

# Tratamento de água utilizando extrato de sementes de *Moringa oleifera*: Uma revisão integrativa

Water treatment using *Moringa oleifera* seed extract: An integrative review

Tratamiento de agua con extracto de semilla de *Moringa oleifera*: Una revisión integradora

Recebido: 18/01/2022 | Revisado: 24/01/2022 | Aceito: 28/01/2022 | Publicado: 29/01/2022

**Maria Thalillian Santos Figueiredo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2374-0872>

Universidade Estadual de Alagoas, Brasil

E-mail: [mtsfigueiredo9@hotmail.com](mailto:mtsfigueiredo9@hotmail.com)

**Claudimary Bispo dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0006-3389>

Universidade Estadual de Alagoas, Brasil

E-mail: [claudimarybs@hotmail.com](mailto:claudimarybs@hotmail.com)

**Maria Hilma dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8592-6977>

Universidade Estadual de Alagoas, Brasil

E-mail: [hilma2050@gmail.com](mailto:hilma2050@gmail.com)

**Dayane Kelly da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2059-3467>

Universidade Estadual de Alagoas, Brasil

E-mail: [dayane.k.17@outlook.com](mailto:dayane.k.17@outlook.com)

**Thaisy Lúcia Ribeiro Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1722-8960>

Universidade Estadual de Alagoas, Brasil

E-mail: [thayoliveira\\_15@hotmail.com](mailto:thayoliveira_15@hotmail.com)

## Resumo

O uso de coagulantes de origem natural e orgânico no tratamento de água é uma alternativa ecológica viável na substituição dos coagulantes químicos. Um dos exemplos de coagulante natural é a semente da planta *Moringa oleifera*, cuja aplicação em pesquisas, testes e análises vem conquistando espaço. O extrato da semente, por conter uma proteína catiônica, age como agente clarificante no tratamento de água. O presente trabalho teve como objetivo evidenciar o uso da *Moringa oleifera* como coagulante e floculante natural, no tratamento de água, através de um estudo de revisão integrativa. Foi realizado um levantamento bibliográfico nas bases de dados SciElo e Google acadêmico e selecionados 10 (dez) artigos correspondentes ao objetivo do estudo. Com base nos estudos analisados, a literatura confirma que as sementes de *Moringa oleifera* são eficazes no tratamento de água, com enfoque na redução dos parâmetros físico-químicos (turbidez e cor) e microbiológicos; e sem alteração significativa no pH. Portanto, a aplicação do coagulante natural no tratamento de água é uma alternativa economicamente viável e ambientalmente sustentável.

**Palavras-chave:** Coagulante natural; Físico-químicos; Microbiológicos.

## Abstract

The use of coagulants of natural origin in water treatment is an ecological alternative that has been viable in the replacement of chemical coagulants. One of the examples of a natural coagulant is the seed of the *Moringa oleifera* plant, whose application in research, testing and analysis has been gaining ground. The seed extract, as it contains a cationic protein, acts as a clarifying agent in water treatment. The present work aimed to highlight the use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant and flocculant in water treatment, through an integrative review study. A bibliographic survey was carried out in the SciElo and Google academic databases and 10 (ten) articles were selected corresponding to the objective of the study. Based on the studies analyzed, the literature confirms that *Moringa oleifera* seeds are effective in water treatment, focusing on the reduction of physical-chemical (turbidity and color) and microbiological parameters, and without significant change in pH. Therefore, the application of natural coagulant in water treatment is an economically viable and environmentally sustainable alternative.

**Keywords:** Natural coagulant; Physico-chemicals; Microbiological.

## Resumen

El uso de coagulantes naturales y orgánicos en el tratamiento del agua es una alternativa ecológica viable para reemplazar los coagulantes químicos. Uno de los ejemplos de coagulante natural es la semilla de la planta *Moringa oleifera*, cuya aplicación en investigación, ensayo y análisis ha ido ganando terreno. El extracto de semilla, al contener una proteína catiónica, actúa como agente clarificante en el tratamiento de aguas. El presente trabajo tuvo como objetivo

destacar el uso de *Moringa oleifera* como coagulante y floculante natural en el tratamiento de aguas, a través de un estudio de revisión integradora. Se realizó un levantamiento bibliográfico en las bases de datos académicas SciELO y Google y se seleccionaron 10 (diez) artículos correspondientes al objetivo del estudio. Con base en los estudios analizados, la literatura confirma que las semillas de *Moringa oleifera* son efectivas en el tratamiento de aguas, enfocándose en la reducción de parámetros físico-químicos (turbidez y color) y microbiológicos; y sin cambios significativos en el pH. Por lo tanto, la aplicación de coagulantes naturales en el tratamiento del agua es una alternativa económicamente viable y ambientalmente sostenible.

