



## Avaliação comparativa de diferentes metodologias de extração da proteína coagulante de semente de *Moringa oleifera* no tratamento de água

### Comparative evaluation of different methodologies for extraction of coagulant protein from *Moringa oleifera* seeds in water treatment

Higor Aparecido Nunes de Oliveira<sup>1</sup>, Rennan Soares Ferreira<sup>2</sup>, Karine Zucco Salton<sup>3</sup>, Layla Fernanda de Oliveira<sup>4</sup> Edilaine Regina Pereira<sup>5</sup>

#### RESUMO

Os coagulantes orgânicos têm a função de desestabilizar as cargas de partículas coloidais para a formação de flocos que podem ser removidos pelos processos de sedimentação ou filtração, sendo uma opção de eficácia no tratamento de água. Através da lixiviação do contato do óleo com um solvente, é possível extrair a proteína das sementes de *Moringa oleifera* para a produção de uma solução coagulante. Para o estudo foram consideradas as seguintes: Extração via cuba ultrassônica com os solventes hexano (T1) e etanol (T2) e o método da solução salina (T3). Os ensaios foram realizados no equipamento jar-teste, simulando as etapas de coagulação, floculação, sedimentação e também foram utilizados filtros com camadas de manta não-tecido geotêxtil e areia de granulometria de 0 até 0,425 mm e 0,425 mm a 0,850 mm. A eficiência do tratamento foi verificada através dos parâmetros pH, condutividade elétrica, turbidez e cor aparente, tendo sido realizado duplicata para análise do teste estatístico de variância ANOVA. Os resultados para o parâmetro pH demonstraram que não houve variação nos valores finais do processo, sendo que para a condutividade elétrica, a extração T3 demonstrou valores elevados devido a sua composição salina da solução. Nas análises de turbidez e cor aparente, o tratamento realizado pela solução salina (T3) sobressaiu em relação aos demais tratamentos, obtendo ao final do ensaio resultados de eficiência de remoção superiores a 98% e 97%. Dentre as metodologias envolvidas com a extração da proteína via solvente, o etanol (T2) se mostrou mais eficiente em comparação ao tratamento com hexano (T1) encontrando valores de 96% e 91% de remoção. Conclui-se que todas as metodologias foram adequadas ao tratamento da água em questão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coagulante; orgânico; extração da proteína; água.

#### ABSTRACT

Organic coagulants have the function of destabilizing the loads of colloidal particles to form flakes that can be removed by sedimentation or filtration processes, being an effective option in water treatment. By leaching the oil in contact with a solvent, it is possible to extract the protein from *Moringa oleifera* seeds to produce a coagulant solution. The following were considered for the study: Extraction via ultrasonic tank with the solvents hexane (T1) and ethanol (T2) and the saline solution method (T3). The tests were carried out in the jar-test equipment, simulating the stages of coagulation, flocculation, sedimentation and filters were also used with layers of non-woven geotextile blanket and sand with particle sizes from 0 to 0.425 mm and 0.425 mm to 0.850 mm. The efficiency of the treatment was verified using the parameters pH, electrical conductivity, turbidity and

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: hig0rnuns@gmail.com. ID Lattes: 6036323705914647.

<sup>2</sup> Bolsista da CAPES. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: ren\_nan2020@hotmail.com. ID Lattes: 0863328394822932.

<sup>3</sup> Bolsista da CAPES. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: karynesalton@gmail.com. ID Lattes: 5518921244894684.

<sup>4</sup> Bolsista da CAPES. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: laylaa\_fernanda@hotmail.com. ID Lattes: 7140397217597079.

