

II-518 - PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTES DE *WETLANDS* CONSTRUÍDOS UTILIZANDO COAGULANTES INORGÂNICOS E ORGÂNICOS NATURAIS, VISANDO O REUSO DE ÁGUA

Isabel Cristina Silva Maia⁽¹⁾

Engenheira Agrônoma pela Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia (EAUFBA). Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestre em Ciências Agrárias pelo Programa de Pós-Graduação da UFBA. Doutoranda em Engenharia Agrícola no Programa de Pós-Graduação do Núcleo de Engenharia Água e Solo (CCAAB/UFRB).

Ianca Carneiro de Carvalho⁽²⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Doutoranda em Engenharia Agrícola no Programa de Pós-Graduação do Núcleo de Engenharia Água e Solo (NEAS/UFRB).

Selma Cristina da Silva⁽³⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental e Especialista em Gerenciamento de recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Ambiental da UFBA. Mestre em Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Civil da UFCG. Doutora em Tecnologia Ambiental pelo Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia da UnB. Pós Doutora em Saneamento pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Professora Associada – CETEC/UFRB.

Endereço⁽¹⁾: Rua D, 166 bairro Inocoop - Cruz das Almas - BA. CEP: 44380-000 - Brasil - Tel.: (75) 99256-5355 - e-mail: isabelcsmaia1973@gmail.com

Endereço⁽²⁾: Rua Professor Antônio Luiz Machado Eloy, 181 bairro Primavera - Cruz das Almas - BA. CEP: 44380-000 - Brasil - Tel.: (74) 99941-9229 - e-mail: eng.iancacarneiro@gmail.com

Endereço⁽³⁾: Rua Rui Barbosa, 710 Centro - Cruz das Almas - BA. CEP: 44380-000 - Brasil - Tel.: +55 (75) 3621-4314 – Fax: +55 (75) 3621-9362 - e-mail: scsilva00@yahoo.com.br e selma@ufrb.edu.br

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar o tratamento físico-químico de efluentes utilizando coagulantes inorgânicos e orgânicos para clarificação de efluente oriundo de um sistema de tratamento de esgotos provenientes de um Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB), composto por *wetlands* construídos de fluxo vertical (WCFV) com meio suporte de solo, plantado com as culturas do sorgo e do feijão, seguido de um *wetlands* construídos de plantas flutuantes com a macrófita, a *Pistia stratiotes* (alface d'água). Os ensaios foram conduzidos utilizando o equipamento “Jar Test” (Milan - Modelo JT 203), com mistura rápida com rotação de 100 rpm por 30 segundos, mistura lenta com rotação de 40 rpm por 30 minutos e decantação pelo mesmo período. As dosagens dos coagulantes adotadas foram de 100; 120; 140; 150; 160 e 170 mg L⁻¹ para o sulfato de alumínio e sal de alumínio férrico (polífer), e de 1000; 1200; 1400; 1600; 1800 e 2000 mg L⁻¹ para *Moringa oleífera* Lam. Os resultados demonstraram que a eficiência de remoção de cor aparente e turbidez aumentou proporcionalmente à concentração de sulfato de alumínio e polífer, atingindo eficiências de remoção superiores a 86% (cor aparente) e 92% (turbidez). A dosagem ótima para o sulfato de alumínio e polífer foi de 160 mg L⁻¹, sendo que com o Polífer, a dosagem de 150 mg L⁻¹ obteve remoção semelhante à do sulfato de alumínio. A *Moringa oleífera* Lam. apresentou melhor eficiência nas dosagens entre 1000 a 1400 mg L⁻¹, com remoções de cor e turbidez semelhantes. A dosagem ótima foi observada entre 1000 e 1200 mg L⁻¹, com eficiência de remoção de cor de 79% em ambas as dosagens, e de turbidez de 86% e 88%, respectivamente. Embora os coagulantes inorgânicos sejam mais eficientes em dosagens muito menores que aquelas praticadas com os coagulantes orgânicos, as dosagens ótimas obtidas são consideradas elevadas para coagulantes inorgânicos, pois altera os custos do tratamento e do monitoramento da qualidade da água, uma vez que podem gerar residual com concentrações acima dos padrões aceitáveis para água potável. Desta forma, a *Moringa oleífera* Lam., mostrou-se uma alternativa viável em condições específicas, oferecendo um potencial para tratamentos mais sustentáveis e com menor impacto ambiental, embora haja a necessidade de uso de maiores dosagens por se tratar de um polímero natural.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulantes, *Moringa oleífera*, esgoto doméstico, remoção de turbidez.

