

POTENCIAL DO AGENTE COAGULANTE À BASE DE MORINGA NO TRATAMENTO DE ÁGUA PRODUZIDA DE PETRÓLEO

Ingrid Fonseca Ventura¹; Felipe Abreu de Jesus²; José Valdo da Silva³; Tayanara Menezes Santos⁴ e Gabriel Francisco da Silva⁵

1-Núcleo de Graduação em Engenharia de Petróleo (NUPETRO), CCET, UFS: ingriidf@hotmail.com

2-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PEQ), Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET), Universidade Federal de Sergipe (UFS): abreu_engenharia@hotmail.com

3- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PEQ), Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET), Universidade Federal de Sergipe (UFS): josevaldosilvax@gmail.com

4-Núcleo de Graduação em Engenharia de Petróleo (NUPETRO), CCET, UFS: julianeerodrigues@gmail.com

5 - Universidade Federal de Sergipe, Professor Dr. do Núcleo de Petróleo e Gás (NUPETRO) – gabreil@ufs.br

Resumo: O uso de coagulantes ambientalmente corretos apresenta-se como uma alternativa viável para o tratamento de água e tem mostrado vantagens em relação aos químicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais. Quando a água a ser tratada necessita da coagulação, essa etapa passa a ser importante, em qualquer tecnologia de tratamento de efluentes. A *Moringa oleifera* Lam possui em suas sementes em torno de 30% de uma proteína com atividade coagulante, a qual pode substituir coagulantes inorgânicos, tal como o sulfato de alumínio. Neste trabalho foi estudado o uso de um agente coagulante natural à base de *Moringa oleifera* Lam para tratamento de água produzida. Três métodos de preparo do coagulante foram propostos: Em meio salino, em meio aquoso e desengordurados, esses foram avaliados conjuntamente na redução do teor e óleo e graxas. Os resultados mostraram que a moringa utilizada como coagulante é uma alternativa promissora, alcançando uma eficiência máxima na redução de TOG de 99,8%, para o método de preparo em meio aquoso, na concentração de 200 ppm.

Palavras-chave: Moringa, água produzida, coagulante.

Introdução

Á água produzida é água presente na formação geológica. Durante as atividades de produção de petróleo a água é trazida até a superfície e antes de ser descartada ou rejeitada no próprio poço, precisa passar por uma série de tratamentos, entre eles, a coagulação. Convencionalmente as indústrias utilizam coagulantes químicos, tais como: sulfato de alumínio e sulfato de ferro. No entanto esses apresentam como desvantagens: não serem biodegradáveis, problemas de corrosão e problemas de correções de pH.

A *moringa oleifera* Lamark é hortaliça perene, de origem indiana composta de proteínas, estas proteínas são dímeros catiônicos densamente carregados com peso molecular de cerca de 13kDa, sendo o mecanismo neutralização e adsorção responsáveis pela destabilização das partículas contidas na água (NDABIGENGESERE et al., 1995; GUALBERTO et al., 2015).

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

www.conepetro.com.br

Diante da preocupação da indústria petrolífera com o grande volume de água produzida gerado, principalmente em campos maduros *onshore*, resolveu-se estudar o uso de um agente coagulante natural a partir do extrato da semente da *Moringa oleifera* Lam, pela sua eficiência comprovada na coagulação e por apresentar baixo custo.

Metodologia

Preparo do coagulante à base de *Moringa oleifera* na forma desengordurada

Foi realizada a extração do óleo das sementes de *M. oleifera* para a obtenção do coagulante desengordurado (S_{des}) por meio de uma prensa mecânica. 15 g da semente da *M. oleifera* na forma *in natura* foi colada manualmente na prensa e deixada por um período de 24h. Após essa etapa, a semente desengordurada foi armazenada em recipientes com tampa.

Preparo do extrato coagulante à base de *Moringa oleifera* em meio aquoso

Utilizou-se um béquer de 100 mL, onde foi adicionado 50 mL de água destilada e 1 g da semente na forma *in natura*. Em seguida, a solução foi homogeneizada com agitação a 1000 rpm durante 30 minutos. A mistura obtida foi separada utilizando uma filtração a vácuo, onde o filtrado comportou-se como o extrato de *M. oleifera* em meio aquoso (S_{aquo}), utilizado como coagulante natural para tratamento de água produzida.

