



## Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes associado a sistema de filtração direta no tratamento da água

### *Evaluation of the efficiency of different coagulants agents associated with a direct filtration system in water treatment*

Higor Aparecido Nunes de Oliveira (orientado)\*, Edilaine Regina Pereira (orientadora) †,

Mariana Fernandes Alves‡, Dandley Vizibelli§, Fellipe Jhordã Ladea Janz ¶,

#### RESUMO

Desenvolver estudos para tratamento de água que procurem adequar e equilibrar a preservação do meio ambiente é fundamental para os tempos atuais, por isso estudos com coagulantes orgânicos tornam-se tão importantes. O sulfato de alumínio é bastante empregado, porém elevadas concentrações podem causar problemas à saúde humana. Os ensaios para tratamento de água foram realizados simulando os processos que ocorrem numa estação de tratamento de água, como a coagulação, floculação, sedimentação e filtração e foram analisados os parâmetros pH, condutividade elétrica e turbidez. Foram empregados os coagulantes Tanino, o Sulfato de Alumínio, a *Moringa Oleifera*, o Cloreto Férrico, o Bufloc 5122 e o Bufloc 5122 acompanhado do auxiliar Bufloc 5158. Os resultados mostraram que o coagulante extraído da semente de *Moringa oleifera* se destacou após a filtração direta, apresentando resultados semelhantes ao cloreto férrico, ambos apresentando resultados superiores a 99% de remoção de turbidez. Para o pH, os resultados não demonstraram variação e para a condutividade a *Moringa oleifera* apresentou valores acima da média devido sua composição salina. Conclui-se, portanto, que há possibilidade de um coagulante orgânico apresentar eficiência equivalente a um coagulante inorgânico no tratamento de água, trazendo benefícios ao meio ambiente por ser um componente menos poluente.

**Palavras-chave:** Coagulantes, filtração, tratamento de água.

#### ABSTRACT

Developing studies for water treatment that seek to adapt and balance the preservation of the environment is fundamental for the present time, which is why studies with organic coagulants become so important. Aluminum sulfate is widely used, but high concentrations can cause problems to human health. The tests for water treatment were carried out simulating the processes that occur in a water treatment plant, such as coagulation, flocculation, sedimentation and filtration, and the parameters pH, electrical conductivity and turbidity were analyzed. The coagulants Tannin, Aluminum Sulfate, *Moringa Oleifera*, Ferric Chloride, Bufloc 5122 and Bufloc 5122 accompanied by the auxiliary Bufloc 5158 were used. The results showed that the coagulant extracted from the seed of *Moringa oleifera* stood out after direct filtration, showing results similar to ferric chloride, both showing results higher than 99% of turbidity removal. For pH, the results showed no variation and for conductivity *Moringa oleifera* presented values above the average due to its saline composition. It is concluded, therefore, that there is a possibility that an organic coagulant presents efficiency equivalent to an inorganic coagulant in water treatment, bringing benefits to the environment as it is a less polluting component.

**Keywords:** Coagulants, filtration, water treatment.

\* Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; [hig0rnuns@gmail.com](mailto:hig0rnuns@gmail.com)

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina; [edilainepereira@utfpr.edu.br](mailto:edilainepereira@utfpr.edu.br)

‡ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; [marianafernandes@gmail.com](mailto:marianafernandes@gmail.com)

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; [dandley.22@hotmail.com](mailto:dandley.22@hotmail.com)

¶ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; [fellipejanz@hotmail.com](mailto:fellipejanz@hotmail.com)



## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui 12% da disponibilidade mundial de água doce. Mesmo assim, 80% dos recursos hídricos brasileiros se encontram na região amazônica, onde vive a menor parte da população e a demanda de água é menor (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2018), este resultado é consequência da grande desigualdade social e regional presente no país (MACHADO, 2003). Portanto desenvolver novas tecnologias e pesquisas na área do tratamento de água que procuram viabilizar o acesso a água tratada é fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade livre de doenças e com qualidade de vida.

Segundo Seckler (2017) o processo de tratamento de água pode ser visto como um conjunto de manipulações da água em suas mais diferentes apresentações, de modo que esta possa ser considerada apta para o abastecimento público. Os processos são divididos em: coagulação (etapa em que partículas em suspensão são aglomeradas com o auxílio de um coagulante); floculação (aglutinação dos flocos menores de sujeira em flocos maiores); decantação (deposição dos flocos por ação gravitacional) e filtração (etapa em que as impurezas ficam retidas em um leito filtrante).