**Palabras clave:** Coagulante natural; Físicoquímicos; Microbiológico.

## 1. 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 nº 2914, de dezembro de 2011, consolidada pela portaria nº 5, de 28 de setembro de 2017, que “dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”, cujo anexo XX foi alterado recentemente pela Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 (Ministério da Saúde, 2011, 2017, 2021).

A realidade de países emergentes, como o Brasil, gera situações em que muitos habitantes captam e consomem águas superficiais sem tratamento, que podem estar contaminadas pelas ações antrópicas irregulares, colocando as pessoas em risco, decorrente de doenças de veiculação hídrica (Ribeiro & Rooke, 2010). Dessa forma, é preciso extrair a maior parte possível de contaminantes antes do seu consumo. O tratamento convencional ocorre nas estações de tratamento de água (ETA), através das seguintes etapas: coagulação, floculação, sedimentação, flotação e filtração (Achon et al., 2013).

A etapa do processo de purificação da água considerada mais crítica dentro de uma ETA é a coagulação, devido à adição de coagulantes químicos. 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) e Silva et al. (2020) elevadas concentrações de metais e em especial o alumínio, no meio ambiente, possibilita a formação de doenças neurodegenerativas, tais como, Parkinson e Alzheimer.

As maiores desvantagens do uso de coagulantes químicos são os impactos ambientais gerados, os volumes de lodo produzidos, com concentrações de íons metálicos, inorgânicos, não biodegradáveis e tóxicos, além da destinação dos resíduos descartados na etapa final do processo, necessitando de um tratamento posterior secundário, elevando assim, o custo do processo (Silva et al., 2020).

Assim, o uso de coagulante naturais de origem vegetal, como a espécie *Moringa oleifera* (MO), popularmente conhecida como moringa, tem sido considerada uma alternativa ecológica 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 (Siqueira, 2009). Além disso, a falta de água no semiárido nordestino brasileiro, devido às irregularidades das chuvas, causando longos períodos de secas, tem feito com que os profissionais busquem por alternativas de tornar a escassez algo reversível e alternativo, reaproveitando a água de modo mais eficiente, econômico, sustentável, viável e acessível (Pinto & Hermes, 2006).

A *Moringa oleifera* pertencente à família Moringaceae é nativa da Índia e amplamente cultivada nos trópicos de todo o mundo (MADRONA, 2010). Contém suas partes vegetais com alto valor nutricional. Suas folhas possuem uma riqueza de compostos bioativos, principalmente polifenóis (ácidos fenólicos e flavonoides) e quatro isotiocianatos, com fortes atividades biológicas. Esta planta é amplamente utilizada como erva nutricional (rica em vitaminas A e C e proteínas do leite) e possui efeitos antiasmático, antidiabético, hepatoprotetor, antiinflamatório, anticâncer, antioxidante, cardiovascular, antiúlcera, antialérgico, cicatrizante, analgésico e antimicrobiano (Waterman et al., 2015; Paikra et al., 2017; Bhattacharya et al., 2018).

Pesquisas feitas utilizando sementes de MO ligada à filtração no tratamento de água demonstram bons resultados, uma

vez que a semente possui agentes coagulantes atuando na remoção da turbidez, da cor e coliformes presentes na água. Estas pesquisas relatam a presença de uma proteína catiônica que age como agente clarificante no tratamento de água. Ela é o composto mais abundante encontrado na semente, que desestabilizam as partículas presentes na água e por meio dos processos de neutralização e adsorção, floculam os coloides (MADRONA, 2010; Borgo et al., 2016; Baptista et al., 2017). Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo evidenciar o uso da *Moringa oleifera* como coagulante e floculante natural, no tratamento de água, através de um estudo de revisão integrativa.

## 2. Metodologia

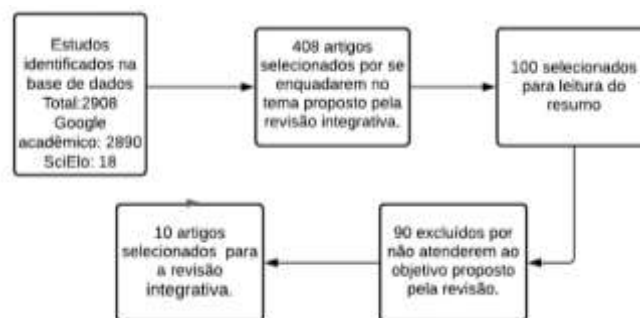
Trata-se de um estudo de revisão integrativa, por meio de um levantamento bibliográfico, nas bases de dados Scientific Eletronic Library On-line (SciElo) e Google acadêmico que foram selecionadas por ser uma base de dados comumente utilizada pelos estudantes e pela variedade de artigos encontrados, respectivamente. Este tipo de revisão é um método minucioso que proporciona a síntese de conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática, bem como, a produção dos resultados encontrados na pesquisa de forma sistemática (Souza et al., 2010; Silva et al., 2021).