<sup>5</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: edilainepereira@utfpr.edu.br. ID Lattes: 9513984462191983.



apparent color, and duplicates were performed for analysis of the ANOVA statistical test of variance. The results for the pH parameter demonstrated that there was no variation in the final values of the process, and for electrical conductivity, the T3 extraction demonstrated high values due to the saline composition of the solution. In the turbidity and apparent color analyses, the treatment carried out with saline solution (T3) stood out in relation to the other treatments, obtaining at the end of the test removal efficiency results greater than 98% and 97%. Among the methodologies involved with protein extraction via solvent, ethanol (T2) proved to be more efficient compared to treatment with hexane (T1), finding values of 96% and 91% removal. It is concluded that all methodologies were suitable for treating the water in question.

**KEYWORDS:** Coagulant; organic; extraction of protein; water.

## INTRODUÇÃO

Um dos desafios encontrados pelas estações de tratamento de água cujo objetivo é a otimização dos processos de remoção de turbidez e cor aparente, é justamente em manter a qualidade de acordo com os padrões de consumo humano, utilizando tecnologias e avanços encontrados em pesquisas científicas (ARAUJO, 2021; SANTOS et al. 2013).

As etapas de coagulação/floculação onde ocorre a aplicação dos coagulantes é considerado o passo mais importante dos processos de tratamento de água, os coagulantes possuem a função de realizar a desestabilização das cargas, atraindo as partículas coloidais entre si, permitindo uma aglutinação e aumento dos fragmentos de matéria orgânica dissolvida, para que através de um procedimento de sedimentação ou filtração possa ser removida (JUNHO et al., 2020).

A *Moringa oleifera* é uma planta nativa da Índia capaz de crescer em muitos países, sendo que diversos estudos incluem as sementes na produção de coagulante orgânico por possuir eficiência na clarificação da água. A proteína extraída das sementes adquire carga positiva, causando desestabilização das partículas com carga negativas, o que causa aumento de cor aparente e turbidez em água para abastecimento (SANTOS et al., 2019; KENEA et al., 2023).

De acordo com Lima (2018), o uso de sementes de *Moringa oleifera* como coagulante alternativo possibilita a substituição ou auxílio a coagulantes inorgânicos, resultando em efeitos satisfatórios no tratamento de água além de não ser tóxico aos seres humanos. Outra questão está baseada na geração do lodo no processo de tratamento que apresenta características de biodegradabilidade, tornando-se uma opção sustentável.

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo avaliar a aplicabilidade e o desempenho dos coagulantes extraídos das sementes de *Moringa oleifera* e comparar diferentes metodologias na extração de sua proteína de forma a permitir uma proposta mais sustentável ao tratamento de água.

## METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Laboratório de Química e Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina, a água foi coletada do rio Jacutinga na cidade de Ibiporã-PR.

Na pesquisa compreendeu-se comparativamente três métodos distintos de extração da proteína coagulante das sementes de *Moringa oleifera*, sendo diferenciados experimentalmente da seguinte forma: Método de extração via cuba ultrassônica com os solventes hexano (T1) e etanol (T2) e o método da solução salina (T3).



Para a obtenção da extração de solução coagulante via ultrassom (T1 e T2), foram utilizadas 20 g de sementes previamente maceradas e divididas em dois erlenmeyers, de modo a possibilitar o contato direto com os solventes. Os recipientes contendo a mistura foram submetidos a cuba ultrassônica e após o acionamento do aparelho, manteve-se os frascos submersos em água destilada aquecida. Após o procedimento, a proteína foi separada do solvente pelo método do evaporador rotativo para recuperação dos solventes.

A solução salina (T3) foi formulada pela trituração de 10g de sementes em liquidificador, após a trituração adicionou-se 1 L de água destilada com NaCl a 1M, onde foi possível ocorrer a mistura de líquido e sólido, após isto, utilizou-se uma peneira de tecido para separar o resíduo de matéria orgânica do líquido coagulante.

