o gás utilizado foi o nitrogênio (N<sub>2</sub>). O procedimento foi realizado em triplicata, com o objetivo de calcular o rendimento. A granulometria do carvão resultante foi obtida com a utilização de peneiras granulométricas.

O carvão produzido foi caracterizado através do método BET e pela microscopia eletrônica de varredura (MEV). O primeiro foi realizado no analisador modelo NOVA 1200, presente no Departamento de Química, da UFS; e apresentou como resultados a área superficial, em m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>, e volume total de poros, em cm<sup>3</sup>g<sup>-1</sup>. Já o segundo, obteve imagens ampliadas e o diâmetro dos poros, em Å; e foi realizado num equipamento JEOL JCM-5700, localizado no Núcleo de Engenharia de Materiais, na UFS.

### 2.2 – Adsorção de óleos e graxas da água produzida sintética

A água produzida sintética, utilizada nos testes de adsorção, foi desenvolvida a partir da mistura de 1,1g de óleo do Campo Sergipe/Alagoas com concentração inicial de 100 mg/L, 74g de Cloreto de Sódio (NaCl) com concentração inicial de 10000 mg/L e 2L de água, posteriormente, inserida no agitador mecânico Fisatom, por 40 min a 2500 rpm.

Para o processo de adsorção dos óleos e graxas, uma mistura de 200 mL da água produzida sintética e 0,2g de carvão da vagem (CV) foi adicionada em um béquer para ser agitada no Jar-Test a 120 rpm. Em intervalos de tempo

pré-determinados, retirou-se 25 mL da amostra, para realização da extração líquido-líquido com 25 mL de tetracloretileno. Após a separação das fases, parte da amostra foi recolhida e levada ao Infracal TOG/TPH Analyser, para determinação de sua absorvância, que através da aplicação na equação de uma curva de calibração construída utilizando concentrações de 50, 100, 200, 300, 400 e 500 mg L<sup>-1</sup> de água produzida, as quais se baseiam no TOG do estado de Sergipe, possibilita quantificar o valor do teor de óleos e graxas (TOG) da amostra. A análise foi realizada em duplicata.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 – Produção e caracterização do carvão ativado

A vagem resultante do processo de ativação química com NaOH, assim como o carvão ativado obtido na pirólise podem ser observados na Figura 1.

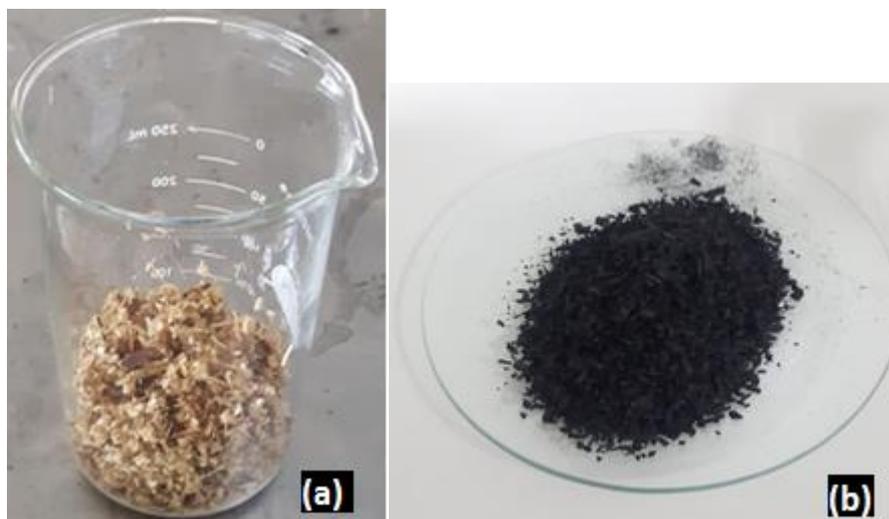


Figura 1 – Vagem resultante do processo de ativação (a) e carvão produzido através da sua pirólise (b).

