

Eixo Temático ET-02-018 - Saneamento Ambiental

USO DA *Moringa oleifera Lam.* COMO COAGULANTE ALTERNATIVO NO TRATAMENTO DE ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO

Amanda da Silva Barbosa Cartaxo¹, Valderi Duarte Leite²,
Maria Virgínia Conceição Albuquerque¹, Maria Célia Cavalcante de Paula e Silva¹,
Mailson Augusto Almeida Cartaxo³, Wilton Silva Lopes²

¹Bióloga, Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental - UEPB.

²Profs. Dr. Do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UEPB.

³Graduando Engenharia Civil- UFCG.

RESUMO

Nos últimos anos vêm ocorrendo um aumento na demanda por pesquisas referentes ao uso de coagulantes alternativos aos coagulantes químicos para o tratamento de água potável, visando à melhoria do processo e a ausência de metais na água. Considerando que a *Moringa Oleifera Lam.* vêm se destacando por seu alto poder de coagulação, o presente trabalho objetivou destacar a importância da *M. oleifera Lam.* como coagulante natural no tratamento de água. A pesquisa foi realizada nas principais bases de dados nacionais e internacionais disponíveis na internet (ScienceDirect, Web of Science, SciELO, PubMed e Scopus) e contempla trabalhos acadêmicos e livros-texto especializados publicados nos últimos anos. Os resultados mostraram que o coagulante natural a base de *M. Oleifera Lam.* apresentou elevada taxa de remoção de cor, turbidez e microrganismos. Como forma de minimizar os impactos negativos provocados pelos coagulantes químicos, os biocoagulantes ou coagulantes naturais emergem como uma tecnologia promissora no setor de saneamento ambiental, apresentando-se com um processamento fácil e prático, o que a torna uma solução viável para o tratamento de água, principalmente em regiões que não dispõem de água tratada.

Palavras-chave: Biocoagulante. Tratamento de água. *Moringa oleifera Lam.*

INTRODUÇÃO

No Brasil, o tratamento da água para fins de abastecimento envolve diferentes processos e operações de forma a adequar a água dos mananciais aos padrões de potabilidade exigido pelo Ministério da Saúde na Portaria de Consolidação nº 05/2017, anexo XX, a qual “dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (BRASIL, 2017).

As diversas operações unitárias combinadas de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) permitem a distribuição de grandes quantidades de água tratada e segura, do ponto de vista químico e microbiológico (CAMACHO et al., 2017). No entanto, contaminantes desconhecidos ou até então não quantificados, reflexos de mananciais poluídos pelas diversas atividades humanas, demonstraram a necessidade de adaptação dos sistemas produtores para acompanhar a dinâmica de geração e descarte de resíduos no meio ambiente, sobretudo nos corpos hídricos. A queda na qualidade da água bruta também impacta diretamente em maior consumo de produtos químicos e geração de resíduos ao final do processo de tratamento. Dentre os processos unitários, a coagulação destaca-se pela quantidade de produtos químicos utilizados para desestabilização de partículas coloidais presentes na água (JÚNIOR; ABREU, 2018).

O coagulante químico para tratamento de águas mais empregado no Brasil é o sulfato de alumínio, devido apresentar uma alta eficiência na remoção de sólidos e por ter um custo acessível. Um problema é a formação de flocos de alumínio, que quando depositados no solo, pode afetar a sanidade desse (ROSALINO, 2011). Segundo Oladoja et al., (2015), elevadas

concentrações de alumínio no meio ambiente podem ser causa de problemas à saúde humana, podendo acelerar o processo degenerativo do Mal de Alzheimer.