INTRODUÇÃO

Impulsionada pelo atual cenário de escassez de água doce e pelas crescentes exigências ambientais regulatórias, a projeção global para o mercado de coagulantes e floculantes, que podem ser de natureza metálica, orgânica ou não orgânica, com o objetivo de prover efluentes de melhor qualidade, indicou um crescimento avaliado em US\$ 10,4 bilhões em 2023 e deve atingir US\$ 12,6 bilhões em 2028, com crescimento previsto de 3,8% entre 2023 e 2028 (MARKETS e MARKETS, 2023).

Geralmente os coagulantes utilizados são sais metálicos, sendo mais empregados os a base de alumínio e de ferro, e de alguns floculantes químicos, os quais nos últimos anos foram muito empregados no pós-tratamento físico-químico de esgotos sanitários. Entretanto, estudos relatam a necessidade da otimização dos processos de tratamento de água quando se adota os coagulantes de origem inorgânica, em virtude dos seus diversos malefícios à saúde humana. Além disso, estes produtos apresentam aspectos econômicos e ecológicos negativos (SALEEM e BACHMANN, 2019; SOARES *et al.*, 2021). O sulfato de alumínio gera flocos essencialmente inorgânicos, tornando o lodo gerado não biodegradável dificultando assim sua disposição final (OLDONI, 2022).

Dentro desta problemática, tecnologias vêm sendo desenvolvidas, entre elas tem-se os coagulantes de origem orgânica que por terem como base recursos naturais renováveis, serem assimiláveis pelo meio ambiente, eficientes em ampla faixa de pH, promoverem a redução de lodo gerado no processo, reduzirem os custos associados ao descarte, e não estarem associados a problemas de saúde pública, pois não produzem subprodutos tóxicos, configuram uma alternativa para substituição dos coagulantes inorgânicos (SALEEM e BACHMANN, 2019; SOARES *et al.*, 2021).

Pesquisas recentes comprovam a eficiência desses coagulantes orgânicos na remoção de impurezas, destacando sua biodegradabilidade e origem renovável, fatores que contribuem para a redução dos impactos ambientais (SIQUEIRA *et al.*, 2018; HANAUER *et al.*, 2019; LIMA, ALMEIDA e VICENTINI, 2020; MURAKAMI, 2021). Diversas espécies vegetais podem ser utilizadas como matéria-prima para a produção de coagulantes orgânicos naturais, entre elas pode-se listar seis espécies com essa potencialidade: *Moringa oleifera*, *Acacia mearnsii*, *Cassia fistula*, *Cactus opuntia*, *Zea mays*, *Azadirachta indica*. Dentre essas espécies, a *Moringa oleifera* possui prevalência nos estudos sobre essa temática, uma vez que é uma planta de pequeno porte, crescimento rápido e de fácil adaptação em diferentes condições climáticas e de solos (SOARES *et al.*, 2021).

A *Moringa oleifera* Lam. é um polímero orgânico natural com potencial de produção de produtos coagulantes, visto que cerca de 40% da massa de suas sementes é constituída por óleo comestível e proteínas catiônicas de baixo peso molecular que, ao serem solubilizadas em água, atuam como coagulantes, desestabilizando as partículas coloidais presentes na água e formando flocos (FRANCO *et al.*, 2017). Esse efeito contribui para a redução de parâmetros que são exigidos nos processos de tratamento, especialmente a cor aparente e a turbidez, com o intuito de adequar as águas aos padrões de potabilidade explícitos na legislação vigente e aos padrões de reuso (SOARES *et al.*, 2021).