Para Libânio (2010) a filtração consiste no processo que é capaz de corrigir falhas ocorridas na coagulação, floculação e sedimentação, portanto a filtração é responsável por reter as partículas coloidais da água melhorando assim o tratamento e garantindo a qualidade da água que está sendo tratada.

Atualmente o coagulante inorgânico para tratamento de águas mais empregado é o sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ), porém elevadas concentrações de alumínio no meio ambiente podem ser causa de problemas à saúde humana (ROSALINO, 2011). Sendo assim, o emprego de coagulantes orgânicos a base de sementes e cascas de árvores vem sendo uma solução viável, pois apresentam baixa toxicidade e maior sustentabilidade (SANTOS, 2011). Sendo assim, os coagulantes orgânicos podem ter eficiência igual ou semelhante aos coagulantes inorgânicos no tratamento de água?

Diante disso este estudo tem por objetivo abordar o tratamento de água no conceito sustentável de uso de coagulantes orgânicos como forma de substituição ou auxílio ao uso de coagulantes inorgânicos no processo envolvido.

## 2 MÉTODO

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Recursos Hídricos da UTFPR – campus Londrina. Foram preparados 12 L de água sintética a base de uma solução de caulinita ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) de maneira a simular níveis de turbidez próximos a 100 uT utilizando metodologia de Mendes (1989). A pesquisa incluiu seis tratamentos utilizando diferentes coagulantes sendo eles o Tanino (T1), o Sulfato de Alumínio (T2), a *Moringa Oleifera* (T3), o Cloreto Férrico (T4), o Bufloc 5122 (T5) e o Bufloc 5122 acompanhado do auxiliar Bufloc 5158 (T6). Realizou-se um ensaio preliminar onde foram testadas várias concentrações aleatoriamente de coagulantes e definiu-se que a concentração mais eficiente para T1, T2 e T4 foi de 6 mL L<sup>-1</sup>, para T3 e T5 foram usados a concentração de 2 mL L<sup>-1</sup> e 4 mL L<sup>-1</sup> respectivamente. Para o tratamento T6 foi adotado a concentração de 3 mL L<sup>-1</sup>.

Para o preparo das soluções coagulantes foram executados os seguintes procedimentos: para a solução de extração coagulante a base de semente de *Moringa Oleifera* triturou-se 10 g da semente e diluiu-se com NaCl a 1 M em 1 L de água destilada. A solução foi processada em liquidificador, e em seguida coado a mistura em uma peneira de pano para retirar a matéria orgânica mais grosseira ficando apenas o líquido do coagulante. Os coagulantes Sulfato de Alumínio, Cloreto Férrico e Bufloc 5122 foram preparados dissolvendo-se 1 g do coagulante em 1 L de água destilada. O Tanino e o Bufloc 5158 foram preparados diluindo-se 1 mL de cada coagulante em 1 L de água destilada, sendo que, para o Bufloc 5158 foi necessário aquecer a água para que fosse possível a sua completa dissolução.



No equipamento Jar-test realizou-se o experimento em duplicata e após adicionar os coagulantes em suas respectivas concentrações foi acionado o equipamento e realizou-se o processo de coagulação por 3 minutos a 150 rpm, em seguida diminuindo-se a rotação para 15 rpm por 10 minutos a fim de se dar início ao processo de floculação, desligando-se em seguida o aparelho para, desta forma, caracterizar o processo de sedimentação (adaptado de THEODORO (2012)). Para a construção do filtro foram realizados pré-ensaios onde foram testados 3 meios filtrantes a fim de se escolher o melhor meio para o desenvolvimento deste trabalho e diante disso o meio filtrante escolhido foi produzido a partir de areia com granulometria de 0 até 0,425 mm (G1) na qual se preencheu 15 centímetros do filtro compondo 1 camada superior de leito e uma camada base de manta não tecida geotêxtil no meio filtrante.

As análises durante o processo de sedimentação foram realizadas em um intervalo de 10 em 10 minutos, sendo que a primeira coleta foi realizada com 3 minutos de sedimentação e a última com 33 minutos. Após as coletas, direcionou-se a água pré tratada dos jarros para os filtros e após a passagem da água pelo meio filtrante coletou-se as amostras para a última análise.