O carvão apresentou aspecto bastante granuloso, com granulometria de 32 Mesh. Quanto ao valor do rendimento, variou entre 5 e 10%; sendo assim, pode-se considerar que a pirólise obteve baixos rendimentos.

As propriedades do CV, obtidas pela sua caracterização, pelo método BET e pela MEV, estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades do carvão produzidos neste trabalho.

Material analisado	Área superficial (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	Volume total de poros (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )	Diâmetro do poro (Å)	Classificação do material, quanto à dimensão dos poros, segundo a IUPAC (1982)
Carvão ativado da vagem da <i>Moringa oleífera</i> Lam	558,90	0,327	10,2	Microporoso (diâmetro inferior a 20 Å)

Os valores das propriedades foram próximos aos do carvão de coco de Reck et al. (2018), o qual obteve 624,30 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> de área superficial, 0,351 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup> de volume total de poros e 14,00 Å na dimensão do poro, também se classificando como microporoso. Além de a área estar dentro do intervalo típico de carvões ativados comerciais, de 400 a 1500m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> (NOGUEIRA, 2010).

As imagens obtidas do microscópio, presentes na Figura 2, ratificam os resultados da Tabela 1, uma vez que o CV mostrou apresentar estrutura porosa definida e, como a dimensão dos poros não está visível, provavelmente, apresentam diâmetro pequeno, podendo ser classificados como microporos.

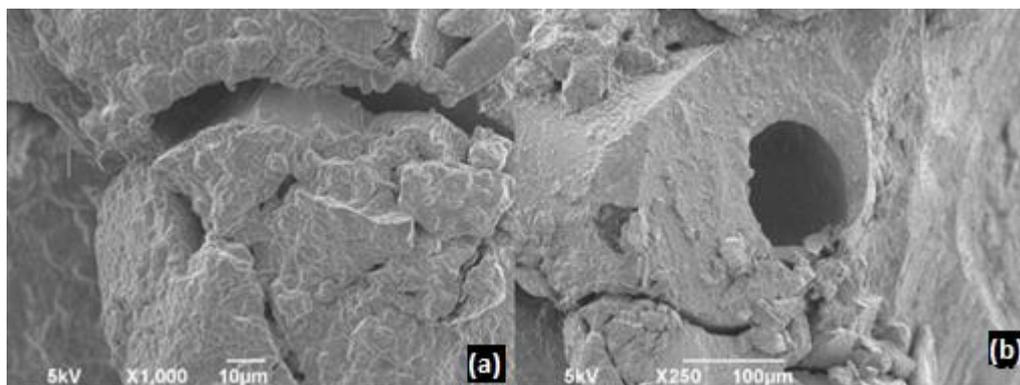


Figura 2 – Microscopia eletrônica de varredura (MEV) do CV, em amplitudes de X1000 (a) e X250 (b), respectivamente.

### 3.2 – Adsorção de óleos e graxas da água produzida sintética

A partir da curva de calibração do Infracal, obtida pelo Excel, mostrada na Figura 3, obteve-se a equação  $y = 0,9884x + 31,153$  com coeficiente de correlação linear ( $R^2$ ) igual a 0,9889.

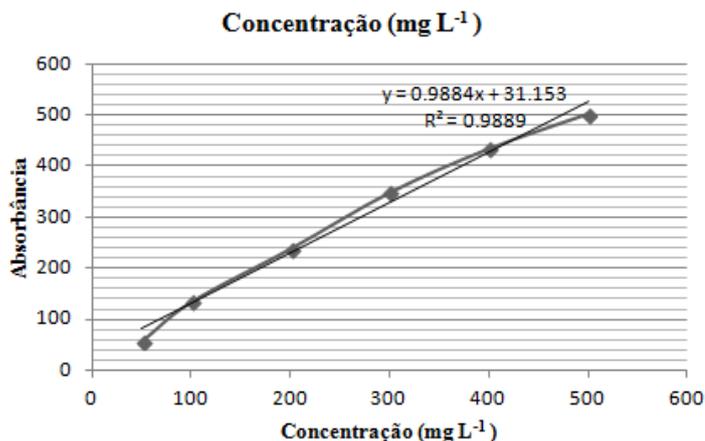


Figura 3 – Curva de calibração obtida.