OBJETIVOS

Realizar tratamento físico-químico utilizando coagulantes inorgânicos e orgânicos para clarificação de efluentes de um sistema de tratamento de esgoto composto por *wetlands* construídos de fluxo vertical (WCFV) seguido de um *wetlands* construídos de plantas flutuantes com a macrófita *Pistia stratiotes* (alface d'água), visando observar se o coagulante natural, *Moringa oleifera* Lam., pode apresentar resultados semelhantes aos coagulantes inorgânicos comumente utilizados no tratamento de água de abastecimento.

METODOLOGIA UTILIZADA

Para a realização deste trabalho, foram utilizados efluentes provenientes de um sistema experimental de *wetlands* construídos de fluxo vertical (WCFV) com meio de suporte formado por solo misturado com areia grossa, composto por plantas emergentes, sorgo e feijão, seguido de um *wetlands* de plantas flutuantes, com a macrófita *Pistia stratiotes* (alface d'água), também denominado tanque de macrófitas. A finalidade desse sistema era tratar efluentes domésticos provenientes de um Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB) da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) localizada no bairro Chapadinha do município de Cruz das Almas - Bahia.

Devido ao crescimento excessivo de algas dos efluentes no tanque de macrófitas, a água passou a apresentar uma coloração esverdeada (**Figura 1**), tornando-se necessária a realização de um pós-tratamento antes do seu lançamento em corpos d'água (reuso indireto) ou, da sua utilização para fins não potáveis (reuso não potável), como a irrigação, a fim de evitar danos ao sistema de irrigação.



Figura 1: Tanque de macrófitas utilizado para polimento dos efluentes dos *wetlands* construídos de plantas emergentes.

Fonte: Próprio autor (2024).

A coletas das amostras e os ensaios ocorreram nos meses de outubro e novembro de 2024. Para os ensaios utilizou-se o equipamento “Jar Test” Milan - Modelo JT 203 (**Figura 2**) considerando: rotações de misturas rápida de 100 rpm e lenta de 40 rpm; tempos de mistura rápida de 30 segundos; lenta e de decantação, ambos de 30 minutos. Por meio desses ensaios foi determinada a dosagem ótima dos coagulantes principais.

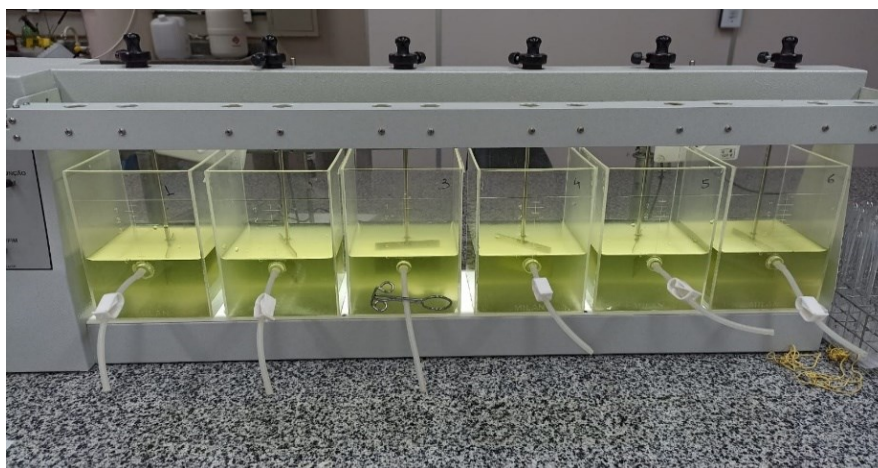


Figura 2: Amostras dos efluentes utilizados nos ensaios de “Jar Test” durante o tratamento físico-químico.

Fonte: Próprio autor (2024).

Como coagulantes inorgânicos principais, foram utilizados sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) e sal de alumínio férrico (polífer) nas dosagens de 100; 120; 140; 150; 160 e 170 mg L^{-1} e também a *Moringa oleífera* Lam., nas dosagens de 1000; 1200; 1400; 1600; 1800 e 2000 mg L^{-1} . Os coagulantes inorgânicos foram cedidos pela Empresa Baiana de Água e Saneamento (EMBASA) na concentração inicial de 50%, sendo diluídos com uso de água destilada para uma concentração de 1% (solução estoque), e a partir desta as concentrações testadas nos ensaios.