O uso de coagulantes de origem natural é uma alternativa promissora que vem sendo viável na substituição dos coagulantes químicos, especialmente em relação à biodegradabilidade e sustentabilidade, além de apresentar uma baixa toxicidade e baixa produção de lodo residual. Essa alternativa é um instrumento de grande importância, uma vez que, poderão também nortear as ações e propostas voltadas para a eficiente utilização dos recursos hídricos e melhoria nas formas de utilização da água em todos os seus aspectos, tanto sob os aspectos da quantidade como também da qualidade (PEREIRA et al., 2015; FRANCO et al., 2017; JÚNIOR; ABREU, 2018).

Uma árvore que apresenta características propícias para uso como coagulante é a *Moringa oleifera* Lam. Esta planta pertencente à família das Moringaceae, nativa da Índia e amplamente cultivada nos trópicos de todo o mundo. Dentre os diversos usos atribuídos a espécie (alimentício, medicinal, etc.) destaca-se também seu uso como coagulante para o tratamento de água para abastecimento (BALBINOTI et al., 2018). A moringa (*Moringa oleifera* Lam.) é uma planta bastante conhecida no Nordeste brasileiro, sobretudo na região do semiárido e seu uso para o tratamento de água já vem sendo empregado, apresentando resultados satisfatórios na remoção de cor, turbidez e microrganismos que possam estar presentes na água.

Diante do exposto, a presente pesquisa busca destacar a importância da *Moringa oleifera* Lam. como coagulante natural no tratamento de água. Essa alternativa é um instrumento de grande importância, uma vez que, poderão ser utilizadas principalmente por comunidades que não dispõem de água tratada, em especial na região zona rural do semiárido nordestino.

OBJETIVO

Analisar o uso da *Moringa oleifera* Lam. como coagulante alternativo ao tratamento de água destinada ao consumo humano.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica sobre a temática: Uso da *Moringa oleifera* Lam. como coagulante alternativo ao tratamento de água. A pesquisa foi realizada nas principais bases de dados nacionais e internacionais disponíveis na internet (ScienceDirect, Web of Science, SciELO, PubMed e Scopus) e contempla trabalhos acadêmicos e livros-texto especializados publicados nos últimos anos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coagulantes químicos

Coagulantes químicos são compostos, geralmente de ferro ou alumínio, que através da produção de hidróxidos gelatinosos, conseguem aglomerar as impurezas e produzir íons trivalentes de carga positiva que atraem e neutralizam as cargas negativas dos colóides (COVENTYA, 2012). De acordo com Metcalf; Eddy (2012) a desestabilização das partículas coloidais através do emprego de coagulantes faz com que o crescimento da partícula ocorra em consequência das colisões entre elas, por isso, a função do coagulante é reduzir as forças atrativas da suspensão coloidal para que a barreira de energia diminua e permita que as partículas se associem.

Dentre os coagulantes mais utilizados no tratamento de água, destacam-se os de sais metálicos que podem ser agrupados em duas categorias gerais: os coagulantes à base de alumínio e os coagulantes à base de ferro. Os coagulantes de alumínio incluem o sulfato de alumínio, cloreto de alumínio, aluminato de sódio, cloridrato de alumínio, policloreto de

alumínio (PACL), policloreto de alumínio com sulfato, policloreto de alumínio com silício, e formas de policloreto de alumínio com polímeros orgânicos (BRATBY, 2006).

Existem fatores comuns para todos os tipos de água bruta que influenciam a eficiência do processo de coagulação, sendo estes a quantidade de material particulado, a quantidade e natureza da matéria orgânica e as propriedades químicas e físicas da água. O conhecimento destes parâmetros é fundamental para estabelecer as condições de coagulação apropriadas. O tipo de coagulante, a sua dosagem e o pH são os principais condicionantes neste processo (ROSALINO, 2011).