Após a formulação das soluções, foi realizada o experimento no equipamento Jar-test, simulando-se as etapas do tratamento físico-químico de acordo com adaptações de Theodoro (2012) onde coagulação (150 rpm por um intervalo de 3 minutos); floculação: (15 rpm por um intervalo de 10 minutos) e sedimentação (desligamento do aparelho). Após 3 minutos de sedimentação, as coletas das amostras de água foram em intervalo de 10 minutos, onde foram realizadas as análises através dos padrões pH, condutividade elétrica, turbidez e cor aparente seguindo a metodologia de APHA (2017), em seguida o fluxo de água foi direcionado para o sistema de filtros.

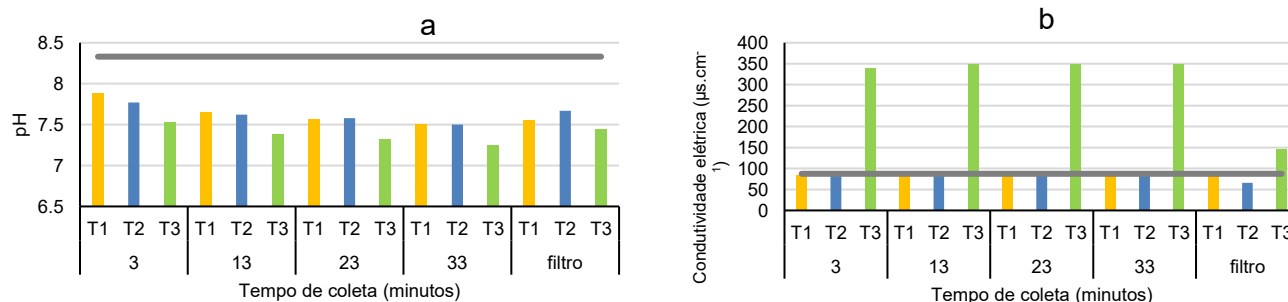
Os leitos filtrantes foram construídos através da adaptação de provetas graduadas com a fixação de torneiras ao fundo para possibilitar a passagem da água pela ação gravitacional. O material para filtração foi composto de três camadas de manta não-tecido geotêxtil na base, preenchido com uma camada de 7,5 cm de areia de granulometria de 0 até 0,425 mm e uma camada de 7,5 cm de areia de 0,425 mm a 0,850 mm, totalizando em 15 cm de camadas de areia (VIZIBELLI et al., 2019).

Os experimentos foram realizados em duplicatas e as análises foram submetidas ao teste estatístico de variância ANOVA através de um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial considerando os diferentes tratamentos e tempos de coleta para análise. Para verificar o tratamento mais eficiente realizou-se o teste de Tukey com o resumo das medidas médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente os parâmetros observados para a água no seu estado bruto foram: pH 8,33; condutividade elétrica 87,4  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ; turbidez 238 NTU e cor aparente 520 uH. A Figura 1a representa o comportamento do pH e 1b a condutividade elétrica.

Figura 1 – Gráfico do comportamento do pH (a) e condutividade elétrica (b) durante o ensaio



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).



Analisando a Figura 1a, é notável o caráter ácido que os tratamentos demonstram tomar, nota-se que durante todo o experimento, que as análises apresentaram pH menor ao obtido pela amostra bruta da água. Ainda sobre o pH, é possível observar que o tratamento contendo a solução salina (T3) demonstra os menores valores, sendo que durante a coleta de 33 minutos constata-se o resultado de 7,2, corroborando com estudos realizados por Rocha et al. (2020) com a utilização do coagulante extraído de *Moringa oleifera* em solução salina no tratamento de água, onde obtiveram resultados de pH entre 6,98 e 7,42.

Em relação aos extratos da proteína via ultrassom (T1 e T2), não se observa grande discrepância nos valores de pH quando comparados entre si, sendo que durante o decorrer de todo o experimento, identifica-se valores entre 7,5 e 7,94; 7,44 e 7,86 para T1 e T2 respectivamente. Ballestrin et al. (2021) utilizando-se dos mesmos solventes e método para extração não observou alteração significativa do parâmetro pH, concluindo resultados entre 7 e 8 para diferentes dosagens testadas.