As sementes de moringa foram coletadas em uma área do centro experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Campus de Cruz das Almas-Ba. O extrato aquoso de *Moringa oleífera* Lam. foi preparado no momento dos ensaios, uma vez que o armazenamento pode comprometer sua eficiência na redução

da turbidez durante os processos de coagulação e floculação (KATAYON et al., 2006; MADRONA, 2010). Para o preparo, as sementes foram secas em estufa a 105 °C por 24 horas para redução do teor de umidade. Após secagem, as sementes foram descascadas e maceradas em almofariz com pistilo para a obtenção de um pó de granulometria fina. Em seguida, foi preparada uma solução estoque com concentração de 1% m/v, utilizando água destilada. A solução foi agitada por 4 minutos e posteriormente filtrada em papel de filtro descartável (tipo usado para filtrar café).

Os ensaios foram realizados em triplicatas, e as amostras dos afluentes e efluentes foram submetidas às análises dos seguintes parâmetros: pH – Medidor de pH de bancada LUCA-210, cor aparente – Medidor de cor de bancada ALFAKIT, turbidez – Turbidímetro de bancada ALFAKIT E008767, alcalinidade total – Método titulométrico e condutividade elétrica – Condutivímetro de bancada W12D BEL.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características dos efluentes do sistema *wetlands* construídos (WC) de antes e após o tratamento físico-químico com os coagulantes inorgânicos e orgânicos testados podem ser observadas na **Tabela 1**.

Tabela 1: Características qualitativas dos efluentes dos *wetlands* construídos (WC) antes e após o tratamento físico-químico utilizando os coagulantes sulfato de alumínio (a), polífer (b) e moringa (c).

| Parâmetros | Efluentes dos WC | Efluentes tratados pelo processo físico-químico | | | | | |
|--|------------------|---|---------------------|--------------|---------------------|---------------------|--------------|
| | | Dosagens (mg L ⁻¹) | | | | | |
| | 0 | 100 | 120 | 140 | 150 | 160 | 170 |
| (a) Sulfato de Alumínio | | | | | | | |
| pH | 6,85±0,00 | 6,55±0,00 | 6,50±0,00 | 6,47±0,00 | 6,41±0,00 | 6,42±0,00 | 6,47±0,00 |
| Cor (UC) | 160,67±0,44 | 50,33±0,44 | 43,00±0,00 | 30,33±0,44 | 28,00±0,00 | 24,33±0,44 | 22,00±0,00 |
| Turbidez (NTU) | 13,20±0,07 | 2,82±0,02 | 1,94±0,00 | 1,42±0,02 | 1,46±0,01 | 1,13±0,01 | 1,04±0,01 |
| AT (mg CaCO ₃ L ⁻¹) | 107,41±0,00 | 77,52±0,94 | 74,41±0,94 | 67,39±0,00 | 64,58±0,94 | 61,07±0,00 | 58,27±0,94 |
| CE (µS cm ⁻¹) | 1277,33±0,44 | 1399,67±0,89 | 1393,00±0,00 | 1397,67±0,44 | 1389,00±0,67 | 1377,00±0,00 | 1374,00±0,00 |
| Temp. (°C) | 22,00±0,00 | 21,53±0,31 | 22,83±0,22 | 21,37±0,04 | 21,93±0,09 | 22,00±0,00 | 22,00±0,00 |
| (b) Polífer | | | | | | | |
| pH | 7,16±0,00 | 6,64±0,00 | 6,62±0,00 | 6,59±0,00 | 6,63±0,00 | 6,55±0,00 | 6,50±0,00 |
| Cor (UC) | 156,67±1,11 | 46,67±0,44 | 37,33±0,44 | 29,00±0,00 | 23,33±0,44 | 19,00±0,00 | 13,33±0,44 |
| Turbidez (NTU) | 11,80±0,13 | 2,86±0,05 | 2,16±0,02 | 1,55±0,01 | 1,18±0,00 | 0,89±0,02 | 0,61±0,00 |
| AT (mg CaCO ₃ L ⁻¹) | 110,92±0,94 | 84,94±0,94 | 81,43±0,94 | 72,31±0,94 | 73,71±0,00 | 70,90±0,94 | 70,90±1,87 |
| CE (µS cm ⁻¹) | 1834,67±0,44 | 1879,00±0,00 | 1875,00±0,00 | 1875,00±0,00 | 1872,00±0,00 | 1874,00±0,00 | 1838,00±0,00 |
| Temp. (°C) | 24,00±0,00 | 24,33±0,22 | 24,50±0,00 | 24,00±0,00 | 24,37±0,18 | 24,33±0,22 | 24,20±0,00 |
| (c) Moringa oleifera Lam. | | | | | | | |
| | 0 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 |
| pH | 6,41±0,01 | 6,93±0,08 | 7,08±0,02 | 7,11±0,00 | 7,14±0,01 | 7,16±0,02 | 7,14±0,01 |
| Cor (UC) | 122,67±0,44 | 25,67±0,44 | 25,67±0,89 | 26,67±0,44 | 28,67±0,44 | 28,33±0,44 | 31,00±0,00 |
| Turbidez (NTU) | 15,93±0,11 | 2,28±0,15 | 1,98±0,11 | 1,74±0,01 | 2,67±0,13 | 2,22±0,07 | 2,68±0,03 |
| AT (mg CaCO ₃ L ⁻¹) | 110,42±1,39 | 116,67±1,39 | 110,42±1,39 | 113,54±1,39 | 116,67±1,39 | 115,63±2,08 | 114,58±1,39 |
| CE (µS cm ⁻¹) | 1086,00±0,00 | 974,00±0,00 | 1053,33±0,44 | 1020,00±0,00 | 1141,67±0,44 | 1061,33±1,78 | 1034,67±0,89 |
| Temp. (°C) | 23,53±0,04 | 23,40±0,00 | 23,77±0,09 | 23,40±0,00 | 23,23±0,04 | 23,10±0,00 | 22,73±0,09 |