Impactos ambientais provocados pelos coagulantes químicos

Possíveis impactos ambientais negativos são constantemente discutidos como consequências da utilização de coagulantes inorgânicos a base de alumínio e ferro. Os resíduos gerados nos processos de coagulação e floculação são ricos em hidróxidos metálicos não biodegradáveis. O lodo obtido ao final apresenta potencial toxicológico e necessita de tratamento e disposição ambiental correto, pois concentra diversos componentes orgânicos e inorgânicos, configurando-se como uma fonte de poluição secundária (SKORONSKI et al., 2016). Em contato com o ar e em altas temperaturas causa desequilíbrio do pH, com consequências de alteração na fauna local, além de deixar a água com características ácidas, acrescidas de íons cloreto e ferro. Quanto ao solo, o mesmo tem efeito de alteração do pH, ocasionando a queima da flora local devido sua condição ácida, pode-se destacar sua alta corrosividade e reação com substâncias alcalinas (BONGIOVANI et al., 2010).

Outra preocupação é o residual destes elementos na água tratada, sobretudo o alumínio, cerca de 11% de todo o alumínio presente naturalmente nas águas ou adicionado na forma de coagulante permanece como residual após o tratamento, sendo transportado pela rede de distribuição. Diversos estudos apontam para os malefícios da exposição humana a este metal, correlacionando-o com doenças neurodegenerativas como Parkinson e Doença de Alzheimer (COELHO; 2008; RONDEAU et al., 2008; BAKAR et al., 2010). Essa associação entre a presença de alumínio no cérebro, a neuroquímica e o mal de Alzheimer ainda está em investigação. Entretanto, devido ao fato de a presença de alumínio na água potável ser mais prontamente disponível para absorção biológica do que outras fontes, assumiu-se que esse metal teria efeito desproporcional sobre o mal de Alzheimer, quando consumido através de água potável (SILVA, et al., 2018).

Os possíveis impactos da exposição humana ao alumínio, bem como sua correlação com o residual presente na água potável e em alimentos são comumente discutidos na literatura. Encefalopatias, demência e distúrbios neurológicos são as principais manifestações fisiológicas observadas que indicam a neurotoxicidade crônica deste metal sobre o sistema nervoso (WALTON, 2013). Gauthier et al. (2000), concluíram haver possível relação entre o surgimento da Doença de Alzheimer e a exposição ao alumínio dissolvido na água. Rondeau et al. (2008), realizaram um estudo investigativo durante 15 anos pessoas expostas a dosagens de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ de alumínio na água de abastecimento e concluíram haver relação direta com o surgimento de casos de declínio cognitivo e demência.

Uma alternativa aos coagulantes químicos sintéticos, como sais de ferro e de alumínio que são amplamente utilizados no tratamento de água, são os coagulantes naturais. Também conhecidos como polieletrólitos, esses compostos apresentam grandes cadeias moleculares dotadas de sítios catiônicos que interagem com as cargas negativas das partículas coloidais, na maioria das vezes, pelo mecanismo de adsorção-neutralização e formação de pontes (THEODORO et al., 2013). Choy et al. (2014) apresentam diversas vantagens dos coagulantes naturais em relação aos coagulantes químicos como: i) maior segurança por não exigir a manipulação de produtos químicos; ii) ausência de efeitos tóxicos; iii) menor geração de lodo; iv) maior acessibilidade; v) menor consumo de alcalinidade; vi) ausência de efeito corrosível em tubulações e outros equipamentos. Dentre os coagulantes naturais a *Moringa oleifera* vêm apresentando resultados satisfatórios, devido seu alto poder de coagulação, fácil aplicação e disponibilidade.

Moringa oleifera

A *M. oleifera* é uma espécie perene, da família Moringaceae, originária do nordeste indiano, é composta apenas de um gênero, a *Moringa* e 14 espécies amplamente distribuídas na Índia, Egito, Filipinas, Paquistão entre outros países (KARADI et al., 2006). É uma árvore de caule grosso e alto, de até 10 metros, suas folhas são longas-pecioladas, bipinadas, folíolos obovais, cujo comprimento é de até 3 cm. As sementes são marrons escuras com três asas e aspecto de papel. A raiz principal é grossa, floresce e produz frutos e sementes durante todo o ano (SILVA; MATOS, 2008). Na Figura 1 é possível visualizar os detalhes das estruturas da *Moringa oleifera*.