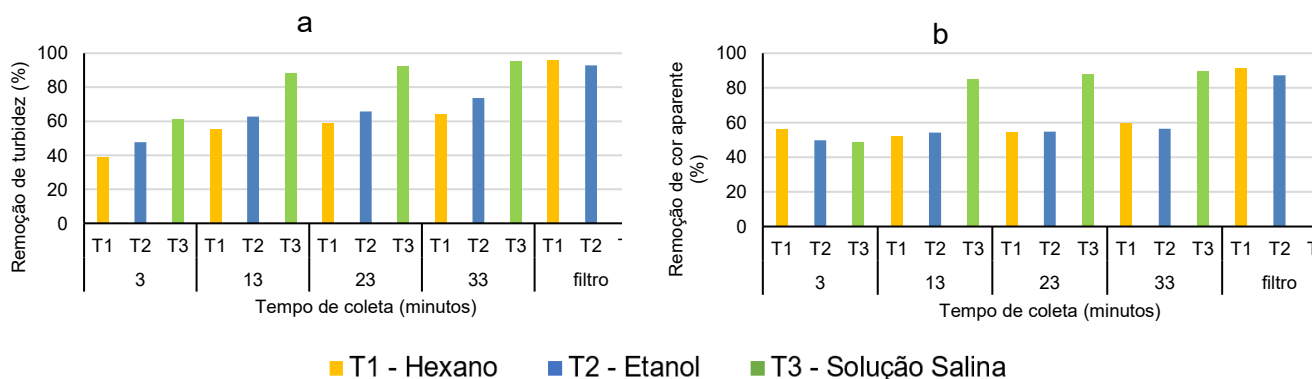
Estudos realizados por Oliveira et al. (2018) demonstram que uma das propriedades dos coagulantes extraídos de *Moringa oleifera* é manter inalterável os limites das faixas de pH, o que corrobora com este estudo.

Observando a Figura 1b é notável a discrepância da condutividade elétrica de T3 em relação aos demais resultados das análises e também ao valor bruto de  $87,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , este resultado é atrelado a presença da solução salina, uma vez que esta solução possui propriedades para liberação de íons  $\text{Na}^+$ , aumentando consideravelmente o parâmetro condutividade elétrica fato este também observado por Ferreira et al. (2023).

Os tratamentos T1 e T2 não apresentaram diferença significativa em relação ao valor bruto, observando os resultados compreendidos no gráfico percebe-se que para os tratamentos supracitados estes não demonstram nenhuma alteração na condutividade elétrica da água para abastecimento.

Na Figura 2a e 2b são representadas a remoção de turbidez e cor aparente respectivamente, em termos de porcentagem.

Figura 2 – Porcentagem de eficiência de remoção de turbidez (a) e cor aparente (b) durante o ensaio



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).



De acordo com a Figura 2a, o tratamento T3 se destaca em relação aos demais tratamentos na remoção da turbidez, sendo que logo com 13 minutos de sedimentação, o mesmo demonstra resultados superiores a 88%, enquanto no mesmo intervalo T1 e T2 expressam valores máximos de remoção de 55% e 64% respectivamente.

Confrontado os resultados de remoção de turbidez para T1 e T2, identifica-se superioridade na eficiência de T2, no que diz respeito a todas as análises realizadas anteriormente ao processo de filtração. No tempo máximo de sedimentação estabelecido para o experimento (33 minutos), pode-se constatar resultado máximo de 64% no tratamento T1, ao mesmo tempo que o tratamento T2 de forma eminente obtém resultado de extremo de 75%, corroborando com os estudos de Santos et al. (2013) que observou melhor eficiência utilizando-se do solvente etanol. Na etapa de filtração nota-se aumento considerável de eficiência para T1, T2 e T3, sendo que em todos foram verificados valores superiores a 90% na remoção da turbidez.