Fonte: Próprio autor (2024). AT = Alcalinidade total; Temp. = Temperatura.

Em relação ao pH, observou-se que a aplicação da *Moringa oleifera* promoveu um leve aumento em comparação com os valores iniciais, enquanto os coagulantes inorgânicos, por sua vez, provocaram uma redução do pH do meio. Em estudo realizado por Ragio *et al.* (2019), que avaliou o comportamento do pH em diferentes concentrações de sulfato de alumínio aplicadas a efluentes de esgotos sanitários provenientes da saída de um reator UASB, verificou-se que o pH ficou variou entre 7,5 e 6,3, sendo que quanto maior a concentração do coagulante, menor o pH observado.

No presente estudo, embora tenha havido uma leve variação nos valores de pH, todos os resultados obtidos durante os ensaios, inclusive os do efluente bruto, permaneceram dentro da faixa de 5 a 9, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 430/2011 para o lançamento de efluentes com potencial poluidor em corpos hídricos (BRASIL, 2011). A alcalinidade total (AT) e a condutividade elétrica (CE) também apresentaram comportamentos distintos entre os coagulantes. O polífer manteve valores de AT mais elevados em comparação

ao sulfato de alumínio, enquanto a moringa mostrou variações menos pronunciadas. A CE foi mais elevada nos tratamentos com polífer, possivelmente devido à composição do coagulante, enquanto a moringa apresentou uma redução na CE em relação ao efluente inicial, sugerindo que o coagulante natural pode adsorver íons dissolvidos no efluente (**Tabela 1**).

A eficiência de remoção de cor aparente e turbidez aumentou proporcionalmente ao acréscimo nas concentrações de sulfato de alumínio e polífer, alcançando valores superiores a 86% e 92%, respectivamente (**Figura 3**). Esses resultados estão de acordo com os dados obtidos por Kuhne, Ceron e Machemer (2018), que observaram uma remoção de cor aparente em torno de 80% utilizando sulfato de alumínio no tratamento de esgoto sanitário.