Figura 1. Detalhes das estruturas vegetais de *Moringa oleifera*. **Fonte:** Coelho,

Estudos realizados utilizando semente e vagem de *Moringa oleifera* junto à filtração no tratamento de água evidenciam bons resultados. Entre eles a semente possui agentes coagulantes ajudando na remoção da turbidez, da cor e coliformes presentes na água. O extrato da semente, por conter uma proteína catiônica, age como agente clarificante no tratamento de água. A proteína é o composto mais abundante encontrado na semente, as quais desestabilizam as partículas contidas na água e por meio dos processos de neutralização e adsorção, floculam os colóides (BORGIO et al., 2016).

Para o processo de coagulação com a *Moringa oleifera*, primeiramente deve-se colher sementes maduras e secas. Em seguida, removem-se as vagens e as “asas” das sementes, deixando apenas a parte branca. Em sequência, as mesmas devem ser trituradas e socadas até obter-se uma farinha. Realizado tal procedimento, pode-se adicionar certa quantidade de água, proporcional a quantidade de semente. O pó da semente deve-se, junto com 5 mL de água, e em um recipiente separado, misturar-se até formar uma solução leitosa. Depois a mesma deve ser adicionada a certa quantidade de água proporcional a semente.

Os principais benefícios ambientais e operacionais obtidos com uso de *Moringa oleifera* como coagulante de águas incluem a não toxicidade das sementes, capacidade de remoção de microrganismos, incluindo *Escherichia coli*, inalteração do pH e condutividade elétrica da água tratada e geração de lodo biodegradável em volume 4 a 5 vezes menor quando comparado aos sais inorgânicos utilizados para a mesma finalidade.(FRANCO et al., 2017). As limitações envolvem a necessidade de preparo prévio do coagulante, aplicações posteriores de agentes desinfetantes para eliminação de microrganismos patogênicos residuais e presença de matéria orgânica e nutrientes a água tratada devido a presença de outras substâncias além de proteínas como carboidratos, lipídeos e outras substâncias orgânicas e inorgânicas que podem permanecer na água após o tratamento.

***Moringa oleifera* como agente coagulante**

Nos últimos anos, as pesquisas utilizando a *Moringa oleifera* como agente coagulante no tratamento de água aumentaram consideravelmente. Pereira et al. (2015) realizaram a aplicação da *Moringa oleifera* em amostras de água, para verificar a remoção de cor e turbidez,

como também, averiguar o comportamento do pH no decorrer das análises. Para tanto, preparou-se amostras com turbidez de 50, 100 e 150 unidades nefelométricas (uT) e utilizou-se em laboratório o ensaio com o equipamento Jar Test para diversos intervalos de tempo de coleta de amostras, visando realizar os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, simulando, desta forma, o que acontece numa estação de tratamento de água. Observou-se o comportamento do pH constante, não havendo grandes variações quando comparados aos valores da amostra inicial e após a aplicação do coagulante. Na remoção de turbidez, a solução de *M. oleifera* foi eficiente, reduzindo 77,56% este parâmetro. Para a cor também obteve-se resultados satisfatórios para ambos coagulantes, com remoção de 94,01%.

