



I-005 UTILIZAÇÃO DE COAGULANTES NATURAIS E NÃO NATURAIS NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE EFLUENTES DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO

Germário Marcos Araújo⁽¹⁾

Doutor em Engenharia Civil/Saneamento Ambiental-UFC

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará-Campus Fortaleza

Juliana Sombra da Silva Alcântara

Tecnóloga em Saneamento Ambiental – IFCE campus Fortaleza

Bárbara Nunes Afonso

Discente do Curso Superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental – IFCE campus Fortaleza

Endereço⁽¹⁾: Rua Possidônio Bem, 95 – Lagoa Seca – Juazeiro do Norte - e-mail: germario@ifce.edu.br

RESUMO

O presente trabalho buscou realizar pós – tratamento de efluentes de lagoas de estabilização, utilizando um coagulante natural (*Moringa oleifera*) e um coagulante não natural (sulfato de alumínio), com intuito de analisar qual apresentaria maior remoção de turbidez e com qual concentração seria possível obter a melhor eficiência. Tendo conhecimento de que o uso da moringa como coagulante é mais viável economicamente e a planta tem fins medicinais e alimentício, diferentemente do sulfato de alumínio, procurou-se verificar se apresentaria melhores remoções de turbidez do que o coagulante químico. Para isso, foram realizados ensaios de jarro no “Jar – test” com diferentes concentrações de ambos coagulantes e analisados os parâmetros turbidez e pH. A moringa apresentou como melhor eficiência 20% de remoção de turbidez inicial a uma concentração de 3,0 g/L tendo pH 10 como ótimo. Para o sulfato de alumínio, o melhor desempenho foi 89% de remoção de turbidez inicial a uma concentração de 0,5 g/L, independente do pH. Os ensaios apontaram relação entre os valores de pH e a porcentagem de remoção com o uso da moringa. O estudo revelou que a moringa como coagulante natural na remoção de turbidez de efluentes de lagoas de estabilização apresentou-se ineficiente devido às baixas porcentagens de remoção quando comparada ao sulfato de alumínio como coagulante não natural.

PALAVRAS-CHAVE: Palavras-chaves: *Moringa oleifera*, sulfato de alumínio, turbidez, lagoas de estabilização.

INTRODUÇÃO

O Brasil é mundialmente conhecido pelo seu potencial hídrico e de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), estima-se que o país possua cerca de 12% da disponibilidade de água doce do planeta. Entretanto, a distribuição natural desse recurso não é equilibrada.

A região Norte, por exemplo, concentra o maior volume de água do país, aproximadamente 80% da quantidade de água disponível. Em contrapartida, representa apenas 5% da população brasileira. Já as regiões litorâneas possuem mais de 45% da população, porém, menos de 3% dos recursos hídricos do país (ANA, 2018).

Devido à má distribuição hídrica, a região Nordeste enfrenta constantemente extensos períodos de estiagem, ocasionadas pelas elevadas taxas de evaporação que excedem as taxas de precipitação (Silva, 2017).

No Sertão Cearense, os problemas relacionados à falta de água são constantes. Entre os fatores que contribuem para esse quadro hídrico negativo, Silva (2017) pontua: o clima quente, as altas temperaturas, falta de rios perenes, precipitações pouco frequentes, com má distribuição no tempo e no espaço. Por serem características típicas da região, viabiliza assim, a escassez desse recurso natural.

Peters (2006), relaciona a escassez da água com a poluição hídrica, o uso desordenado, o crescimento da demanda, os aglomerados urbanos e a industrialização. Estes fatores contribuem para o agravamento da escassez e fazem com que a água se torne a cada dia um bem mais raro e, consequentemente, mais precioso.

Dessa forma, Metcalf e Eddy (2003) afirmam que quando a água com a qualidade requerida para determinado uso torna-se um recurso escasso, são buscadas alternativas de suprimento ou repressão do consumo para que seja restabelecido o equilíbrio oferta/demandas desse recurso. O reuso de água é uma alternativa que, quando bem planejada, demonstra eficiência de suprimento.

No tratamento de efluentes, o método mais simples empregado são as lagoas de estabilização, tendo em vista seu baixo custo construtivo, operacional e facilidade na manutenção. Porém, apresenta como desvantagens a necessidade de grandes áreas para sua implantação e presença de algas no efluente final.