A Tabela 2 apresenta a concentração de óleos e graxas presente na solução e o percentual de adsorção, nas duas análises, nos tempos pré-estabelecidos do teste de adsorção com CV, com comparação realizada pelo gráfico da Figura 4, desenvolvido no SciDAVIS.

Tabela 2 – Resultados do teste de adsorção.

Tempo (minutos)	Análise 1		Análise 2	
	Concentração do TOG (mg L <sup>-1</sup> )	Adsorção (%)	Concentração do TOG (mg L <sup>-1</sup> )	Adsorção (%)
0	318,77	0	315,81	0
5	96,39	69,76	94,41	70,11
15	31,15	90,23	35,11	88,88
30	14,35	95,50	16,33	94,83
60	1,50	99,53	0	100
180	0	100	0	100
240	1,50	99,53	0	100
300	0	100	0	100
360	0	100	0	100

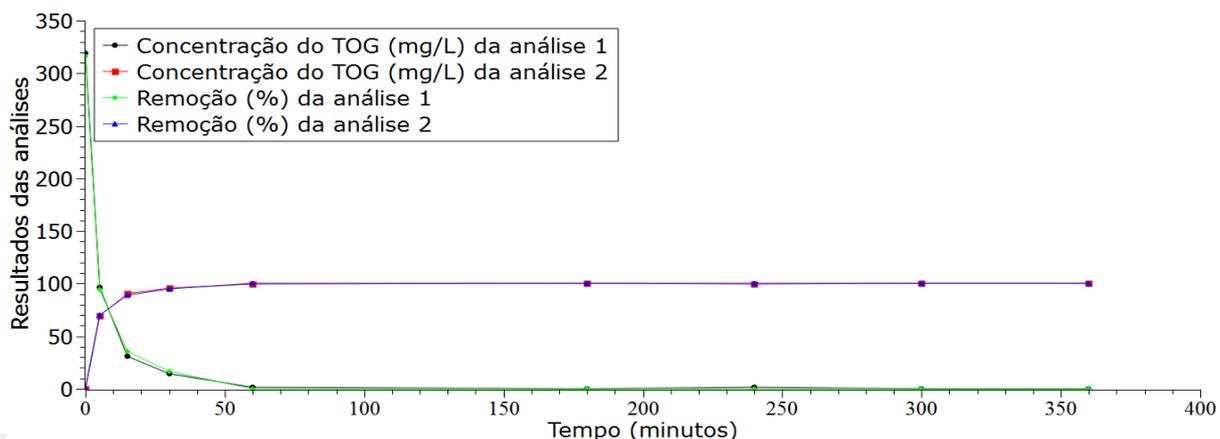


Figura 4 – Resultados dos testes de adsorção, nas duas análises, nos intervalos de tempo.

A partir dos dados apresentados na Tabela 1 e Figura 4, observou-se que não houve diferenças significativas nas duas análises, podendo considerar que a adsorção ocorreu de forma rápida, sendo que a remoção total do poluente, em ambas, ocorreu nas proximidades dos 60 minutos de agitação e contato com o CV. No tempo de 240 minutos da análise 1, registrou-se uma pequena quantidade de  $1,50 \text{ mg L}^{-1}$  do poluente, que pode ter sido causada pela dessorção, porém, pode ser considerada desprezível, não interferindo na cinética do processo.

