

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO CEREUS FLOC NA REMOÇÃO DO TEOR DE ÓLEOS E GRAXAS EM ÁGUAS CONTAMINADAS COM PETRÓLEO

Fernanda Verri Rodrigues¹ (IC), Milady Renata Apolinário da Silva (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Cereus Floc. Coagulação. Coagulante vegetal. Óleos e Graxas. Petróleo.

Introdução

Sabe-se que o derramamento de petróleo e seus derivados na água e no solo tem sido um desafio para o mundo devido a alta toxicidade e mobilidade dos hidrocarbonetos (DOS ANJOS et al. apud RAMALHO et al., 2014; RENGASAMY; DAS; KARAN, 2011). Além de causar diversos danos aos ecossistemas, o petróleo e seus derivados possuem altos potenciais de poluição e não são facilmente biodegradáveis (DE PAULA et al. apud OBUEKWUE et al., 2009).

Sendo assim, de acordo com Ramon de Paula et al. (2017) é necessário o desenvolvimento de novas técnicas para remoção de poluentes e o aprimoramento dos métodos já existentes. Dentre os mecanismos aplicados no controle dos vazamentos e dispersão de óleo há a aplicação de boias de contenção, a recuperação física ou mecânica e o uso de agentes químicos e biológicos.

A escolha da técnica a ser utilizada varia de acordo com fatores como a proporção do derramamento, sua localização, condições climáticas e tipo de óleo despejado. Na maioria dos casos, a recuperação mecânica pelo uso de sorventes é o processo mais utilizado para remediação dos derramamentos (DE PAULA, et al. apud WEI et al., 2003; SRINIVASA, WILHELM, 1997).

A técnica que se vale de componentes naturais, muitas vezes derivados de plantas, para revitalizar os efluentes, especialmente quando a contaminação envolve a presença de contaminantes provenientes do petróleo e seus derivados, está sendo frequentemente estudada (DE PAULA et al., 2017).

Contudo, a não biodegradabilidade da maior parte desses materiais representa uma desvantagem considerável. Nesse contexto, os biosorventes surgem como uma alternativa promissora para a remoção de contaminantes orgânicos.

O objetivo deste estudo é avaliar a capacidade do Cereus Floc [patente BR1020190208880], coagulante vegetal, biodegradável e proveniente de fonte renovável, de reduzir o Teor de Óleos e Graxas, tanto em sua forma sólida quanto diluída. Para isso, o efluente estudado será uma água contaminada com petróleo.

Metodologia

Os experimentos foram realizados no Laboratório de

Química da Água, no Centro de Estudos em Qualidade Ambiental- CEQUAM, da Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, campus Itajubá.

Caracterização do Efluente Oleoso

O efluente oleoso foi preparado por contaminação com petróleo, apresentava aparência bifásica, na proporção de 600 ppm para a parte emulsionada e contabilizando-se o óleo livre presente na contaminação, a amostra apresenta de 3000 a 5000 ppm e foi mantida à 4°C até o momento de uso.

Realizou-se análises de sólidos totais (SMWW, 23ª Edição, Método 2540 B), Demanda Química de Oxigênio - DQO (SMWW, 21ª Edição, Método 5220 D), pH (SMWW, 23ª Edição, Método 4500H+ B), turbidez (SMWW, 23ª Edição, Método 2130 B), Teor de Óleos e Graxas - TOG (SMWW, 22ª Edição, Método 5520 D) e alcalinidade (SMWW, 24ª Edição, Método 2320) de amostras filtradas e não filtradas por um filtro de papel com retenção de partículas entre 4-7 µm.

Caracterização do Cereus Floc

O coagulante Cereus Floc (Figura 1) foi desenvolvido pelo grupo [patente BR1020190208880]. Neste trabalho, o coagulante não foi preparado, usou-se o sólido que já havia sido processado pelos autores da patente.