No estudo de Alcântara e Afonso (2020), a aplicação de *Moringa oleifera* como coagulante no tratamento de esgoto sanitário resultou em taxas de remoção de turbidez variando entre 14,67% a 20,16%. Em contraste, o uso de sulfato de alumínio proporcionou uma remoção máxima de 89,31%. Por sua vez, Alves (2023) identificou um desempenho positivo da *Moringa oleifera* na remoção de turbidez ao longo do tempo de sedimentação. A eficiência aumentou de 21,81% em t_1 (3 minutos) para 72,22% ao final do processo, em t_4 (33 minutos). Já o sulfato de alumínio apresentou remoções de 10,65% em t_1 e 44,75% em t_4 , evidenciando a influência direta do tempo de sedimentação na eficiência do tratamento.

Destaca-se que o polífer apresentou desempenho ligeiramente superior ao sulfato de alumínio. Na dosagem de 150 mg L^{-1} , obteve-se resultados de cor e turbidez semelhantes aos alcançados com o sulfato de alumínio na dosagem de 160 mg L^{-1} (**Tabela 1**).

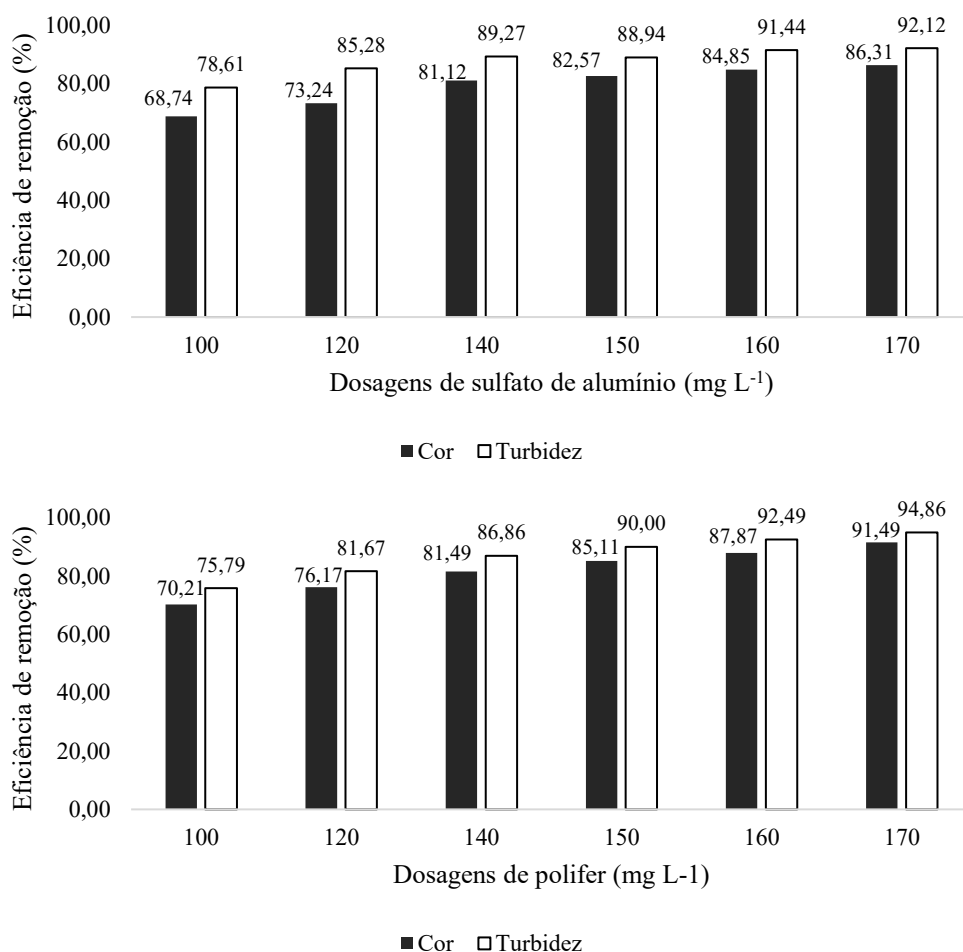


Figura 3: Efeito do gradiente de concentração dos coagulantes sulfato de alumínio e polífer na eficiência de remoção de cor e turbidez.