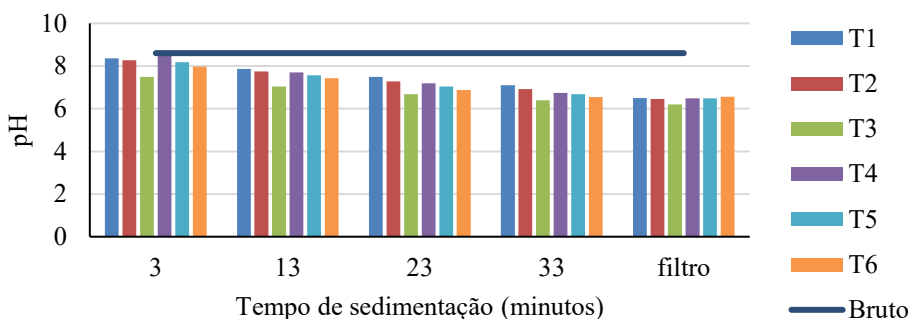
Os parâmetros analisados foram pH, condutividade elétrica e turbidez, todos sendo analisados pela metodologia de APHA (2012).

### 3 RESULTADOS

Inicialmente os parâmetros observados para a água no seu estado bruto foram pH 8,6; condutividade elétrica 89,55  $\mu\text{S cm}^{-1}$  e turbidez 107,5 uT e Sólidos Totais Dissolvidos 43 ppm.

A Figura 1 tem-se representado o comportamento do pH durante o ensaio.

Figura 1 – Gráfico do comportamento do pH durante o ensaio.



Fonte: Autoria própria (2021).

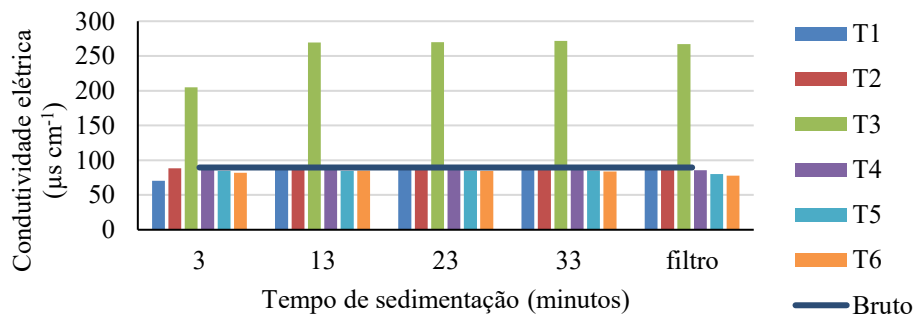
Nota: T1: tanino; T2: sulfato de alumínio; T3: *Moringa oleifera*; T4: cloreto férrico; T5: Bufloc 5122; T6: Bufloc 5122 e Bufloc 5158.

Ao analisar a Figura 1 observa-se que os valores de pH caíram conforme o andamento do tempo, ficando após a filtração com valores inferiores ao valor inicial bruto de 8,6, comportamento correspondente ao apresentado por Borges e Pereira (2020) em seus estudos. Nota-se que de todos os tratamentos, o tratamento T3 apresentou os menores valores de pH resultando ao fim do ensaio o valor de pH de 6,2. Vale mencionar que ao fim do experimento, durante a passagem pelo meio filtrante, o tratamento T6 foi o que apresentou maior pH em comparação aos outros tratamentos, manifestando valores de 6,5. Apesar disso, os resultados demonstraram que todos os tratamentos não apresentaram grande variação de pH entre si ao final do ensaio.

Na Figura 2 encontram-se os valores obtidos da variação da condutividade elétrica durante o experimento. Observando os resultados percebe-se que o tratamento T3 apresentou, levando em consideração o valor bruto de 89,55  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , elevados níveis de condutividade elétrica durante todo o experimento, o que também foi observado por Borges e Pereira (2020).

Nota-se que no tempo 23 minutos o tratamento obteve seu pico máximo ao atingir valores de  $269,8 \mu\text{S cm}^{-1}$  e esta alteração desigual aos demais tratamento é devido ao fato do coagulante a base de extração de semente de *Moringa oleifera* possuir a presença de NaCl em sua composição, e uma vez que o sal libera íons  $\text{Na}^+$  na solução havendo o aumento considerável da condutividade elétrica, conforme também aponta o estudo de Vizibelli et al. (2019).