A busca foi realizada no período de janeiro de 2020 a julho de 2021, utilizando-se os descritores cruzados entre si, por meio dos operadores booleanos. Os artigos foram selecionados de acordo com os critérios de inclusão: possuir disponibilidade gratuita do arquivo completo em português e intervalo de tempo de 2010 a 2021. Eram excluídos os que possuíam metodologias indefinidas e artigos incompletos. Foram definidos como descritores os termos “*Moringa oleifera*” e “tratamento de água”. Estes termos foram associados utilizando o operador booleano “AND”.

## 3. Resultados e Discussão

A partir dos descritores foram localizados (2890) artigos no Google acadêmico e (18) na SciElo. os quais foram selecionados com critérios (exclusão e inclusão) e organizados para melhor entendimento, através do fluxograma (Figura 1).

**Figura 1.** Fluxograma de identificação e seleção dos artigos sobre o tratamento de água usando *Moringa oleifera* (MO).



Fonte: Autores (2021).

A Tabela 1 mostra os dez (10) artigos selecionados, cujos objetivos foram comuns em testar a eficiência da semente de MO como agente coagulante, no tratamento de água de diferentes origens. Os processos para verificação da eficiência desse vegetal variaram de acordo com o elemento constituinte, semente com ou sem casca e em extratos com ou sem salinidade. Os artigos objetivaram analisar tanto parâmetros físico-químicos (turbidez, cor aparente, pH), como também parâmetros microbiológicos (remoção de cianobactérias, coliformes totais e coliformes fecais). Com relação à turbidez foram utilizados valores que variaram de 10uT até 550uT.

Quanto a origem da água, foi obtida diretamente de mananciais (rios), Arantes et al. (2015); Balbitoni et al. (2018); Moreti et al. (2013) e Michelan et al. (2021); águas de reservatório, de canal e residuais de fontes variadas, Lo Monaco et al. (2010); Nunes et al. (2014); Araújo et al. (2020); Roveli et al. (2021) e águas em ensaios laboratoriais, Camacho et al. (2015) e Muniz et al. (2015).

**Tabela 1:** Relação dos dez (10) artigos selecionados com a descrição dos objetivos e a origem da água.

| Objetivo  | Origem da água   | Referência               |
|---|--|--------------------------|
| Comparar o método convencional de utilização do coagulante à base de sementes de <i>Moringa oleifera</i> com o uso de sachês na redução de turbidez e cor aparente da água para consumo humano.   | Água bruta com turbidez de 60,0 uT e partículas com tamanho < 12 µm.   | (Arantes et al., 2015)   |
| Avaliar a eficiência da <i>Moringa oleifera</i> Lam como coagulante natural na remoção das células de cianobactéria.  | Água deionizada contaminada com cultura da espécie <i>Microcystis protocystis</i> na ordem de 10 <sup>6</sup> à 10 <sup>7</sup> cel·mL <sup>-1</sup> . | (Camacho et al., 2015)   |
| Avaliar a eficiência do extrato de sementes de moringa, na remoção de turbidez e coliformes de esgoto doméstico, de suinocultura e na água a ser utilizada para abastecimento público.  | Água superficial do reservatório do Ribeirão São Bartolomeu; água residuária da suinocultura; e esgoto doméstico bruto do Bairro Acamari, Viçosa-MG.   | (Lo Monaco et al., 2010) |
| Verificar a aplicação de extrato salino (CaCl <sub>2</sub> ) de sementes de <i>Moringa oleifera</i> no tratamento de águas com baixa turbidez, usando flotação por ar dissolvido (FAD).   | Manancial localizado na região metropolitana de Curitiba/PR.   | (Balbitoni et al., 2018) |
| Avaliar a possibilidade de utilização das sementes de moringa para purificação de água.   | Água do Canal São Gonçalo, Pelotas/RS; e águas servidas (residuais) da rede de distribuição municipal.   | (Nunes et al., 2014)     |
| Avaliar a eficiência da <i>Moringa oleifera</i> como coagulante no tratamento de efluente de usina de concreto.   | Água residual de uma usina de concreto da região metropolitana de Fortaleza  | (Araujo et al., 2020)    |
| Realizar um estudo das etapas coagulação, floculação e sedimentação para o tratamento de efluente têxtil de uma lavanderia industrial utilizando o extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> .                                       | Tanque de estabilização de uma lavanderia industrial em Astorga/PR   | (Roveli et al., 2021)    |
| Avaliar a eficiência de sementes de <i>Moringa oleifera</i> utilizadas com casca e sem casca na remoção da turbidez de águas com diferentes níveis de turbidez.   | Amostras de água com níveis de turbidez obtidos sinteticamente com 70, 250 e 400uT inicial.  | (Muniz et al., 2015)     |
| Avaliar a utilização de processos combinados de coagulação/floculação/sedimentação, utilizando a <i>Moringa oleifera</i> Lam como coagulante, seguido de ultrafiltração, visando assim obter uma água dentro dos padrões de potabilidade. | Água bruta com turbidez na faixa de 150 à 550 uT proveniente do Rio Pirapó.  | (Moreti et al., 2013)    |
| Avaliar a eficiência dos processos de tratamento convencional de água, por meio do coagulante natural <i>Moringa oleifera lam</i> , com e sem casca.  | Água bruta captada do Rio Poxim, Aracaju, SE.  | (Michelan et al., 2021)  |

Fonte: Autores (2021).