Preparação do extrato coagulante à base de *Moringa Oleifera* Lam em meio salino

No preparo do extrato de moringa em meio salino, foi preparado em um béquer de 100 mL, onde foi adicionado 50 mL de solução de cloreto de sódio 1 M e 1 g da semente de moringa obtida após o processo de preparo descrito anteriormente. Em seguida, a solução foi homogeneizada e filtrada da mesma forma empregada no preparo do coagulante em meio aquoso.

Preparo da água produzida sintética

No preparo da água produzida sintética (APS) para cada 1 litro de água destilada, foram adicionados 35 g de NaCl e cerca de 0,5 g de petróleo. Essas concentrações foram baseados no relatório de análise da Petrobras para água produzida da bacia Sergipe-Alagoas (BRASIL, 2016).

A mistura foi feita empregando-se um homogeneizador modelo 713D, marca FISATOM a uma rotação de 2.500 rpm, durante 30 minutos.

Determinação da melhor concentração do coagulante à base de moringa

A determinação da melhor concentração do coagulante à base de *M. oleifera*, foi realizada por meio do *jar test* analógico modelo JT-112 A6 de seis Provas. Nesta etapa o sistema foi submetido à rotação rápida de 100 rpm por 3 minutos e em seguida à rotação lenta de 15 rpm por 15 minutos, conforme a metodologia descrita por Madrona et al. (2012). Com o objetivo de consolidar a coagulação/floculação, posteriormente a água produzida sintética (APS) descansou-se por 60 min, essa fase é necessária para que ocorra a decantação e/ou flotação das partículas. Por fim, foi retirada uma alíquota de 25 mL do centro do béquer, evitando o mínimo de suspensão do decantado e foi analisado a concentração dos parâmetros; TOG pós tratamento. As concentrações do coagulante à base de *M. oleifera* utilizada nos ensaios de coagulação/floculação foram: 50; 100; 150; 200; 250; e 300 ppm.

Análise do Teor de Óleo e Graxas (TOG)

A variável dependente deste estudo foi a eficiência do processo a partir da análise dos teores de óleo e graxas inicial e final. Essa análise foi realizada por meio do aparelho INFRACAL. O solvente utilizado nos ensaios foi o tetracloroetileno (marca *Neon pureza*, 99,99 %). Todos os resultados obtidos foram analisados em duplicata.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentadas as médias dos resultados obtidos para a eficiência de remoção do TOG, considerando os métodos de preparo do agente coagulante moringa nas formas S_{des} , S_{aquo} e S_{sal} em função das concentrações de 50; 100; 150; 200; 250; e 300 ppm.

Tabela 1: Eficiência de remoção do TOG para os diferentes métodos de preparado do agente coagulante à base de moringa.

Concentração do coagulante (ppm)	Eficiência de remoção do TOG % ⁽¹⁾		
	Métodos de preparo		
	S_{sal}	S_{aquo}	S_{des}
50	97,6 ± 0,56 ^a	86,2 ± 0,20 ^a	67,6 ± 1,70 ^a
100	98,6 ± 0,29 ^a	96,7 ± 0,41 ^b	76,4 ± 1,16 ^b
150	99,2 ± 0,00 ^b	92,6 ± 0,41 ^c	85,5 ± 0,36 ^c
200	90,5 ± 0,82 ^c	99,8 ± 0,24 ^d	79,2 ± 0,74 ^b

250	95,3±0,30 ^a	91,1 ±0,83 ^{e c}	77,7±0,83 ^b
300	98,4± 0,57 ^a	89,2 ± 0,63 ^f	74,5± 2,07 ^b

(1) Percentuais do TOG's apresentados em valores médios ± desvio padrão. Dentro de uma mesma coluna, as médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de nível de significância.

De acordo com a Tabela 1, avaliando os cinco métodos de preparo do agente coagulante à base de moringa foi possível observar uma eficiência de remoção entre 68% e 99% para o parâmetro TOG.

O coagulante à base de moringa em meio aquoso (S_{aquoso}), as melhores remoções de TOG obtidas foram 99,8%, 96,7% e 92,6 % para as concentrações de 200 ppm, 100 ppm e 150 ppm, respectivamente. Observou-se que estatisticamente, apenas os percentuais de remoções de TOG, nas concentrações 150 ppm e 250 ppm, são semelhantes, mostrando assim, que a concentração do coagulante é um fator importante na remoção do TOG. Verificou-se também que um aumento na concentração do coagulante a partir de 250 ppm não implicou na melhora no percentual de remoção do TOG na APS. Segundo Baptista et al. (2015) o coagulante à base de moringa preparado em meio aquoso tem seu uso limitado, visto que o aumento na concentração do coagulante causa uma maior carga orgânica na água tratada, contribuindo negativamente no processo de coagulação/floculação. De todos os ensaios realizados, o coagulante preparado na forma S_{aquoso} obteve êxito ao atender à legislação brasileira em relação ao TOG (< 20 ppm) em apenas duas condições: (1) concentração = 100 ppm (TOG=10 ppm) e (2) concentração = 200 ppm (TOG=1 ppm)