A *Moringa oleifera* Lam. apresentou melhor eficiência nas dosagens entre 1000 a 1400 mg L⁻¹, com remoções de cor e turbidez semelhantes. Entretanto, em concentrações iguais ou superiores a 1600 mg L⁻¹, a eficiência diminuiu, possivelmente devido ao fenômeno de reestabilização das partículas, evidenciado pelo aumento da turbidez que reflete na cor (**Tabela 1**). A dosagem ótima foi observada entre 1000 e 1200 mg L⁻¹, com eficiência de remoção de cor de 79% em ambas as dosagens, e de turbidez de 86% e 88%, respectivamente (**Figura 4**).

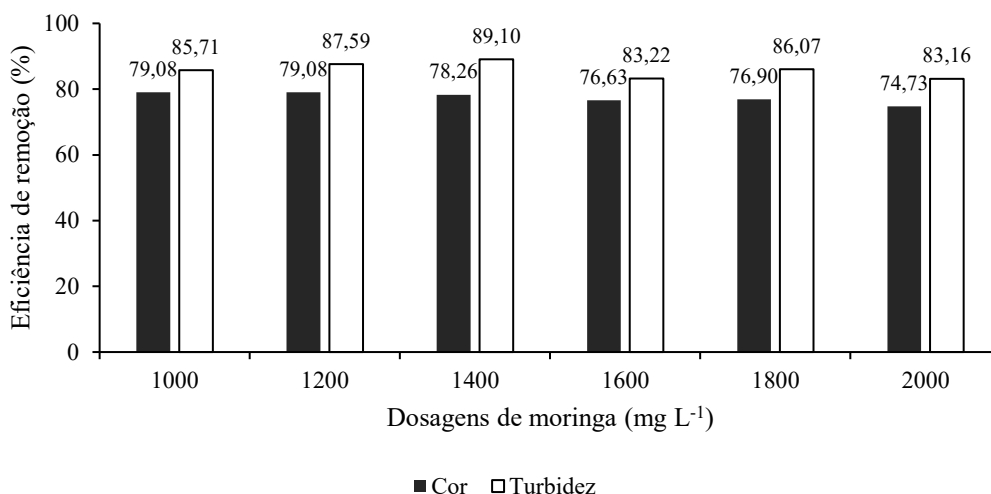


Figura 4: Efeito do gradiente de concentração do coagulante orgânico moringa na eficiência de remoção de cor e turbidez.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os coagulantes inorgânicos, particularmente o polímer, foram mais eficientes na remoção de cor e turbidez como já era esperado, especialmente em altas dosagens. Porém, a dosagem ótima do polímer foi menor que a do Sulfato de Alumínio, o que minimiza a possibilidade de residual de alumínio no efluente tratado. O polímer também proporcionou uma menor concentração de sais remanescentes na água, visto o menor aumento na condutividade elétrica dos efluentes comparados às do sulfato de alumínio. Por outro lado, a *Moringa oleifera* Lam. mostrou-se uma alternativa viável em condições específicas, oferecendo um potencial para tratamentos mais sustentáveis e com menor impacto ambiental, embora haja a necessidade de uso de maiores dosagens por se tratar de um polímero natural. Além disso, a moringa reduziu uma pequena quantidade de sais na água, visto a redução da condutividade elétrica.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRB, ao Instituto de Ciência, Inovação e Tecnologia do Estado da Bahia (INCITE) e ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da UFRB pelo incentivo às pesquisas que possibilitaram, também, a publicação desse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. F. *Moringa oleifera* e sulfato de alumínio aplicados como coagulantes ao esgoto sanitário – Análise do efluente tratado e do lodo residual. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Paraná, 2023.

ARAÚJO, G. M.; ALCÂNTARA, J. S. S.; AFONSO, B. N.. I-005 utilização de coagulantes naturais e não naturais na remoção de turbidez de efluentes de lagoa de estabilização. In: SILUBESA, 19., Pernambuco. ANAIS [...] Pernambuco: ABES, 22. p. 1 – 8. 2020

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 31 de maio de 2011.