A caracterização do coagulante Cereus Floc foi feita diluindo-se 5 gramas do composto em 500 mL de água destilada. Realizou-se análises de sólidos totais, fixos e voláteis, sólidos sedimentáveis (SMWW, 22ª Edição, Método 2540 F), DQO, pH e turbidez de amostras não filtradas.

Figura 1 - Coagulante Cereus Floc *in natura*



Fonte: Autora (2023)

Preparo das Soluções Coagulantes

O extrato aquoso do *Cereus Floc* foi obtido adicionando em um béquer 50 mL de água destilada e 0,5 g do coagulante natural em pó. A solução foi homogeneizada por 60 minutos em uma mesa agitadora à rotação de 100 rpm. Após o tempo de agitação, a solução foi filtrada em filtro de papel com retenção de partículas de 4-7 μM e reservada em temperatura ambiente.

O preparo da solução do sulfato de alumínio foi semelhante, mantendo as mesmas proporções de 1% m/v, tempo de agitação, velocidade de rotação e condições ambientes.

A solução envolvendo a união do *Cereus Floc* com o sulfato de alumínio foi obtida a partir da adição de 50 mL de água destilada, 0,25 g de *Cereus Floc* em pó e 0,25 mL de sulfato de alumínio em um béquer. O processo de agitação ocorreu por 60 minutos à rotação de 100 rpm e após o tempo de agitação a solução foi filtrada.

Tratamento do efluente oleoso com os coagulantes

Após o preparo das soluções de coagulação, colocou-se 250 mL do efluente oleoso em béqueres. Em seguida, foram adicionados a cada um deles 2,5 mL da solução coagulante correspondente e agitou-se os frascos por 30 minutos à rotação de 150 rpm.

Para o tratamento envolvendo o *Cereus Floc in natura*, foram adicionados 2,5 g do coagulante em pó (sólido de *Cereus Floc*), na proporção de 1% m/v, diretamente aos béqueres com o efluente oleoso. Posteriormente ao tempo de agitação, filtrou-se cada uma das amostras. Após o processo de filtração, as amostras descansaram por 6 horas, para que houvesse a coagulação/floculação dos resíduos de petróleo. Vale ressaltar que todos os procedimentos foram feitos em quintuplicata, para maior veracidade dos resultados.

Após o período de 6 horas, as soluções resultantes da filtração foram submetidas às análises de pH, DQO, turbidez e TOG a cada 2 horas. As coletas de amostras para as análises foram feitas em 6, 8, 10, 12 e 14 horas a fim de verificar se a eficiência do coagulante na remoção de óleos e graxas aumentava ao longo do tempo decorrente.

Também foi feito o experimento-controle, aqui intitulado Branco, que envolve apenas o efluente oleoso, sem nenhum coagulante. Para o Branco, a água contaminada com petróleo foi agitada por 30 minutos à rotação de 150 rpm, filtrada e descansou por 6 horas. Após o tempo de descanso realizou-se a coleta de amostras para análise a cada 2 horas até 14h de experimento.

Resultados e discussão

Os resultados mostraram que o experimento-controle, sem adição de coagulantes e após filtração, apresenta, em

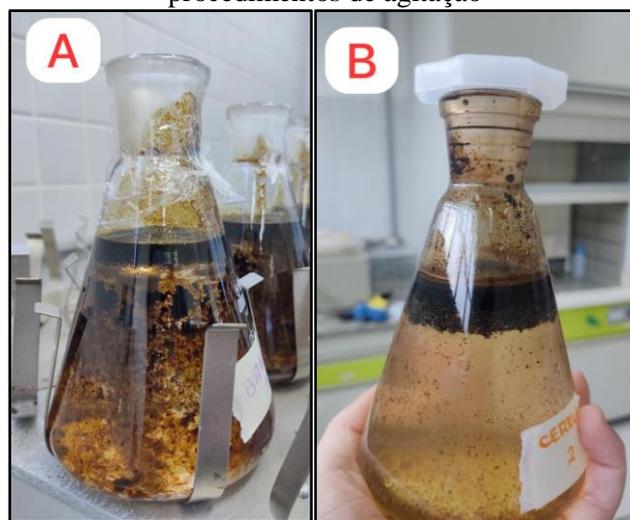
média, $234,00 \pm 33,38$ mg/L de DQO, pH em torno de 6,0 e turbidez com uma média de 5.21 ± 0.30 NTU. O teor de óleos e graxas apresenta uma faixa entre 110 a 75 mg/L entre as análises das amostras.