A Tabela 2 apresenta as metodologias utilizadas em diferentes dosagens do extrato da semente de MO e seus resultados encontrados na remoção de turbidez e cor; e mudança de pH. A remoção foi demonstrada em percentual, em intervalo de menor a maior eficiência.

**Tabela 2:** Eficiência de remoção da turbidez e da cor e mudança de pH, através de diferentes dosagens do agente coagulante.

| Referência               | Dosagem do coagulante   | Eficiência de remoção                             |                                      |           |
|--------------------------|---|---|--------------------------------------|-----------|
|                          |   | Turbidez  | Cor                                  | pH        |
| (Arantes et al., 2015)   | coag. líquido: 10 mL/L <sup>-1</sup> a 20 g L <sup>-1</sup> sachê com 0,8g de pó de semente                               | <b>cl:</b> 58-63<br><b>s:</b> 82-86               | -<br><b>s:</b> 81-84                 | -<br>-    |
| (Camacho et al., 2015)   | 1g de semente de moringa + 100 ml de solução salina NaCl a 1M.  | 81,1- 91,1  | 86,3-94,1                            | -         |
| (Lo Monaco et al., 2010) | 0,02; 0,04; 0,06; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,2 g de sementes trituradas/L de água.                                  | <b>aa:</b> 98<br><b>ed:</b> 35,3<br><b>ars:</b> 0 | -                                    | 4,5       |
| (Balbitoni et al., 2018) | extratos salinos da semente nas dosagens de 10, 20, 30, 40 e 50 mg L <sup>-1</sup> .                                      | <b>t1:</b> 64,2<br><b>t2:</b> 78,2                | <b>t1:</b> 77,6<br><b>t2:</b> 72,4   | <b>SA</b> |
| (Nunes et al., 2014)     | 0,04 g.L <sup>-1</sup> , 0,08 g.L <sup>-1</sup> e 0,12 g.L <sup>-1</sup>  | <b>ac:</b> 60,1<br><b>as:</b> 0                   | <b>ac:</b> 80,77<br><b>as:</b> 0     | -         |
| (Araujo et al., 2020)    | 1,0 a 5,0g de pó da semente adicionado em 0,1 L de água destilada   | 92,97   | -                                    | <b>SA</b> |
| (Roveli et al., 2021)    | 5,4g de NaCl diluído em 100 mL de água destilada + 10g de semente de moringa. Concentrações do extrato: 0,1, 0,5 e 1 g/L. | 90,0  | 89,0                                 | <b>SA</b> |
| (Muniz et al., 2015)     | 250 e 500 mg de pó de sementes de moringa por litro de água turva.  | 89,5-98,7   | -                                    | -         |
| (Moreti et al., 2013)    | 1g das sementes de moringa em 100 ml de solução salina de KCl ou NaCl a 1M  | 99,69   | 100                                  | <b>SA</b> |
| (Michelan et al., 2021)  | 100, 200, 300 e 400 mg. L <sup>-1</sup> .   | <b>msc:</b> 90,9<br><b>mcc:</b> 92,7              | <b>msc:</b> 87,4<br><b>mcc:</b> 90,6 | <b>SA</b> |

**SA** = Sem Alteração; **s**= sachê; **cl**= coagulante líquido; **aa**= água de abastecimento; **ed**= esgoto doméstico; **ars**= água residuária da suinocultura; **t1**= turbidez 1; **t2**= turbidez 2; **ac**= água do canal; **as**= água servida; **msc**= moringa sem casca; **mcc**= moringa com casca.  
Fonte: Autores (2021).

No presente estudo, os resultados contidos na literatura apontam eficiência na utilização do coagulante orgânico MO para a redução de parâmetros que são exigidos nas ETA's, com o intuito de adequar a água aos padrões de potabilidade explícitos na legislação vigente. Dentre esses parâmetros estão a turbidez, cor e pH utilizados pela facilidade na obtenção do resultado e por apresentarem procedimentos analíticos de baixo custo, sendo estes considerados três dos parâmetros operacionais nas estações de tratamento. Porém, é importante destacar que dentre estes estudos ocorreram variações de acordo com os diversos tipos de águas e com utilização de distintas concentrações do agente coagulante.

