

Sistema de filtração direta composta de fibra de coco como meio filtrante no tratamento da água

Direct filtration system composed of coconut fiber as a filtering medium in water treatment

Rennan Soares Ferreira¹; Edilaine Regina Pereira²; Higor Aparecido Nunes de Oliveira¹; Ana Caroline Zago³

¹Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. Orcid: 0009-0000-9397-2711

E-mail: rennanf@alunos.utfpr.edu.br; higornuns@gmail.com

²Professora do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. Orcid: 0000-0001-7486-4467. E-mail: edilainepereira@utfpr.edu.br

³Engenheira Ambiental e Sanitarista, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. Orcid: 0009-0002-7736-5393. E-mail: anapes@alunos.utfpr.edu.br

RESUMO: A utilização de coagulantes inorgânicos tem causado discussões a respeito das possíveis consequências geradas na saúde humana, em contrapartida, coagulantes poliméricos originados de compostos de taninos vegetais, se mostram promissores no tratamento da água. Uma questão importante é o uso de materiais alternativos na construção de filtros utilizados no tratamento de água como os construídos com fibra de coco. O objetivo deste estudo foi comparar o desempenho de filtros de areia (F1) com o de fibra de coco (F2), além do uso do coagulante inorgânico sulfato de alumínio (C1) comparativamente ao orgânico tanino (C2). Os ensaios foram feitos em duplicata e avaliados os parâmetros pH, condutividade elétrica, cor aparente e turbidez através do software R. Os resultados mostraram que o pH não foi alterado e que a condutividade elétrica apresentou redução após aplicação de ambos os coagulantes, sendo que em F2 obteve-se redução de até 73,4% utilizando o tanino. Para turbidez, F2 obteve remoções de 95,44% e 81,35% para o C2 e o C1, respectivamente. Quando analisada a cor aparente, F2 removeu 85,38% utilizando C2 e 55,38% com C1, demonstrando a eficiência do material filtrante fibra de coco, porém, a utilização de grande quantidade de água para limpeza deste, torna-se um problema e uma questão a ser verificada.

Palavras-chave: Filtro, Sulfato de Alumínio, Tanino

ABSTRACT: *The use of inorganic coagulants has sparked discussions regarding the potential consequences on human health. In contrast, polymeric coagulants derived from tannin compounds show promise in water treatment. An important issue is the use of alternative materials in the construction of filters used in water treatment, such as those made with coconut fiber. The objective of this study was to compare the performance of sand filters (F1) with coconut fiber filters (F2), as well as the use of the inorganic coagulant aluminum sulfate (C1) compared to the organic tannin (C2). The tests were performed in duplicate, and the parameters pH, electrical conductivity, apparent color, and turbidity were evaluated using R software. The results showed that the pH was not altered and that the electrical conductivity decreased after the application of both coagulants, with F2 achieving a reduction of up to 73.4% using tannin. For turbidity, F2 achieved removals of 95.44% and 81.35% for C2 and C1, respectively. When analyzing the apparent color, F2 removed 85.38% using C2 and 55.38% with C1, demonstrating the efficiency of the coconut fiber filtering material. However, the use of a large amount of water for cleaning this filter becomes a problem and an issue to be addressed.*

Keywords: Filter, Aluminum Sulfate, Tannin

INTRODUÇÃO

O aumento na demanda por água devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento econômico requer uma gestão cuidadosa dos recursos hídricos para evitar a escassez, um problema já presente em algumas áreas do mundo, incluindo o Brasil. De acordo com Brasil (2021), existem 5570 municípios no país e 213,3 milhões de habitantes que possuem um consumo médio de 150,7 L dia⁻¹ de água, além disso, apenas 84,2 % da população brasileira é atendida com água potável.

O tratamento de água envolve processos de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção, para a remoção de impurezas que são encontradas. Essencialmente na coagulação, utiliza-se coagulantes inorgânicos, como o sulfato férrico, cloreto férrico e sulfato de alumínio, de origem química, que são eficientes na remoção das impurezas da água. A utilização desses agentes tem causado discussões a respeito das possíveis consequências da utilização, devido a presença de metais residuais na água, como é o caso do alumínio que vem sendo associada a possíveis doenças neurológicas em humanos como o Alzheimer e neurodegeneração (Rosalino, 2011). Em contrapartida, coagulantes poliméricos, originados de compostos de taninos vegetais, se mostram eficientes no tratamento (Coral *et al.*, 2009).