Os experimentos de coagulação/floculação realizados no efluente oleoso indicam diferentes desempenhos para o tratamento do efluente. A adição do *Cereus Floc in natura* no efluente oleoso, quando comparado ao Branco, diminui o valor do pH do filtrado, tornando o efluente ácido, necessitando de processos de correção de valor de pH para se adequar a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2011).

Em contrapartida, a adição do Sulfato de Alumínio diluído na proporção de 1% v/v, do *Cereus Floc* diluído na proporção 1% v/v ou da união entre os coagulantes não altera o valor de pH do efluente.

Nota-se na Figura 2 a coagulação ocorrida pela adição do *Cereus Floc in natura* no efluente oleoso. A aglomeração visual do petróleo determina que o *Cereus Floc* se trata de um bom floculante de petróleo.

Figura 2 - Amostra do Branco (A) e amostra do efluente com a inserção do *Cereus Floc in natura* (B) após os procedimentos de agitação

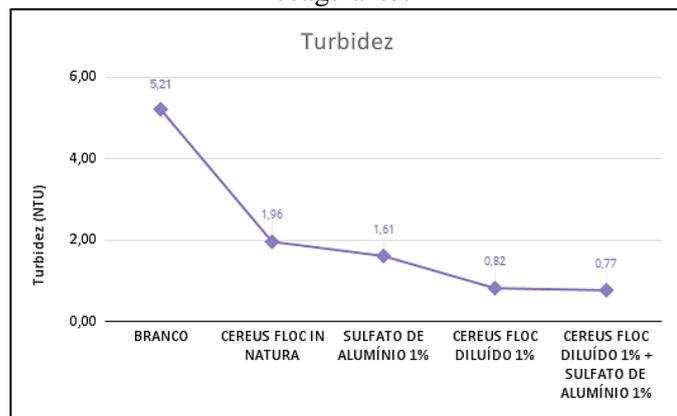


Fonte: Autora (2023)

Os valores da turbidez para o processo utilizando diferentes coagulantes, são apresentados no Gráfico 1.

Quando comparados ao Branco, os resultados da adição do *Cereus Floc in natura* no efluente oleoso indicam uma redução de 62% na turbidez. O Sulfato de Alumínio diluído na proporção de 1% v/v apresenta redução de 69% e o *Cereus Floc* diluído na proporção 1% v/v cerca de 84%. Os valores de remoção da turbidez da solução de *Cereus Floc* diluído são 49% maiores do que os valores encontrados quando $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ é empregado, sendo mais eficiente a aplicação do processo com *Cereus Floc* diluído.

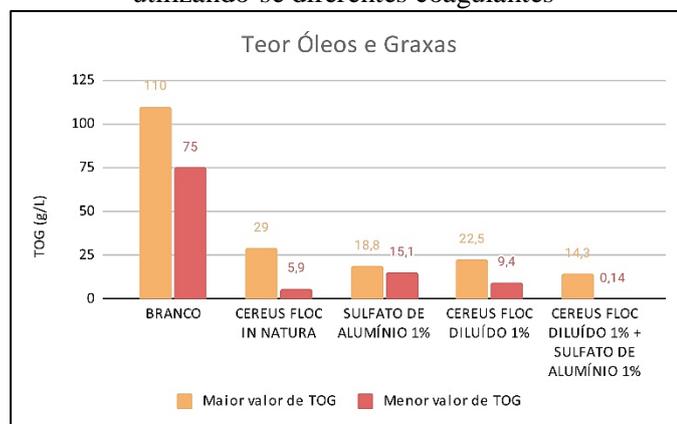
Gráfico 1 - Turbidez das amostras contaminadas com petróleo (600 ppm emulsionado) utilizando-se diferentes coagulantes