Observa-se nestes estudos que independente da metodologia utilizada, o uso da MO como coagulante não altera significativamente o pH da água, indicando que ele não acidifica a água tratada. Michelan et al. (2021) mostram ainda que as

sementes secas usadas com casca ou sem casca são eficazes na remoção de turbidez e cor. Quando se utilizou apenas o pó da moringa adicionado à água a ser tratada obteve-se remoção de turbidez (98,7%) com o tempo de sedimentação de 120 min, na dosagem de 500 mg L<sup>-1</sup> de sementes com casca (Muniz et al., 2015). Neste caso, quanto maior a dosagem da semente de MO, melhor a eficiência da remoção. Além disso, Muniz et al. (2015) confirmaram a partir de seus experimentos que o uso do extrato de sementes com casca foi mais eficiente na remoção da turbidez do que os tratamentos nos quais foram utilizadas sementes sem casca. Apresentando uma taxa de remoção de 98,73% para sementes com casca e 95,70% para sementes sem casca na dosagem de 500mg L<sup>-1</sup> com o tempo de sedimentação de 120 min em água com turbidez inicial de 70 UNT.

Dentre as diferentes formas de obtenção do coagulante líquido, o que foi preparado a partir do pó da moringa adicionado à solução salina de KCl ou NaCl a 1M (1 Mol) em processo combinado (coagulação/floculação/sedimentação/ultrafiltração) teve um melhor resultado na remoção dos parâmetros turbidez com valor médio (99,69%) e cor aparente (100%) independente da turbidez inicial de 150 uT a 550 uT. Os autores Moreti et al. (2013) concluíram que a utilização das sementes da moringa mostrou-se eficiente. Porém, para que os parâmetros físico-químicos analisados estivessem dentro dos limites exigidos pela Portaria nº2914/MS, foi necessário a utilização da etapa de ultrafiltração.

Abrangendo a aplicabilidade da MO associada a sais, Camacho et al. (2015) confirmaram a remoção de turbidez de 91,1% e de cor aparente de 94,1%; Balbitoni et al. (2018) verificaram que mesmo em dosagens baixas da semente (10 a 50 mg L<sup>-1</sup>) obtiveram a remoção da turbidez entre 64,2% a 78,2% e da cor entre 72,4% a 77,6%; e Raveli et al. (2021) obtiveram um melhor resultado em maiores concentrações do extrato da semente em meio salino, cuja remoção da turbidez foi de 90,0% e da cor 89,0%.

Segundo Prasad (2009) a atividade coagulante do extrato de moringa aumenta com o aumento da força iônica da solução extratora o que, conseqüentemente, causa o aumento da solubilidade dos componentes ativos. Dessa forma, o sal aumenta a dissociação proteína-proteína, aumentando a solubilidade da proteína à medida que a força iônica do sal aumenta. O componente ativo do extrato preparado utilizando sais é, principalmente, proteína. Madrona et al. (2010) relatam que a extração de MO em solução salina apresenta maior durabilidade de armazenamento, além de melhorar a eficiência da proteína presente e influenciar na remoção de cor e turbidez.

Arantes et al. (2015) ao compararem duas formas de aplicação de coagulante extraído de sementes MO, considerando todo o sistema de filtração, o uso dos sachês resultou em melhor percentuais de redução de turbidez e cor aparente, além de que seu preparo não requer o uso de água, condição que favorece sua aplicação em regiões em que há escassez de água. Em tratamento de água de efluente de usina de concreto, os autores Araújo et al. (2020), após realizarem ensaios em triplicata, a MO na concentração de 5,0 g diluída em 0,1 L de água destilada foi capaz de reduzir a turbidez em 92,97%. Por outro lado, não foi possível verificar alterações consideráveis no pH, permanecendo valores na faixa de 11,31.

Para o tratamento de água residuária da suinocultura, água servida e de esgoto, o agente coagulante MO apresentou uma menor eficiência no processo de coagulação, provavelmente, devido a presença de maior concentração de solutos, acarretando em uma menor remoção nos parâmetros turbidez e cor avaliados (Lo Monaco et al., 2010; Nunes et al., 2014). De acordo com Rodrigues (2019), o reuso de águas residuárias provenientes de máquina de lavar e de outras atividades é viável, após o tratamento por meio da associação das soluções de sulfato de alumínio e sementes de MO, desde que sejam adicionadas as etapas de filtração, para a redução no teor de sólidos dissolvidos totais, e de cloração.

Dentre os trabalhos selecionados, três (03) deles testaram se o agente coagulante MO no tratamento de água seriam eficientes na remoção de coliformes totais (CT) e coliformes fecais (CF) e apenas um (01) verificou a remoção de cianobactérias (Tabela 3).