#### 4. CONCLUSÕES

O carvão ativado obtido a partir da vagem da *Moringa oleífera* Lam apresentou granulometria de 32 Mesh, o que é considerada baixa e garante elevada área de contato durante a adsorção, possibilitando uma maior eficiência na remoção; valores de área superficial ( $558,90 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ ), volume total de poros ( $0,327 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ ), diâmetro de poros ( $10,2 \text{ \AA}$ ) e as imagens microscópicas, obtidos pelos métodos de caracterização, que evidenciaram o potencial para ser utilizado como adsorvente. Ratificados, por fim, pelos ensaios de adsorção com o carvão produzido, os quais apresentaram bons resultados, comprovando que o adsorvente desenvolvido é uma possível alternativa para remoção de óleos e graxas da água produzida.

#### 5. REFERÊNCIAS

ALVES, A. P. **Purificação de glicerol utilizando diferentes adsorventes: Análise térmica e termodinâmica.** 2017. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, Brasil, 2017.

CARVALHO, P. C. A. P. **Tratamento combinado da água produzida de petróleo: filtração, adsorção e foto-fenton.** 2016. 184 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil, 2016.

CARVALHO, T. E. M.; FUNGARO, D. A.; IZIDORO, J. C. 2010. Adsorção do corante reativo laranja 16 de soluções aquosas por zeólita sintética. *Quim. Nova*, V. 33, N. 2, pp. 358-363.

HENRIQUE, J. M. M. **Composição e tratamento de água produzida de petróleo no desempenho de sementes de alface e gergelim.** 2017. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil, 2017.

HOSNY, R.; FATHY, M.; RAMZI, M.; MOGHNY, T. A.; DESOUKY, S.E.M.; SHAMA, S.A. 2015. Treatment of the oily produced water (OPW) using coagulant mixtures. *Egyptian Journal of Petroleum*. 22 de Dezembro de 2015, pp. 391-396.

LEITE, N. S. **Desenvolvimento de um adsorvente derivado da casuarina equisetifolia para remoção de hidrocarbonetos de efluentes aquosos.** 2017. 84 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, Brasil, 2017.

LINHARES, F. A.; MARCÍLIO, N. R.; MELO, P. J. 2016. Estudo da produção de carvão ativado a partir do resíduo de casca da acácia negra com e sem ativação química. *Scientia Cum Industria (Sci. Cum Ind.)*, V.4, N. 2, pp. 74—79.

MACIEL, S. T. A. **Produção e caracterização de bio-óleo proveniente da torta da *Moringa oleifera* Lam.** 2015. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, Brasil, 2015.

MARCKMANN, K. **Uso de carvão ativado proveniente da cinza de casca de arroz em tratamento de água e de efluentes.** 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia em Engenharia Urbana e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, Brasil, 2016.

NOGUEIRA, M. W. **O uso do carvão ativado produzido a partir da casca da *Moringa oleifera*, como adsorvente na remoção de metais pesados presentes na água.** 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto-MG, Brasil, 2010.

RECK, I. M.; PAIXÃO, R. M.; BERGAMASCO, R.; VIEIRA, M. F.; VIEIRA, A. M. S. Removal of tartrazine from aqueous solutions using adsorbents based on activated carbon and *Moringa oleifera* seeds. *Journal of Cleaner Production*, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.237>>. Acesso em: 07 de abril de 2018.

ROVANI, S. **Preparo e caracterização de carvão e carvão ativado a partir de resíduos agroindustriais e aplicação na remoção de estrogênios.** 2015. 153 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) – de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, Brasil, 2015.

SOUSA, D. N. **Levantamento de patentes sobre a planta *Moringa oleifera* no Brasil e no mundo.** 2016. 77 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba-MG, Brasil, 2016.

VIEIRA, V. M. **Modelo de avaliação do gerenciamento da água produzida em operações de produção de petróleo e gás natural em bacias terrestres brasileiras.** 2016. 154 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, Brasil, 2016.