Pela Figura 2b, identifica-se rápida ação na remoção de cor aparente pela aplicação da solução T1 no que tange ao intervalo de tempo de 3 minutos. Neste período o coagulante extraído com o auxílio do solvente hexano obtiveram níveis considerados superiores em referência aos demais, onde nas análises comprovou-se 56% de remoção. Durante as outras etapas de observação, destaca-se o avanço proeminente na eficiência do coagulante T3, com resposta de remoção de cor aparente com 30 minutos apresentando resultado superior a 89%. Silva et al. (2015) ao investigar a remoção de cor aparente entre o coagulante extraído pela solução salina de maneira comparada ao extraído pelo método do banho ultrassônico via solvente hexano, observou remoção superior a 90% de cor aparente em ambos com 30 minutos de sedimentação em água com cor bruta de 463,5 uH.

Após o desempenho da fase de filtração, manteve-se a predominância de T3 acerca dos demais tratamentos. Mesmo assim, todos os métodos evidenciam remoção superior a 87% de cor aparente. A Tabela 1 apresentar a análise estatística para o parâmetro turbidez.

**Tabela 1 – Análise estatística de variância ANOVA para o parâmetro turbidez**

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Estatística do teste	Valor - p
Tratamento	2	3239,0	2	583,64	0
Tempo	4	6706,9	3	604,18	0
Tratamento x Tempo	8	762,9	5	34,37	2,7711e-08
Resíduo	15	41,6	4		
Total	29	10749,4	1		

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Ao observar a Tabela 1 é possível comprovar que houve diferença significativa de interação para os tratamentos T1, T2 e T3 quando os dados de remoção de turbidez são contrastados. A Tabela 2 demonstra o teste de Tukey com a compilação das médias dos três tratamentos aplicados durante os blocos de tempo.



**Tabela 2 – Resultado do teste de Tukey para os valores médios do parâmetro turbidez.**

Tratamento	3 minutos	13 minutos	23 minutos	33 minutos	filtro
T1	38,87 C	55,25 C	58,83 C	79,00 C	96,08 AB
T2	47,69 B	62,67 B	65,72 B	80,21 B	92,84 B
T3	61,18 A	88,51 A	92,40 A	95,63 A	98,09 A

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Observando a Tabela 2, T3 apresenta dados estatisticamente predominantes em termos da qualidade na remoção de turbidez analogamente aos demais tratamentos.

De forma isolada no teste de Tukey, os tratamentos T1 e T2, nota-se pela Tabela 2 que T2 apresenta melhores percentuais médios para remoção de turbidez, porém, ao examinar os dados obtidos na etapa de filtração, evidencia-se melhora em T1, o suficiente para que durante as interações médias, este possa apresentar dados similares ao melhor tratamento (T3).

## CONCLUSÃO

Por meio deste estudo, conclui-se que o coagulante obtido através da solução salina (T3), se sobressaiu em relação aos demais tratamentos. O tratamento T2 se comprovou mais eficiente na remoção de turbidez, de maneira comparativa a T1 que também faz o uso do solvante. Com base nas evidências apresentadas no estudo, comprovou-se, portanto, o potencial comparativo e a aplicabilidade das extrações da proteína coagulante presente nas sementes de *Moringa oleifera* no tratamento de água de abastecimento urbano.

## Agradecimentos

O presente estudo foi realizado com apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Londrina.

## Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22a ed. Washington, 2012 **American Public Health Association**. 1082p., 2017.
- ARAUJO, Y. C. A. Produção de biocoagulante a partir de sementes de *Moringa oleifera* para substituição de sulfato de alumínio no tratamento de águas em ETAs. **Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química)** –Universidade Federal do Pampa, Bagé, RS, 63p., 2021.
- BALLESTRIN, C. S.; CONSOLIN-FILHO, N.; SOUZA, W. E.; SILVA-MEDEIROS, F. V. Aplicação de Extrato de Sementes de *Moringa oleifera* Lam como Coagulante e como Auxiliar de Coagulação para Tratamento de Água Destinada ao Abastecimento. **Ver. Vitual Quimi.**, v. 13, n.2, 14p., jan. 2021.