**Tabela 3:** Eficiência de remoção de coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF) e cianobactérias (CB), através de diferentes dosagens do agente coagulante *Moringa oleifera*.

| Referência              | Dosagem do coagulante   | Eficiência de remoção (%)  |                                  |          |
|-------------------------|---|----------------------------|----------------------------------|----------|
|                         |   | CT                         | CF                               | CB       |
| (Camacho et al. 2015)   | 12 níveis de dosagens com variação de 25 a 300mg.L <sup>-1</sup>                        | -                          | -                                | 65-92,10 |
| (Lo Monaco et al. 2010) | 0,02; 0,04; 0,06; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,2 g de sementes trituradas/L de água | -<br>ed: 94,3<br>ars: 96,5 | aa: 100<br>ed: 95,6<br>ars: 94,8 | -        |
| (Nunes et al. 2014)     | 0,04 g.L <sup>-1</sup> , 0,08 g.L <sup>-1</sup> e 0,12 g.L <sup>-1</sup>                | ac: 55,62<br>as: 0         | ac: 42,31<br>as: 0               | -        |
| (Michelan et al. 2021)  | 1g das sementes de moringa em 100 mL de solução salina de KCl ou NaCl a 1M.             | 99,99                      | 99,99                            | -        |

aa= água de abastecimento; ed= esgoto doméstico; ars= água residuária da suinocultura; ac= água do canal; as= água servida.  
 Fonte: Autores (2021).

Camacho et al. (2015), além de confirmarem a remoção de turbidez e de cor aparente, constataram que esta espécie vegetal tem potencial para remover cianobactérias presentes na água, com 92,10% de eficiência para a espécie *Microcystis protocystis*, explicitando mais uma vantagem do coagulante. É de extrema importância que os processos de tratamento de água sejam capazes de retirar as cianobactérias, tendo em vista que estão associadas com a produção de neurotoxinas, hepatotoxinas e dermatotoxinas, estas em contato com organismos aquáticos e seres humanos apresentam potencial carcinogênico e mutagênico (Vasconcelos et al., 2013).

A partir da adição de água destilada ao pó de sementes de MO, a concentração de 0,2 g L<sup>-1</sup> mostrou-se a mais eficiente para remoção de coliformes fecais na água de abastecimento, tendo sido alcançado 100% de remoção. Enquanto, no tratamento de esgoto doméstico, a concentração foi de 0,04 g L<sup>-1</sup> de sementes para remoção de CT e CF, alcançando-se remoções de 94,3 e 95,6%, respectivamente, e para a água residuária da suinocultura, a melhor concentração foi de 0,8 g L<sup>-1</sup>, alcançando-se 96,5 e 94,8%, respectivamente (Lo Monaco et al., 2010).

Para o parâmetro coliformes totais, a semente da moringa foi eficaz na água do Canal São Gonçalo utilizando concentração 0,12g.L<sup>-1</sup> e tempo de contato de 120 min obtendo uma taxa de remoção de 55,62% (Nunes et al., 2014). Moreti et al., (2013) utilizando 1g das sementes de moringa em 100 mL de solução salina de KCl ou NaCl a 1M obteve para os dois parâmetros CT e CF uma remoção de aproximadamente 100%, entretanto os parâmetros microbiológicos analisados atingiram os valores exigidos pela legislação em vigor (Portaria nº2914/MS), apenas quando a filtração foi adicionada ao processo de coagulação/floculação. Para o Ministério da Saúde (2017), a presença de coliformes indica contaminação na água, com risco potencial de presença de organismos patógenos, e quando são de origem intestinal, as bactérias patógenas são mais resistentes.

Diante do que foi demonstrado nos estudos revisados, a utilização da MO é uma ótima estratégia no tratamento de água bruta e reaproveitamento de águas residuárias, principalmente, para as comunidades rurais e regiões secas do semiárido nordestino, por ser um produto biodegradável e apresentar tecnologia simples e de baixo custo. No entanto, são necessárias mais pesquisas que visem a sua utilização em grande escala para avaliação de sua eficiência e viabilidade.

#### 4. Conclusão

Entre os estudos abordados foi perceptível a ação do vegetal *Moringa oleifera* como coagulante orgânico no tratamento de água, em relação aos parâmetros físico-químicos (turbidez e cor) e microbiológicos. A eficiência da remoção desses

parâmetros variou de acordo com as metodologias apresentadas. Neste sentido, conclui-se que a utilização de *M. oleifera* como coagulante natural, na purificação de águas de mananciais e até mesmo de águas residuárias é um método viável para países em desenvolvimento, especialmente para pequenas estações de tratamento, apresentando como algumas das diversas vantagens de seu uso, o alto custo benefício e baixa toxicidade. Portanto, sua aplicação no tratamento de água é uma alternativa economicamente viável e ambientalmente sustentável.