O agente coagulante moringa em meio salino (S_{sal}), a melhor concentração foi a de 150 ppm, com a qual se obteve uma remoção de óleo em água de 99,2%, esse percentual ficou acima do encontrado por Farias Pereira et al. (2011), utilizando o mesmo método de preparo. Esse coagulante natural apresentou valores de remoções de TOG superiores ao encontrado em solução em meio aquoso, essa diferença se deve à força iônica da solução extratora que melhora a eficiência de extração do componente ativo das sementes de Moringa e faz com que o coagulante em meio salino tenha um desempenho melhor que o do coagulante em meio aquoso (Madrona et al., 2010). Apenas a concentração de 200 ppm não conseguiu atingir os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 430/2011, ou seja, TOG até 20 ppm.

As amostras da semente desengordurada (S_{des}), dentre os métodos de preparo, foram as que apresentaram menores percentuais de remoções do parâmetro TOG. Durante os experimentos, pôde-se observar que as partículas continuaram em suspensão após o processo de coagulação/floculação, e durante a retirada de uma

alíquota de 25 mL do centro do jarro, houve uma coleta significativa dessas partículas o que pode ter influenciado na eficiência de remoção do TOG. Segundo Valverde (2014) quanto menor o tamanho das partículas das sementes de moringa, menor a eficiência do processo, já que se admite que não há condições para a formação dos flocos densos, por conseguinte dificultando o processo de sedimentação. Os resultados negativos desta foram obtidos em frações com abertura menor que 0,300 mm. O maior percentual de remoção TOG, 86%, foi observado na concentração de 150 ppm. Contudo, nenhum dos ensaios realizados foi capaz de atender ao requisito ambiental descrito na Resolução CONAMA nº 430.

Comparativo entre as eficiências para os diferentes métodos de preparo do coagulante à base de moringa

Mesmo trabalhando com água produzida sintética foi difícil manter a mesma concentração inicial de TOG em água nos 3 métodos estudados. Em função disso, para uma melhor visualização dos dados foi feito um gráfico normalização (C/C_0) versus concentração de coagulante, mostrado na Figura 1.

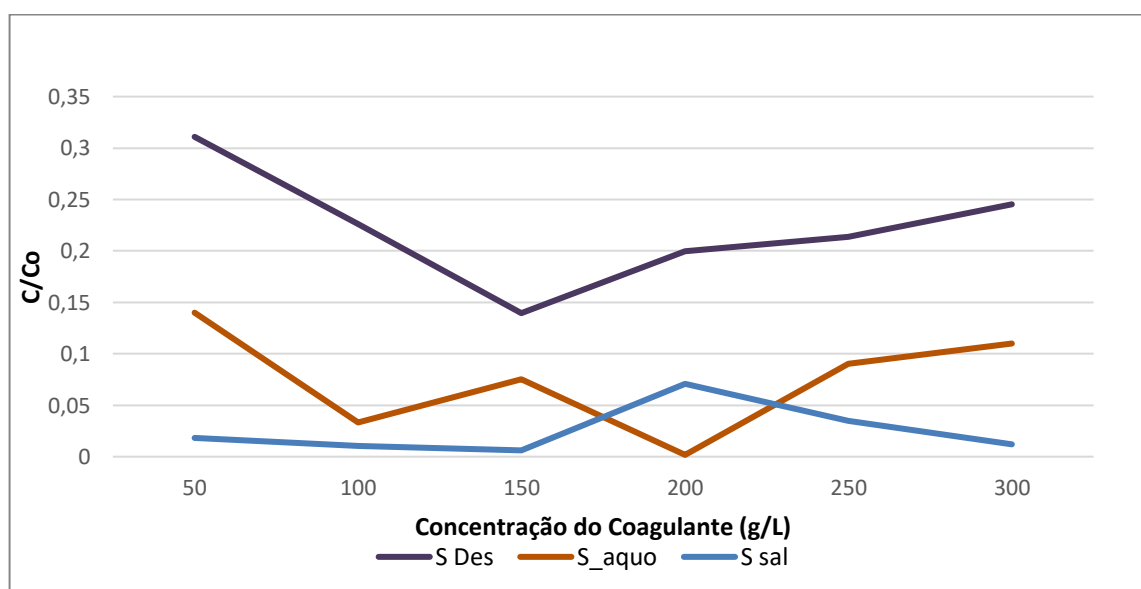


Figura 1: Normalização (C/C_0) dos ensaios com APS utilizando diferentes métodos *versus* a concentração do coagulante.