FRANCO, C. S.; BATISTA, M. D. A.; OLIVEIRA, L. F. C.; KOHN, G. P.; FIA, R. Coagulação com semente de *Moringa oleifera* preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 4, p.781-788, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017145729>

HANAUER, T. V.; ANDERLE, G. A.; COSTA, J. C.; DOLINE, J. Aplicação de coagulantes químico e orgânico para o tratamento de efluente de abatedouro avícola. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 2, p. 480-493, 2019. <https://doi.org/10.5380/rber.v8i2.65661>

KATAYON, S.; NOOR, M. J. M. M.; ASMA, M.; GHANI, L. A. A.; THAMER, A. M.; AZNI, I.; AHMAD, J.; KHOR, B. C.; SULEYMAN, A. M. Effects of storage conditions of *Moringa oleifera* seeds on its performance in coagulation. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 13, p. 1455-1460, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.07.031>

KÜHNE, A. R.; CERON, L. P.; MACHEMER, P. C. Avaliação por teste de jarros na escolha de coagulante para tratamento de um efluente. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental: Meio Ambiente, Política & Economia, 11 ANAIS[...]. Porto Alegre, 2018.

LIMA, P. R.; ALMEIDA, I. V.; VICENTINI, V. E. P. Os diferentes tipos de coagulantes naturais para o tratamento de água: uma revisão. **Evidência**, v. 20, n. 1, p. 9-22, 2020. <https://doi.org/10.18593/evid.36923>

MADRONA, G. S. **Extração/purificação do composto ativo da semente da *Moringa oleifera* Lam. e sua utilização no tratamento de água para consumo humano**. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 176 f., 2010.

MARKETS; MARKETS. Flocculant and coagulant market by type (Flocculant (Anionic, Cationic), organic coagulant, and inorganic Coagulant), end-use industry (Municipal Water Treatment, Pulp & Paper, Textile, Oil & Gas, Mining), and region - Global Forecast to 2028. 2023. 202 p. Disponível em: https://www.researchandmarkets.com/reports/5894164/flocculant-and-coagulant-market-type-coagulant?srsId=AfmBOocpYclOPlqKNq_8c-WdS5oIIX0mgkyhtxcBS6xK0CVPt5gqRLx. Acesso em: jan. 2025.

MURAKAMI, M. F. **Resistência à quebra e recrescimento de aglomerados formados pela adição de tanino e *Moringa Oleifera* Lam. como alternativa de pós-tratamento de efluentes agropecuários codigeridos em reatores UASB**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Engenharia, Bauru, 129 f., 2021.

RAGIO, R. A.; MIYAZAKI, L. F.; OLIVEIRA, M. A.; SUBTIL, E. L.; COELHO, L. H. G.; BUENO, R. F. Pós-tratamento de efluente de reator UASB usando sulfato de alumínio e membranas de ultrafiltração: remoção de fósforo e matéria orgânica. In: Simpósio de Ciência e Tecnologia Ambiental: Desafios e Perspectivas, Santo André, 1., ANAIS[...]. Santo André, 2019. P. 74-80.

OLDONI, B.; STEFFENS, C.; DALLAGO, R. M.; STEFFENS, J. Uso de tanino como alternativa aos coagulantes químicos no tratamento de efluente de laticínio. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 10, n. 3, 2022.

SALEEM, M.; BACHMANN, R. T. A contemporary review on plant-based coagulants for applications in water treatment. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 72, p. 281-297, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2018.12.029>

SIQUEIRA, A. P. S.; SILVA, C. N.; REZENDE, L. C. S. H.; MILANI, R. G.; YAMAGUCHI, N. U. Análise da performance dos coagulantes naturais *Moringa oleifera* e tanino como alternativa ao sulfato de alumínio para o tratamento de água. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, p. 18-29, 2018. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2018A112

SOARES, E. J. S.; BARBOSA, M. G. N.; ANDRADE, T. C. S.; SANTOS, W. B.; SILVEIRA, T. N.; FERREIRA, W. B. Potencial de vegetais para produção de coagulantes visando aplicação no tratamento de água:



revisão sistemática. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.2, p.292-302, 2021.
<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.0027>