Camacho et al., (2017) avaliaram o impacto de sementes de *Moringa oleifera* (MO) e sementes de MO com uma quantidade reduzida de óleo como coagulantes no tratamento convencional da água para remover cianobactérias de diferentes águas superficiais naturais. Foram realizados testes para águas com turbidez inicial baixa (5-10 uT) e alta (30-60 UT) com e sem células de *Microcystis aeruginosa* e. foi extraído óleo de MO, utilizando etanol por uma técnica pressurizada. MO também foi extraído com NaCl. Os resultados mostram que a extração de óleo não é necessária quando se utiliza sementes de MO como coagulante na coagulação / floculação / sedimentação. As remoções de clorofila a e turbidez foram de até 85% para águas de alta turbidez, com 50 mg.L⁻¹ de MO obtido, para pó integral de MO e para todos os métodos de extração de MO utilizados. Portanto, para essas águas, pode ser utilizado pó integral (sem qualquer extração). Para águas de baixa turbidez e usando uma extração salina a 1 M do composto coagulante ativo, as remoções de clorofila a e turbidez foram de aproximadamente 60%. Também foi demonstrado que o MO é capaz de remover parte da matéria orgânica presente na água, a saber, matéria orgânica aromática, entre 40 e 50% quando se utiliza MO extraído com NaCl. No entanto, os resultados da matéria orgânica dissolvida mostraram um aumento independente do tipo de extração de MO utilizado.

Com o objetivo de identificar o melhor método de preparação de *Moringa oleifera*, o melhor tempo para sedimentação e a concentração ótima para diferentes valores de turbidez bruta, Franco et al., (2017) utilizaram concentrações de 100 a 500 mg L⁻¹, a semente foi descascada, triturada, peneirada e diluída (método 1); secada, triturada, peneirada, diluída e filtrada (método 2); triturada, peneirada, diluída e filtrada (método 3). Os ensaios de Jarrest foram realizados em triplicata para cada método, em águas com turbidez de 20, 40, 60, 80 e 100 uT e a cinética de sedimentação para 30, 60, 90 e 150 min. Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas na remoção de turbidez entre os métodos de preparo pelos testes F e t de Student. A adição de *Moringa oleifera* produziram eficiente remoção de turbidez em águas acima de 40 uT, mostrando-se como um ótimo coagulante, principalmente para águas com turbidez elevada.

Balbinoti et al., (2018) verificaram a aplicação de extrato salino (CaCl₂) de sementes de *Moringa oleifera* no tratamento de águas com baixa turbidez, usando flotação por ar dissolvido (FAD). A eficiência do processo foi determinada mediante os parâmetros cor, turbidez, pH e condutividade, os quais foram discriminados por Análise de Componentes Principais. Duas condições de turbidez (10 e 20 uT) foram utilizadas neste estudo, enquanto os ensaios de coagulação, floculação e FAD foram realizados com extratos salinos da semente nas dosagens de 10, 20, 30, 40 e 50 mg L⁻¹. Os resultados indicaram que houve remoção de turbidez (64,2 e 78,2%) e cor (77,6 e 72,4%) em águas com turbidez de 10 e 20 uT, respectivamente. A condutividade aumentou em função do maior acréscimo de coagulante, enquanto o pH não foi alterado de forma significativa. Concluiu-se que o uso do coagulante *Moringa oleifera* favoreceu a remoção dos parâmetros cor e turbidez, melhorando a qualidade da água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como forma de minimizar os impactos negativos provocados pelos coagulantes químicos, o uso do biocoagulante *Moringa oleifera* emerge como uma tecnologia promissora no

setor de saneamento ambiental, mostrando-se eficiente para o tratamento de água. Destaca-se por ser solúvel em água e apresentar baixo impacto ambiental, não é corrosivo e apresenta baixa toxicidade. Apresenta alta taxa de remoção de cor, turbidez e microrganismos. Devido sua eficiência é necessário a realização de pesquisas que visem à ampliação e possível adequação para a sua utilização em grande escala para o tratamento de água, devido aos benefícios que a utilização dessa alternativa pode trazer para a população, tanto em questões sociais como ambientais.

REFERÊNCIAS

BAKAR, C., KARAMAN, H. I., BABA, A., E SENGÜNALP, F. Effect of High Aluminum Concentration in Water Resources on Human Health, Case Study: Biga Peninsula, Northwest Part of Turkey. **Arch Environ Contam Toxicol.**, 2010.