**Figura 2 – Gráfico da condutividade elétrica de valores obtidos durante o ensaio.**



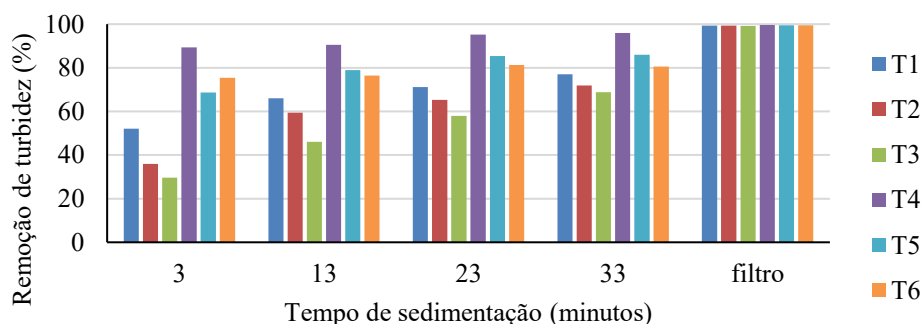
**Fonte: Autoria própria (2021)**

Nota: T1: tanino; T2: sulfato de alumínio; T3: *Moringa oleifera*; T4: cloreto férrico; T5: Bufloc 5122; T6: Bufloc 5122 e Bufloc 5158.

A condutividade elétrica dos demais tratamentos demonstrados na Fig. 2 não apresentaram diferenças significativas ao valor bruto da água, porém, observa-se que no tratamento T1 ocorreu um aumento do valor obtido na primeira análise aos 3 minutos de  $70,3 \mu\text{S cm}^{-1}$ , ficando com valor de  $87 \mu\text{S cm}^{-1}$  ao final da filtração. A legislação vigente não apresenta valores limites para a condutividade elétrica.

A Figura 3 representa os resultados de eficiência de remoção de turbidez durante o experimento.

**Figura 3 – Porcentagem de eficiência de remoção de turbidez durante o ensaio.**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

Nota: T1: tanino; T2: sulfato de alumínio; T3: *Moringa oleifera*; T4: cloreto férrico; T5: Bufloc 5122; T6: Bufloc 5122 e Bufloc 5158.

Conforme pode-se observar na Fig. 3, o tratamento T3 mostrou baixa eficiência de remoção de turbidez durante a primeira e segunda coleta e isso ocorreu devido a grande quantidade de matéria orgânica proveniente da *Moringa oleifera*. O tratamento T3 só obteve resultados consideráveis com o decorrer do tempo aos 43 minutos e o mesmo tratamento mostrou um avanço da remoção da turbidez durante o decorrer do ensaio de sedimentação apresentando valores superiores a 68%.



Observa-se ainda que no final da passagem da água pelo meio filtrante a eficiência de remoção de turbidez deste mesmo tratamento apresentou valores superiores a 99%, salientando assim a capacidade do filtro em reter a elevada quantidade de matéria orgânica presente neste coagulante orgânico.

Arantes et al. (2015) verificaram em seus estudos, utilizando a *Moringa oleifera* associado à filtração lenta remoção de até 95% para a turbidez, corroborando com tais resultados.

O tratamento T4 obteve rápido efeito, desde os primeiros 3 minutos, onde é possível identificar na Fig. 3 que o valor de eficiência de remoção de turbidez atingiu a marca de 89% e esse valor foi aumentando durante as demais coletas. Já no tempo 43 minutos o tratamento T4 chegou a 96% de remoção de turbidez, superando os demais tratamentos. Higashi et al. (2016) aponta em seu estudo remoção de turbidez de até 96%, utilizando o cloreto férrico no tratamento de água.

Nota-se que ao final do ensaio todos os coagulantes apontaram valores superiores a 99% ocasionado pela capacidade do filtro de reter partículas coloidais. Prado et al. (2007) observaram em seus estudos utilizando o sulfato de alumínio no tratamento de água eficiência de remoção de turbidez superiores a 80%. O que vem a demonstrar através do presente estudo, a possibilidade do uso dos coagulantes orgânicos no tratamento de água, uma vez que apresentaram valores iguais ou mais expressivos que os coagulantes inorgânicos.

#### 4 CONCLUSÃO

Após o processo de filtração foi possível observar que o coagulante orgânico extraído da semente de *Moringa oleifera* se destacou juntamente ao cloreto férrico visto que os dois apresentaram resultados superiores a 99% de remoção de turbidez. Observou-se ainda que associar o coagulante feito a partir da extração da semente da *Moringa oleifera* ao tratamento da água com filtração foi essencial para que houvesse um salto para 99% de eficiência de remoção de turbidez. Nota-se também que o tratamento T5 apresentou valores melhores que T6, evidenciando a não necessidade do auxiliar Bufloc 5158 no tratamento da água em questão.