Fonte: Autora (2023)

O Teor de Óleos e Graxas para as diferentes soluções pós tratamento de coagulação/floculação, estão expressos no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Teor de Óleos e Graxas das amostras contaminadas com petróleo (600 ppm emulsionado) utilizando-se diferentes coagulantes



Fonte: Autora (2023)

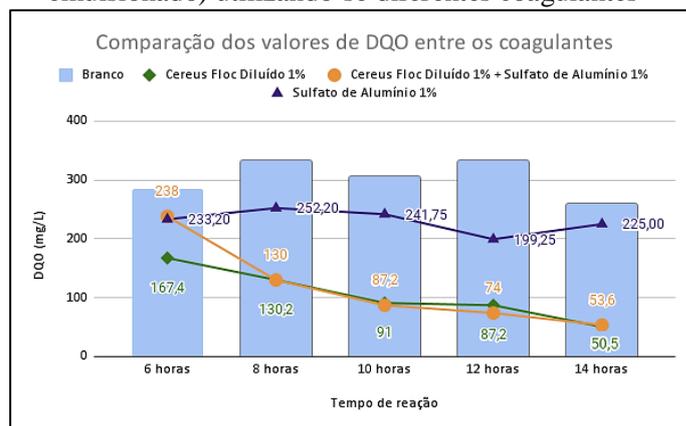
Quando comparados ao Branco, o Cereus Floc *in natura* adicionado ao efluente oleoso indica uma redução no TOG entre 74 e 92%. O Sulfato de Alumínio diluído e o Cereus Floc diluído reduzem TOG aproximadamente 80% e 82%, respectivamente.

Os menores valores de TOG da solução tratada com Cereus Floc diluído e da solução tratada com $Al_2(SO_4)_3$ são de 9,4 g/L e 15,1 g/L, respectivamente. Quando comparados, esses valores apresentam uma diferença de 38 %, evidenciando a maior eficiência do Cereus Floc diluído.

Em relação aos valores obtidos para DQO, observa-se que a adição do Cereus Floc *in natura* no efluente oleoso aumenta a DQO, devido a presença de componentes

orgânicos no coagulante vegetal, sendo esta 2 vezes maior que os resultados de DQO encontrados para o Branco (dados não mostrados). Os resultados da DQO para os demais coagulantes estão apresentados no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Comparação dos valores de DQO das amostras contaminadas com petróleo (600 ppm emulsionado) utilizando-se diferentes coagulantes



Fonte: Autora (2023)

O Sulfato de Alumínio diluído apresenta redução de 25% para os valores de DQO após 6h de reação e este valor não foi alterado mesmo após 14 horas de reação. A solução que continha o Cereus Floc diluído apresentou 41% de remoção de DQO após 6 horas e 81% após 14 horas de reação, quando comparados ao Branco.

Os resultados de DQO obtidos na união entre os coagulantes Sulfato de Alumínio diluído na proporção de 1% v/v e Cereus Floc 1% v/v removem 28% de DQO após 6 horas e 78% após 14 horas de reação em relação ao Branco, porém não este valor ainda é menor que a remoção de DQO obtida quando apenas Cereus Floc 1% v/v foi adicionado ao efluente oleoso.

Conclusões

Com a análise e comparação dos resultados obtidos para os parâmetros estudados, a utilização do coagulante vegetal Cereus Floc diluído na proporção 1% v/v se apresentou como o melhor tratamento para o efluente oleoso, obtendo-se as melhores taxas de redução de Turbidez, DQO e TOG, sendo de 84%, 78% e 82% respectivamente. Apesar de necessitar da etapa de diluição do coagulante, os técnicos de tratamento de efluentes estão habituados a realizar o processo de diluição dos coagulantes comerciais.