A utilização de lagoas como unidade final do sistema de tratamento objetiva dar polimento a qualquer tipo de efluente, seja em termos de remoção de patógenos e de nutrientes, ou mesmo para DQO (Andrade, 2005). No entanto, o autor acrescenta que esse tipo de tratamento gera efluentes com elevados teores de sólidos em suspensão que, consequentemente, resultam no aparecimento de cor, sabor e odor no corpo receptor.

Neste contexto, Ndabigengesere (1995) apresenta os coagulantes naturais como uma alternativa viável, destacando a semente da Moringa oleifera. Estudos laboratoriais com águas brutas com elevada turbidez têm mostrado que suas sementes possuem propriedades coagulantes efetivas e que elas não são tóxicas a humanos e animais.

As vantagens da Moringa oleifera comparada com os coagulantes químicos comumente utilizados, mencionadas por Ghebremichael (2004) são: baixo custo, ausência de problemas de corrosão, produz baixo volume de lodo e o lodo produzido é biodegradável. A principal desvantagem do uso da moringa na purificação da água é que a matéria orgânica originária das sementes é lançada na água durante o tratamento (Ndabigengesere; Narasiah, 1998).

Para coagulantes químicos, o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) representa um dos coagulantes inorgânicos mais utilizados no tratamento de águas, devido ao baixo custo e alto poder de eficiência. Entretanto, seu uso tem sido discutido devido ao fato de o alumínio remanescente em águas tratadas apresentar riscos à saúde visto que estudos relacionam com doenças neurológicas. Nesse sentido o presente trabalhou visou avaliar o uso da *Moringa oleifera* como coagulante natural e do sulfato de alumínio como coagulante não natural na remoção de turbidez de efluentes de lagoas de estabilização.

METODOLOGIA

O sistema de lagoas de estabilização em série que forneceu efluente para os ensaios de flocação, está localizado no bairro Passaré, no município de Fortaleza, CE. O Sistema de lagoas de estabilização Tupã Mirim, de propriedade da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), recebe contribuições de efluentes domésticos. A ETE é constituída por uma unidade de tratamento preliminar (TP) e após este TP há série de três lagoas, sendo a primeira da série a lagoa aerada facultativa, seguida por uma lagoa facultativa secundária e duas lagoas de maturação em série (Figura 1).



Figura 1 – Sistema de lagoas de estabilização da ETE Tupã-Mirim
Fonte: Silva (2013)

A coleta das amostras foi realizada no vertedouro da lagoa de maturação secundária, onde este representa o esfluente tratado pelo sistema de lagoas de estabilização. As amostras coletadas foram em bombonas de 5 litros previamente descontaminadas e encaminhadas ao Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) do IFCE – Campus Fortaleza, onde foram dispostas em um refrigerador estufa com temperatura regulada para preservar amostra.

As sementes de *Moringa oleifera* coletadas tiveram suas cascas removidas manualmente e foram trituradas em um liquidificador doméstico, conforme a Figura 2. Em seguida, foram peneiradas na peneira de malha 200 para a retirada de partículas maiores. O preparo da solução foi realizado no momento do ensaio, dessa forma as propriedades da semente foram preservadas.



Figura 2 – Sementes da *Moringa oleifera* antes e depois de trituradas

Inicialmente, as quantidades de moringa - variando de 0,1 g a 5,0 g - foram pesadas em uma balança analítica e adicionadas em 100 mL de água destilada. Em seguida, foram retirados 25 mL para a realização do ensaio de flocação/decantação no “Jar - test”, onde cada béquer continha 1 L do esfluente coletado (Figura 3). Para a



mistura rápida, foi utilizada velocidade de 200 rpm durante 01:30 minutos e para a mistura lenta, 10 rpm durante 10 minutos.