É importante ressaltar que no tratamento de água para abastecimento, normalmente não é possível obter água totalmente clarificada apenas por meio do uso da coagulação/floculação/sedimentação, é necessário complementar o tratamento com uma etapa de filtração. Além disso, a adição de sais no preparo da solução coagulante de *M. oleifera* mostra ser mais eficiente comparada com a solução aquosa. Em relação as águas residuárias, foi demonstrado também a necessidade de que sejam adicionadas as etapas de filtração e de desinfecção. Nesse caso, é importante considerar que, para o reuso de água é necessário a discussão e elaboração das normas específicas, através da definição e valores dos parâmetros pertinentes.

## Referências

- Achon, C. L., Barroso M.M., & Cordeiro, J. S. (2013). Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. *Eng. Sanit. Ambient.*, 18(2), 115-122. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000200003>.
- Arantes, C. C., Paterniani, J. E. S., Rodrigues, D. S., Hatori, P. S., & Pires, M. S. G. (2015). Diferentes formas de aplicação da semente de *Moringa oleifera* no tratamento de água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(3), 266–272. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p266-272>.
- Araújo, G. S., Santos, Y. P., & Oliveira, A. G. (2020). Avaliação do uso da *Moringa oleifera* no tratamento de efluente proveniente de usina de concreto. *Braz. J. of Develop.*, 6(6), 32822-32835. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-002>.
- Balbitoni, J. R., Beghetto, C. L., Silva, L. A., Coral, L. A., & Bassetti, F. J. (2018). Uso de sementes de *Moringa oleifera* como agente coagulante para o tratamento de água. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(5), 1748-1760. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.5.p1748-1760>.
- Baptista, A. T. A., Silva, M. O., Gomes, R. G., Bergamasco, R., Vieira, M. F., & Vieira, A. M. S. (2017). Protein fractionation of seeds of *moringa oleifera* lam and its application in superficial water treatment. *Separation and purification technology*, 180, 114-124. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.02.040>.
- Bhattacharya, A., Tiwari, P., Sahu, P. K., & Kumar, S. (2018). A Review of the Phytochemical and Pharmacological Characteristics of *Moringa oleifera*. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 10(4), 181-191. [https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs\\_126\\_18](https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_126_18).
- Borgo, C., Dellacqua, G. S., Diaz, H. S. L., Cardoso, H. F. G., Motta, L. T. A., & Bispo, Y. M. (2016). Tratamento De Água Com Semente De *Moringa oleifera*. *Blucher Proceedings*, 4(1), 48-50. <https://doi.org/10.5151/sequfes2016-011>.
- Camacho, F. P., Silva, M. O., Moreti, L. O. R., Baptista, A. T. A., Arakawa, F. S., Shimabuku, Q. L., Santos, T. R., Bazana, S. L., Coldebella, P. F., Valverde, K. C., Silva, M. F., & Bergamasco, R. (2015). Uso do coagulante natural *Moringa oleifera* lam no tratamento de água com florações de cianobactérias. *Revista Tecnológica*, 305-313. <https://doi.org/10.4025/revtecnol.v0i0.26092>.
- Franco, M. (2010). *Uso de coagulante extraído de sementes de Moringa oleifera como auxiliar no tratamento de água por filtração em múltiplas etapas*. (Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas -Faculdade de Engenharia Agrícola). <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/256904>.
- Jacob, A. C. (2018). *Aplicação de coagulantes orgânicos extraídos do (cacto Opuntia cochenillifera) e da Moringa oleifera no tratamento de água*. (Monografia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná). <http://repositorio.utpr.edu.br/jspui/handle/1/12141>.
- Lo Monaco, P. A. V., Matos, A. T., Ribeiro, I. C. A., Nascimento, F. S., & Sarmiento, A. P. (2010). Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. *Ambi-Água*, 5(3), 222-231. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.164>.
- Madrona, G.S., Serpelloni, G.B., Vieira, A.M.S., Nishi, L., Cardoso, K.C., & Bergamasco, R. (2010). Study of the Effect os saline Solution on the Extraction of the *Moringa oleifera* Seed´s Active Component for Water Treatment. *Water, Air, Soil Pollut*, 211, 409-415. <https://doi.org/10.1007/s11270-009-0309-0>.
- Madrona, G. S. (2010). *Extração/purificação do composto ativo da semente da Moringa oleifera lam e sua utilização no tratamento de água para consumo humano*. (Tese de Doutorado- Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá). <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3648>.
- Michelan, D. C. G. S., Santos, W. N. A., Rosa, T. S., Santos, D. G., & Jesus, R. C. S. (2021). Uso do coagulante/floculante emergente à base de moringa no tratamento de água com verificação da composição e toxicidade do lodo produzido: tratamento de água com *Moringa* e toxicidade do lodo. *Eng Sanit Ambient.*, 26(05), 955-963. <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202000314>.
- Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de set. de 2017. Dispõe Sobre os Procedimentos de Controle e de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo e seu Padrão de Potabilidade. [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005\\_03\\_10\\_2017.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html).
- Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>.



Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 dez. 2011. Dispõe Sobre os Procedimentos de Controle e de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo e seu Padrão de Potabilidade. [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html).

Moreti, L. O. R., Camacho, F. P., Bongiovani, M. C., Stroher, A. P., Nishi, L., Vieira, A. M. S., & Bergamasco, R. (2013). Emprego das sementes de *moringa oleifera lam*, como coagulante alternativo ao policloreto de alumínio (pac), no tratamento de água para fins potáveis. *E-xacta*, 6(1), 153-165. <http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v6i1.991>.

Muniz, G. L., Duarte, F. V., & Oliveira, S. B. (2015). Uso de sementes de *Moringa oleifera* na remoção da turbidez de água para abastecimento. *Rev. Ambient. Água*, 10(2), 455-463. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1439>.

Nunes, N. A., Nagel, G. W., Silva, B. S. G., Costa, M. T. V., & Milani, I. C. B. (2014). Avaliação da eficiência da utilização da semente da *Moringa oleifera* no tratamento de água. In XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Natal/ RN/ Brasil.

Oladoja, N. A. (2015). Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations. *Journal of Water Process Engineering*, 6, 174-192. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.04.004>.

Paikra, B. K., Dhongade, H. K. J., & Gidwani, B. (2017). Phytochemistry and Pharmacology of *Moringa oleifera* Lam. *Journal of Pharmacopuncture*, 20(3), 194– 200. <https://doi.org/10.3831/KPI.2017.20.022>.

Pinto, N. O., & Hermes, L. C. (2006). Sistema simplificado para melhoria da qualidade da água consumida nas comunidades rurais do semi-árido do Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Documentos 53. ISSN 1516-4691.

Prasad, R. K. (2009). Color removal from distillery spent wash through coagulation using moringa oleifera seeds: Use of optimum response surface methodology. *Journal of hazardous materials*, 165(1-3), 804–811. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.10.068>.

Ribeiro, J. W., & Rooke, J. M. S. (2010). *Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e saúde pública*. (Tese, trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Juiz de Fora). <https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoSa%C3%BAde.pdf>.

Rodrigues, K. C. (2019). *Otimização do tratamento de água cinza associando soluções aquosas de Moringa oleifera e sulfato de alumínio*. (Dissertação, Mestrado em Modelagem e Otimização, Unidade Acadêmica Especial de Matemática e Tecnologia, Universidade Federal de Goiás). Recuperado de: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/10116>.

Rosalino, M. R. R. (2011). *Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano*. (Dissertação, Faculdade de Ciência e Tecnologia). Recuperado de: <https://run.unl.pt/handle/10362/6323>.

Roveli, A.R., Silva, I.Z., Ferreira, M.E.C., & Yamaguchi, N.U. (2021). Utilização de extrato de semente de *Moringa oleifera* no tratamento de efluente têxtil. *Revista Geama–Ciências Ambientais e Biotecnologia*, 7(1), 67-72. <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/3865>.

Silva, C. H. S. T., Nunes, B. R. P., Silva, E. S., Pires, J. J. B., Almeida, S. N. R., Morais, M. S. N., Silva, V. M. A., & Freitas, C. S. (2020). Avaliação comparativa de agentes coagulantes químico e natural no tratamento da efluente da lavagem de veículos no município de Sumé-PB. *Diário Brazilian Journal of Development*, 6(1), 1670-1687. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-115>.

Silva, M. V. S., Padilha, R. T., & Padilha, D. M. M. (2021). Benefícios da *Moringa oleifera* para saúde humana e animal: Revisão de Literatura. *Research, Society and Development*, 10(8), e50010817495. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17495>.

Siqueira, M. E. T. (2009). Estudo da utilização de coagulantes naturais e químicos em uma estação de tratamento de água piloto (eta-piloto). (Dissertação de mestrado- Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá). Recuperado de: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/3753/1/000178428.pdf>.

Souza, M.T., Silva, M.D., & Carvalho, R. (2010). Revisão Integrativa: o que é e como fazer. *Einstein*, 8(1), 102-6. <https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW1134>.

Vasconcelos, J. F. A., Barbosa, J. E. L., Lira, W., & Azevedo, S. M. F. O. (2013). *Microcystin* bioaccumulation can cause potential mutagenic effects in farm fish. Egyptian. *Journal of Aquatic Research*, 39(3), 185-192. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2013.11.002>.

Waterman, C., Rojas-Silva, P., Tumer, T. B., Kuhn, P., Richard, A. J., Wicks, S., & Raskin, I. (2015). Isothiocyanate-rich *Moringa oleifera* extract reduces weight gain, insulin resistance, and hepatic gluconeogenesis in mice. *Molecular Nutrition & Food Research*, 59(6), 1013–1024. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201400679>.