Os resultados para o parâmetro pH não apresentaram grandes desigualdades ao valor bruto, mostrando que não há necessidade de realizar uma correção para ocorrer o tratamento da água. Os valores de condutividade elétrica não apresentaram grande diferença do valor bruto, salvo apenas com o uso da semente de *Moringa oleifera* que devido a sua solução salina em sua composição manifestou valores muito superiores aos demais.

Demonstra-se, portanto, a possibilidade de um coagulante orgânico apresentar eficiência equivalente ou associativa a um coagulante inorgânico no tratamento de água num sistema com filtração podendo trazer, desta forma, benefícios ao meio ambiente por ser um componente menos poluente e poder apresentar uma maior sustentabilidade ao processo.

O presente estudo acrescenta conhecimento a área da engenharia ambiental e sanitária, também mostra a viabilidade de aplicação de coagulantes orgânicos no tratamento de água quando associado a filtração direta.

#### REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual** / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2018, 72p. Disponível em: <<https://arquivos.ana.gov.br/portal/publicacao/Conjuntura2018.pdf>> Acesso em 11 de outubro de 2021.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22a ed. Washington, 2012 American Public Health Association. 1082p., 2012.
- ARANTES, C. C.; PATERNIANI, J. E. S.; RODRIGUES, D. S.; HATORI, P. S.; PIRES, M. S. G. **Diferentes formas de aplicação da semente de *Moringa oleifera* no tratamento de água**. Revista Brasileira Eng. Agríc. Ambiental, v.19, n.3, p.266–272, 2015.



- BORGES, J. C. A.; PEREIRA, E. R. **Associação do extrato de casca de maracujá e sulfato de alumínio no tratamento de água.** XXV Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. Toledo, PR, 8p., nov. 2020. Disponível em: <<https://portaldeinformacao.utfpr.edu.br/Record/oai:ocs.200.19.73.15:paper-6129>>. Acesso em 5 de julho de 2021.
- HIGASHI, V. Y.; THEODORO, J. D. P.; PEREIRA, E. R.; SERGIO, P. T. **Uso de coagulantes químico (cloreto férrico) e orgânico (*Moringa oleifera*) no tratamento de águas provenientes de sistema lêntico.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Foz do Iguaçu, PR, 5p., set. 2016. Disponível em :< <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/uso-de-coagulantes-quimico-cloreto-ferrico-e-organico-moringa-oleifera-no-tratamento-de-aguas-provenientes-de-sistema-lentico/>>. Acesso em 31 de julho de 2021.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 3rd ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010, 494p.
- MACHADO, C. J. S. **Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios.** In: Ambiente & Sociedade. V. 6. N. 2. 16p., jul./dez. 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/asoc/a/TGsCpQ3L7Zd4FLzSM6WtXHk/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 5 de julho de 2021.
- MENDES, C. G. N. **Estudo da coagulação e floculação de águas sintéticas e naturais com turbidez e cor variáveis.** Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 244 p., 1989.
- PRADO, E. C. C. S.; TEIXEIRA, A.R.; POGGLIALI, C. A.; LIBÂNIO, M.; PÁADUA, V. L. **Estudo da coagulação aplicada à filtração direta descendente.** Eng. Sanit. Ambient, vol.12 – n. 4, p. 361-370, out./dez. 2007.
- ROSALINO, M. R. R. **Potenciais efeitos da presença de alumínio na água de consumo humano.** 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.
- SANTOS, T. M.; PEREIRA, D. F.; SANTANA, C. R.; SILVA, G. F. **Estudo do tratamento físico químico da água produzida utilizando *Moringa oleifera Lam* em comparação ao sulfato de alumínio.** Exacta, v.9, p.317-321, 2011.
- SECKLER, S. **Tratamento de água: Concepção, projeto e operação de estações de tratamento.** 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2017, 465p.
- THEODORO, J.D.P. **Estudo dos mecanismos de coagulação/floculação para a obtenção de água de abastecimento para o consumo humano.** 2012. 184f. Tese de doutorado (Departamento de Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 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 pré-tratada com coagulantes orgânicos.** Braz. J. of Develop. Curitiba, v. 5, n. 12, p. 31320-31331, dez. 2019.