A variável da heterogeneidade inerente ao efluente oleoso pode influenciar nos resultados obtidos, merecendo atenção no preparo das amostras e na realização de pelo menos quintuplicatas, a fim de diminuir os erros ao se

determinar médias de análises.

O coagulante vegetal, *Cereus Floc* apresenta alta eficiência na remoção de óleos e graxas em águas contaminadas com petróleo, podendo ser uma alternativa ao uso de coagulantes não biodegradáveis.

Agradecimentos

A Universidade Federal de Itajubá e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro e pela bolsa de IC concedida ao longo desta pesquisa.

Referências

- ANJOS, R. B. et al. Remoção de óleos e graxas em água, utilizando o Mandacaru (*Cereus Jamacaru* DC.) *in natura* e modificado como biossorvente. In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2017. **Anais II CONIDIS**.
- APHA, AWWA, WEF (2005) **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 21nd Edition**, American Public Health Association, Washington DC.
- APHA, AWWA, WEF (2012) **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 22nd Edition**, American Public Health Association, Washington DC.
- APHA, AWWA, WEF (2017) **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 23nd Edition**, American Public Health Association, Washington DC.
- APHA, AWWA, WEF (2022) **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 24nd Edition**, American Public Health Association, Washington DC.
- ARAÚJO, A. M. et al. Protocolo para biorremediação de águas contaminadas por petróleo e derivados. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 55-63, maio 2014.
- BELTRAME, T. F. et al. **Efluentes, resíduos sólidos e educação ambiental: Uma discussão sobre o tema**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 283-294, jan-abr 2016.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA N° 357, de 17/03/2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA N° 430, de 13/05/2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.
- COELHO, D. A. Análise da alcalinidade total e concentração de carbono inorgânico em trechos urbanos de rios: o exemplo do Rio Santa Rita, região sudoeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2015, Porto Alegre. **Anais IBEAS**.
- DE PAULA, R. G. et al. Potencial de sorção do bagaço da cana-de-açúcar na contenção e remoção de derramamento de petróleo e derivados. **Engevista**, v. 19, n.1, p. 122-131, jan. 2017.
- DÍAZ-BORREGO, L. C. et al. Consórcio microbiano indígena para o tratamento de água contaminada com diesel do Porto de Isla de Toas (Venezuela). **Ciencia e Ingeniería Neogranadina**, Venezuela, v. 28, n.2, p. 5-28, out. 2017.
- GUIMARÃES, P. S. **Tratamento de águas residuárias oriundas da purificação do biodiesel por coagulação empregando sulfato de alumínio e quitosana: avaliação preliminar**. 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília. Brasília, 2013.
- MARTINS, S. S. S. et al. Produção de petróleo e impactos ambientais: algumas considerações. **Holo**, Rio Grande do Norte, v. 6, p. 54-76, nov. 2015.
- MENEZES, P. H. N. **Estudo do desempenho do sulfato de alumínio no processo de clarificação de água de uma refinaria de petróleo e avaliação do TANFLOC como agente coagulante alternativo**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Universidade Federal da Bahia, 2018.
- MELO, J. M. **Aplicação de polímero orgânico extraído do cacto (*Cereus jamacaru*) como coagulante principal e associado ao sulfato de alumínio no tratamento de água**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.
- QUEIROZ, M. S. et al. Avaliação do tratamento de efluentes por adsorção em materiais lignocelulósicos. **Revista Foco**, Curitiba, v.16, n. 4, p. 01-17, abr 2023.
- SILVA, L. S. G. **Caracterização de um coagulante e floculante produzido a partir da planta *Cereus Jamacaru***. 2022.
- SIMÃO, C. J. B.; BANDEIRA, R. A. F.; MARQUES, R. C. P. O uso do coagulante natural “moringa” no tratamento de águas produzidas na extração de petróleo em comparação ao sulfato de alumínio. In: I CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2015, Campina Grande. **Anais CONEPETRO**.