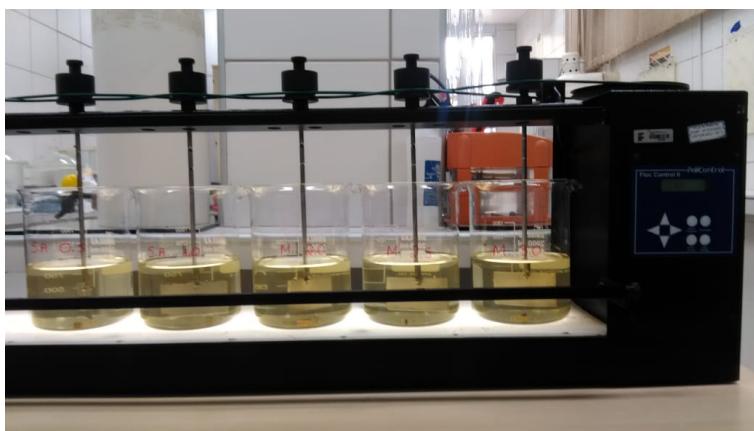


Figura 3 – Ensaio de jarros no “Jar – test”

Após a floculação, a solução passou pela etapa de sedimentação, sendo retirada uma amostra após 60 minutos, para obtenção dos valores de turbidez e pH. Posteriormente, os resultados obtidos foram comparados aos valores iniciais da amostra bruta.

As análises laboratoriais foram baseadas no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Para determinação da turbidez utilizou-se o método nefelométrico com auxílio de um turbidímetro e para determinação do pH empregou-se o método eletrométrico com auxílio de pHmetro.

O sulfato de alumínio foi pesado em uma balança analítica e adicionado em 100 mL de água destilada. Desta solução foram retirados 25 mL para os ensaios de jarro “Jar – test” e repetindo as mesmas velocidades do ensaio com a *Moringa oleifera*.

RESULTADOS OBTIDOS

Inicialmente, os ensaios tinham por objetivo determinar qual concentração do coagulante natural apresentaria remoção da turbidez inicial da amostra. Para isso, foram avaliados o pH inicial e o pH final com finalidade de analisar se ocorreria interferência na remoção. A turbidez inicial e a turbidez final também foram avaliadas para verificar a porcentagem de remoção. O cálculo da eficiência de remoção de turbidez foi realizado através da seguinte fórmula:

$$E = \frac{Ce - Cs}{Ce} \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

E: Eficiência de remoção (%);

Ce: Concentração na entrada;

Cs: Concentração na saída.

As concentrações determinadas para utilização da moringa como coagulante natural foram: 0,84 g/L; 0,96 g/L e 1,05 g/L. Para uso do sulfato de alumínio como coagulante não natural os melhores valores de remoção foram: 0,5 g/L e 1,0 g/L.

No primeiro ensaio utilizando os valores estabelecidos, apenas a concentração de 1,05 g/L apresentou remoção, enquanto as demais elevaram a turbidez (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados referentes ao primeiro ensaio utilizando *Moringa oleifera*

CONCENTRAÇÃO	PARÂMETROS
--------------	------------



DE MORINGA	pH INICIAL	pH FINAL	TURBIDEZ INICIAL (NTU)	TURBIDEZ FINAL (NTU)	REMOÇÃO TURBIDEZ (%)
0,84g	6,0	6,0	17,4	19,5	-
0,96g	6,0	6,0	17,4	18,9	-
1,05g	6,0	6,0	17,4	16,9	2,87

Na análise seguinte, o pH foi elevado de 6 para 9 adicionando-se 4 mL de hidróxido de sódio 0,1N (NaOH) com a finalidade de observar se haveria alguma relação entre o pH e a eficiência de remoção. Neste, a concentração de 0,96 g/L apresentou melhor desempenho e ocorreu redução do pH (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados referentes ao segundo ensaio utilizando Moringa oleifera

CONCENTRAÇÃO DE MORINGA	PARÂMETROS				
	pH INICIAL	pH FINAL	TURBIDEZ INICIAL (NTU)	TURBIDEZ FINAL (NTU)	REMOÇÃO TURBIDEZ (%)
0,84g	9,0	8,0	13,4	16,5	-
0,96g	9,0	8,0	13,4	11,4	14,93
1,05g	9,0	8,0	13,4	12,3	8,21

No terceiro ensaio, o pH foi elevado de 7 para 10. Todas as concentrações apresentaram remoção, porém, os valores de 0,84 g/L e 1,05 g/L apresentaram resultados iguais, cuja eficiência de remoção foi a melhor na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados referentes ao terceiro ensaio utilizando Moringa oleifera