BALBINOTI, J.R.; BEGHETTO, C.L.; SILVA, L.A.; CORAL, L.A.; BASSETTI, F.J. Uso de sementes de *Moringa oleifera* como agente coagulante para o tratamento de água. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 5, p. 1748-1760, 2018.

BONGIOVANI, M. C.; KONRADT-MORAES, L. C.; BERGAMASCO, R.; LOURENÇO, B. S. S.; TAVARES, C. R. G. Os benefícios da utilização de coagulantes naturais para a obtenção de água potável. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 2, p. 167-170, 2010.

BORGO C. Tratamento de água com semente de *Moringa oleifera*. Blucher Proceedings - V Semana de Engenharia QUÍMICA UFES. Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria de Consolidação nº 05/2017**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União, 2017.

BRATBY, J. **Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment**. Reino Unido: IWA Publishing, 2006.

CAMACHO, F. P.; SOUSA, V. S.; BERGAMASCO, R.; TEIXEIRA, M. R. The use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in surface water treatment. **Chemical Engineering Journal**, 2017.

CHOY, S. Y. A review on common vegetables and legumes as promising plant-based natural coagulants in water clarification. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 12, n. 1, p. 367-390, 2013.

COELHO, S. D. Estudo de potenciais efeitos na saúde pública resultantes da utilização de produtos químicos no tratamento de águas de abastecimento. FCT - UNL, 64-65. 2008.

COVENTYA Química Ltda. WaterCare: Coagulação e Floculação. Diadema, São Paulo, 2012.

FRANCO, C. S.; BATISTA, M. D. A.; OLIVEIRA, L. F.; 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**, 2017.

JÚNIOR, R. N.; ABREU, F. O. M. S. Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas: Uma Revisão sobre Benefícios e Potencialidade. **Rev. Virtual Quim.**, 2018.

KARADI, R.V.; Gadge, N. B.; Alagawadi, K. R.; Savadi, R. V. Effect of *Moringa oleifera* Lam. root-wood on ethylene glycol induced urolithiasis in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 105, p. 306-311, 2006.

METCALF & EDDY. Inc. **Wastewater Engineering treatment Disposal Reuse**. 6. ed. New York, McGraw - Hill Book, 2012.

OLADOJA, N. A. Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations. **Journal of Water Process Engineering**, 2015.

PEREIRA, E.R.; FRANCISCO, A.A.; THEODORO, J.T.D.; BERGAMASCO. R.; FIDELIS. R. Comparação entre a aplicação do coagulante natural *Moringa oleifera* e do coagulante químico sulfato de alumínio no tratamento de água com diferentes níveis de turbidez. **Enciclopédia da Biosfera**, v. 11 n. 21, 2015.

RONDEAU, V.; JACQMIN-GADDA, H.; COMMENGES, D.; HELMER, C.; DARTIGUES, J. F. Aluminium and silica in drinking water and the risk of Alzheimer's disease or cognitive decline: findings from 15-year follow-up of the PAQUID cohort. **American Journal of Epidemiology**, 2008.

ROSALINO, M.R.R. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano**. Dissertação. Faculdade de Ciência e Tecnologia. 2011.

SILVA, F. J. A., MATOS, J. E. X. Sobre dispersões de *Moringa oleifera* para tratamento de água. **Revista Tecnologia**, v. 29, n. 2, p. 157-163, 2008.

SILVA, G.F. **Potencialidades da *Moringa oleifera* Lam**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2018. v. 4.

SKORONSKI, E.; NIERO, B.; FERNANDES, M.; ALVES. M.V. Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC. **Rev. Ambient. Água**, v. 9, n. 4, 2014.

THEODORO, J. D. P. et al. Coagulants and Natural Polymers: Perspectives for the Treatment of Water. **Plastic and Polymer Technology**, v. 2, n. 3, p. 55-62, 2013.

WALTON, J.R. Aluminum's involvement in the progression of Alzheimer's disease. **Journal of Alzheimer's Disease**, 2013.