- FERREIRA, R. S., OLIVEIRA, H. A. N. DE, OLIVEIRA, L. F. DE, BORGES, J. C. A., PEREIRA, E. R. Moringa oleifera e Sulfato de Alumínio associados a diferentes meios filtrantes no tratamento de água. **Revista Fundamentos da Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.4, p.87-98, 2023.
- JUNHO, A. L.; SANTOS, I. F. S.; SILVA, A. M. L.; BARROS, R. M. Avaliação da eficiência do tratamento de águas cinza utilizando sementes de Moringa oleifera sob diferentes metodologias de ensaio. **Research, Society and Development**, v.9, n. 11, 18p., 2020.
- KENEA, D.; DENEKEW, T.; BULTI, R.; OLANI, B.; TEMESGEN, D.; SEFIW, D.; BEYENE, D.; EBBA, M.; MEKONIN, W. Investigation on surface water treatment using blended Moringa oleifera seed and Aloe vera plants as natural coagulants. **South African Journal of Chemical Engineering**, v. 45, p.294-204, jun. 2023.
- LIMA, R. N. J.; ABREU, F. O. M. D. Produtos naturais utilizados como coagulantes e floculantes para o tratamento de águas: Uma revisão sobre benefícios e potencialidades. **Re. Virtual Quim.**, v.10, n.3, p.709-735, 2018.
- OLIVEIRA, N. T.; NASCIMENTO, K. P.; GONÇALVES, B. O.; LIMA, F. C.; COSTA, A. L. N. Tratamento de água com Moringa oleifera como coagulante/floculante natural. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente Ariquemes: FAEMA**. v. 9, n.1, p.373-382, jan/jun., 2018.
- ROCHA, V. V. F.; SANTOS, I. F. S.; SILVA, A. M. L.; SANT'ANNA, D. O.; JUNHO, A. L.; BARROS, R. M. Clarification of high-turbidity waters: a comparison of Moringa oleifera and virgin and recovered aluminum sulfate- based coagulants. **Environment, Development and Sustainability**, v. 22, n. 5, p. 4551–4562, 2020.
- SANTOS, A. R. A.; CRUZ, L. A.; GONTIJO, H. M. Semente de Moringa Oleifera como solução alternativa para o tratamento de água em comunidades rurais. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 6, p. 3386945, 31 mar. 2019.
- SANTOS, T. R. T.; VALVERDE, K. C.; NISHI, L. VIEIRA, M. F. Estudo da formulação de Thihalometanos no processo de coagulação/floculação/adsorção em carvão ativado vegetal com o coagulante natural Moringa oleifera Lam para tratamento de água de abastecimento. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. v.5, n.3, p64-72, out. 2013.
- SILVA, M. O.; BAPTISTA, A. T. A.; PINTO, A. M.; SENNA, E. C. D.; BERGAMASCO, R.; VIEIRA, A. M. S. Avaliação do potencial da semente de Moringa oleifera para obtenção de coagulante e óleo utilizando ultra-som. XXXVII ENEMP, **Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados**, São Carlos-SP, 8p., 2015.
- THEODORO, J.D.P. Estudo dos mecanismos de coagulação/floculação para a obtenção de água de abastecimento para o consumo humano. **Tese de doutorado (Departamento de Engenharia Química)** – Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 184f., 2012.
- VIZIBELLI, D.; PEREIRA, E. R.; JANZ, F. J. L.; RIBEIRO, T.; BORGES, J. C. A. Nãotecido geotêxtil agulhado aplicado como material de leito filtrante em água prétratada com coagulantes orgânicos. **Braz. J. of Develop**. Curitiba, v. 5, n. 12, p. 31320- 31331, dez. 2019.