CONCENTRAÇÃO DE MORINGA	PARÂMETROS				
	pH INICIAL	pH FINAL	TURBIDEZ INICIAL (NTU)	TURBIDEZ FINAL (NTU)	REMOÇÃO TURBIDEZ (%)
0,84g	10	10	6,9	4,5	34,78
0,96g	10	10	6,9	5,0	27,54
1,05g	10	10	6,9	4,5	34,78

Neste ensaio, passou-se a verificar a remoção de turbidez usando também um coagulante não natural, no caso, o sulfato de alumínio. As porcentagens de remoção foram superiores às porcentagens com o uso da moringa. A melhor concentração do sulfato de alumínio foi 0,5 g/L. Os resultados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados referentes ao ensaio utilizando sulfato de alumínio

CONCENTRAÇÃO DE SULFATO DE ALUMÍNIO	PARÂMETROS				
	pH INICIAL	pH FINAL	TURBIDEZ INICIAL (NTU)	TURBIDEZ FINAL (NTU)	REMOÇÃO TURBIDEZ (%)



0,5g	10	10	6,9	1,07	84,49
1,0g	10	10	6,9	1,28	81,45

No ensaio posterior, o pH foi elevado de 7 para 8. Todas as amostras apresentaram remoção, ressaltando-se a concentração de 1,05 g/L como a mais eficaz (Tabela 5).

Tabela 5 – Resultados referentes ao quarto ensaio utilizando *Moringa oleifera*

CONCENTRAÇÃO DE MORINGA	PARÂMETROS				
	pH INICIAL	pH FINAL	TURBIDEZ INICIAL (NTU)	TURBIDEZ FINAL (NTU)	REMOÇÃO TURBIDEZ (%)
0,84g	8,0	8,0	4,60	3,5	23,91
0,96g	8,0	8,0	4,60	3,5	23,91
1,05g	8,0	8,0	4,60	3,0	34,78

Quanto ao sulfato de alumínio, ambas concentrações apresentaram elevadas remoções, na qual a de 0,5 g/L mostrou-se como a mais efetiva como indicado na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados referentes ao ensaio utilizando sulfato de alumínio

CONCENTRAÇÃO DE SULFATO DE ALUMÍNIO	PARÂMETROS				
	pH INICIAL	pH FINAL	TURBIDEZ INICIAL (NTU)	TURBIDEZ FINAL (NTU)	REMOÇÃO TURBIDEZ (%)
0,5g	8,0	8,0	4,60	0,27	94,13
1,0g	8,0	8,0	4,60	1,82	60,43

A partir dos resultados obtidos nos ensaios de jarro “Jar – test”, foram calculadas médias referentes à remoção de turbidez, apresentadas na Tabela 7. Destas, a que apresentou uma melhor eficiência foi a concentração de 1,05 g/L apresentando uma remoção média aproximada de 20% e um pH igual a 10, considerado como ótimo.

Tabela 7 – Médias da remoção de turbidez utilizando *Moringa oleifera*

CONCENTRAÇÃO DE MORINGA	REMOÇÃO MÉDIA DE TURBIDEZ (%)
0,84 g/L	14,67
0,96 g/L	16,60
1,05 g/L	20,16

Fonte: Autores (2019)

Nos ensaios realizados com o sulfato de alumínio, a concentração de 0,5 g/L prevaleceu como a mais eficiente, apresentando uma remoção média aproximada de 89%, independentemente do valor do pH, conforme indicado na Tabela 8.

Tabela 8 – Médias da remoção de turbidez utilizando sulfato de alumínio

CONCENTRAÇÃO DE	REMOÇÃO MÉDIA DE
-----------------	------------------



SULFATO DE ALUMÍNIO	TURBIDEZ (%)
0,5 g/L	89,31
1,0 g/L	70,94

Fonte: Autores (2019)

Dessa forma, quando comparada a porcentagem de remoção de turbidez do coagulante natural e do coagulante não natural, o primeiro mostrou-se ineficiente, pois apresentou baixa remoção e em algumas análises contribuiu para a elevação da turbidez, o que prejudicou a qualidade final do efluente.