Pode-se observar pelos resultados da Figura 1, que a concentração 150 e 200 ppm, de forma geral, apresentaram as melhores eficiências de remoção do parâmetro TOG. Assim, tendo em vista o lado econômico do processo, problemas encontrados no métodos e concentração suficiente para manter a água produzida de petróleo

dentro dos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 340/2011. É recomendado utilizar o método de preparo em meio aquosa, na concentração de 200 ppm e o menos recomendado é o método de preparo na forma desengordurada, onde o mesmo não conseguiu atender os padrões ambientais.

Conclusões

Em vista desses resultados, podemos concluir o seguinte:

1. O agente coagulante *moringa oleifera*, apresentou-se como uma alternativa eficiente e promissora ao uso coagulante químicos para os tratamentos de efluentes na água produzida.
2. A concentração e o método de preparo influenciam significativamente na remoção do TOG presente na água produzida.
3. Em termos % de redução de TOG o método indicado é em meio aquoso, onde o mesmo obteve uma eficiência de remoção de 99,8%, na concentração de 200 ppm.
4. O método de preparo na forma desengordurada (S_{des}) apresentou a menor eficiência em termo de remoção de TOG dentre os três métodos de preparo estudados. Mesmo alcançando uma eficiência máxima de 79,2% (200 ppm), este não foi capaz de atender à legislação brasileira em relação ao TOG (< 20 ppm), sendo o menos recomendado.

Referências

BAPTISTA, A. T. A.; COLDEBELLA, P. F.; CARDINES, P. H. F.; GOMES, R. G.; VIEIRA, M. F.; BERGAMASCO, R.; VIEIRA, A. M. S. Coagulation–Flocculation Process with Ultrafiltered Saline Extract of Moringa Oleifera for the Treatment of Surface Water. **Chemical Engineering Journal**, v. 276, p. 166-173, 2015/09/15/ 2015. ISSN 1385-8947.

BRASIL. **Relatório De Análise Física-Química Em Água**. PETROBRAS. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.: Aracaju-SE 2016.

FARIAS PEREIRA, D.; AMARAL ARAÚJO, N.; MENEZES SANTOS, T.; RAMOS SANTANA, C.; SILVA, G. F. D. Aproveitamento Da Torta Da Moringa Oleifera Lam Para Tratamento De Água Produzida. **Exacta**, v. 9, n. 3, 2011. ISSN 1678-5428.

GUALBERTO, A. F.; FERRARI, G. M.; DE ABREU, K. M. P.; DE LIMA PRETO, B.; FERRARI, J. L. Características, Propriedades E Potencialidades Da Moringa (Moringa Oleifera Lam.):

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

www.conepetro.com.br

Aspectos Agroecológicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 19-25, 2015. ISSN 1981-8203.

MADRONA, G. S.; BRANCO, I. G.; SEOLIN, V. J.; DE ABREU ALVES FILHO, B.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; BERGAMASCO, R. Evaluation of Extracts of Moringa Oleifera Lam Seeds Obtained with NaCl and Their Effects on Water Treatment-Doi: 10.4025/Actascitechnol.V34i3.9605. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 34, n. 3, p. 289-293, 2012. ISSN 1807-8664.

MADRONA, G. S.; SERPELLONI, G. B.; VIEIRA, A. M. S.; NISHI, L.; CARDOSO, K. C.; BERGAMASCO, R. Study of the Effect of Saline Solution on the Extraction of the Moringa Oleifera Seed's Active Component for Water Treatment. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 211, n. 1-4, p. 409-415, 2010. ISSN 0049-6979.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S.; TALBOT, B. G. Active Agents and Mechanism of Coagulation of Turbid Waters Using Moringa Oleifera. **Water research**, v. 29, n. 2, p. 703-710, 1995. ISSN 0043-1354.

VALVERDE, K. C. **Avaliação Do Processo De Tratamento De Água Utilizando a Associação Do Coagulante Natural Moringa Oleifera Lam E Coagulantes Químicos** 2014. 153f Tese (Doutorado em Engenharia Química)- Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, Brasil.