No artigo elaborado por Nishi *et al.* (2011) a utilização das sementes da *Moringa oleifera* em água de abastecimento apresentaram elevadas taxas de remoção, principalmente em águas com altas turbidez. A melhor taxa de remoção foi 97,4 % para uma turbidez inicial de 450 UNT. Nesse trabalho, foi observado que a moringa se apresenta mais eficiente na remoção de turbidez inicial de águas de abastecimento do que em efluentes, devido as diversas características físico-químicas desse meio.

Nas análises em que se elevou o pH, tornando o meio básico, ocorreram melhores remoções de turbidez. Entretanto, André *et al.* (2007) comprovaram em seu estudo que o desempenho do coagulante natural não estava relacionado ao pH inicial do efluente, mas sim às próprias características do esgoto.

Logo, verificou-se que a moringa não possui um valor ótimo de remoção, apresentando sempre variações relacionadas às características do meio em que atua.

CONCLUSÃO

O presente estudo apontou que a melhor concentração obtida da *Moringa oleifera* foi 1,05 g/L apontando quase 20% de remoção de turbidez. Em contrapartida, a melhor concentração do sulfato de alumínio foi 0,5 g/L apresentando 89% de remoção de turbidez. Com base nesses dados foi verificado que o sulfato de alumínio apresentou melhor porcentagem de remoção de turbidez.

É válido ressaltar que o melhor resultado da *Moringa oleifera* foi obtido por meio da manipulação do pH e mesmo assim não alcançou a porcentagem de eficiência satisfatória. Entretanto, o meio básico proporcionou melhora nas taxas de remoção do coagulante natural, demonstrando que haver ligação entre pH e eficiência.

De acordo com o estudo realizado, notou-se que a moringa como coagulante natural no pós-tratamento de efluentes de lagoas de estabilização é ineficiente devido às baixas taxas de remoção de turbidez quando comparada ao sulfato de alumínio como coagulante não natural. Isso se deve ao fato que o sulfato tem uma estrutura química mais estável do que a semente de *Moringa oleifera*, uma vez que planta pode ser encontrada em ruas e avenidas a mercê de fatores externos que possam comprometer a qualidade da semente e consequentemente a qualidade do coagulante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA. Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Informe 2016. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidadade-da-agua>> (Acesso em: 16 de dezembro de 2018).
2. ANDRADA, J. G. B. Utilização de Filtros Grosseiros para Remoção de Algas Presentes em Efluentes de Lagoas de Polimento. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
3. APHA - American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th ed. Washington, D.C., 2012.
4. GHEBREMICHAEL, K. A. *Moringa seed and pumice as alternative natural materials for drinking water treatment*. Stockholm: Department of Land and Water Resources Engineering, 2004.
5. METCALF & EDDY. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th ed. New York: Mc Graw Hill, 2003.

6. NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, S.; TALBOT, B. G. Active agents and mechanism of coagulation of turbidwaters using Moringa oleifera. *Water Research*, Cardiff, UK v. 29, n. 2, p. 703-710, 1995.
7. NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, S. Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds. *Water Research*, Cardiff, UK, v. 32, n. 3, p. 781-791, 1998.
8. NISHI, L.; MADRONA, G. S.; VIEIRA, A. M. S.; BASSETTI, F. J.; SILVA, G. F.; BERGAMASCO, R. Coagulação/Flocação com sementes de *Moringa oleifera* Lam para remoção de Cistos de *Giardia* spp. E Oocistos de *Cryptosporidium* spp. da água. 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo, 2011.
9. PETERS, M.R. Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006.
10. SILVA, A. P. F. S. Eletroflotação não-convencional aplicada à separação e ruptura celular de microalgas: um avanço na viabilidade da geração de biodiesel. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, 2013.
11. SILVA, M. E. R.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais. *Revista Tecnológica*, v. 28, n. 2, p. 178-190, 2007.
12. SILVA, E. M. F.; OLIVEIRA, G. F.; SILVA, B. T.; AMORIM, J. R. A escassez de água no Sertão Central Cearense: Políticas Públicas de Convívio com a Seca no Município de Quixeramobim-CE, p. 70-79. São Paulo: Blucher, 2017.