De acordo com Brandão (2011), a filtração é uma das etapas mais importantes no tratamento de água, pois é nela que as macro partículas e resíduos sólidos são removidos. desta forma, a filtração é a responsável por eliminar a maior parte das impurezas encontradas na água. A utilização de material filtrante alternativo proveniente de atividades agropecuárias desperta considerável interesse, devido à sua abundância e baixo custo de obtenção. Além disso, é relevante a perspectiva de sua compostagem permitindo sua posterior aplicação como adubo agrícola, como por exemplo filtros compostos de fibra de coco, foco deste trabalho.

Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo comparar a eficiência do coagulante orgânico tanino com o inorgânico sulfato de alumínio como auxiliares ao desempenho de filtros construídos de fibra de coco e areia no tratamento de água.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Realizou-se o experimento no Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina. A água de abastecimento foi coletada do rio Jacutinga – PR na cidade de Ibiporã – PR.

Para o experimento, utilizou-se dois coagulantes, sendo o inorgânico sulfato de alumínio (C1) e o orgânico tanino (C2). A preparação de C1 deu-se adicionando 1g do composto em 1 L de água destilada. Para C2, incorporou-se 1 mL da solução em 1 L de água destilada, agitando de modo a homogeneizar a mistura.

A concentração dos coagulantes foi estabelecida realizando pré-ensaio na água de amostra adicionando-se 1 mL, 2 mL, 3 mL, 4 mL e 5 mL de cada coagulante em 100mL da água de estudo e observando melhor concentração em 2 mL.L⁻¹ para C1 e C2, após análise de turbidez das amostras.

Com as concentrações definidas, utilizou-se o equipamento Jar Test preenchendo-se os 6 jarros graduados com 2 L da água de estudo, de modo a controlar a velocidade de rotação das pás e simular os processos que ocorrem em uma estação de tratamento de

água. Iniciou-se o processo de coagulação, com 3 minutos de duração e 150 rpm, seguido da floculação, com tempo de 10 minutos a 15 rpm e posteriormente desligou-se o equipamento para que a sedimentação iniciasse (adaptado de Theodoro, 2012). A **Figura 1** apresenta o aparato experimental utilizado nesse estudo.

Figura 1. Jar-Test contendo a água de estudo e os filtros utilizados



Após 3 minutos de sedimentação, coletou-se as amostras em cada um dos jarros e realizou-se análises de pH, condutividade elétrica, turbidez e cor aparente. Este procedimento foi repetido a cada 10 minutos, sendo a última amostragem com 33 minutos, com o objetivo de avaliar a eficiência de cada um dos coagulantes.

A última etapa do experimento foi a filtração, realizada após 33 minutos de sedimentação. Nesta etapa foram confeccionados 2 tipos de filtros, denominados de filtro de areia (F1) e fibra de coco (F2). Para a construção do primeiro, utilizou-se uma camada fina de não tecido geotêxtil agulhado de gramatura 500g.m^{-2} na base, após isso, duas camadas de areia de 7,5 cm de altura com granulometrias 0 a 0,425 mm (G1) próxima a superfície e 0,425 a 0,825 mm (G2) (Vizibelli *et al.*, 2019). O segundo foi elaborado de acordo com adaptações de Guanina (2017), onde foram escolhidos cocos verdes, que foram divididos ao meio e lavados com água destilada para eliminar partículas grosseiras.

Após esta etapa, o coco foi triturado, as fibras do mesocarpo foram separadas e lavadas novamente com água destilada, com o objetivo de assegurar a completa eliminação das impurezas presentes na água de lavagem. Deste modo, as fibras ficaram 10 dias secando para remover toda a umidade e cortadas em pequenos pedaços, com 3 a 5 cm. O filtro F2 foi elaborado adicionando uma fina camada de não tecido agulhado de gramatura 500g.m^{-2} em sua base, seguida por uma camada de 15 cm de fibra de coco, que foram adicionadas e compactadas para evitar espaços com ar.

Sendo assim, os tratamentos utilizados nesse experimento foram definidos como Sulfato de alumínio em filtro de fibra de coco (T1) e filtro de areia (T2), além de tanino em filtro de fibra de coco (T3) e tanino em filtro de areia (T4). O experimento foi realizado em

triplicata, e as análises estatísticas foram realizadas utilizando a metodologia ANOVA e teste de Tukey no programa R.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente os parâmetros caracterizados para a amostra de água bruta foram Condutividade Elétrica $145,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; pH 6,99; Turbidez 399 NTU; e Cor Aparente 800mgPtCOL^{-1} .

Na análise de pH, o tratamento T1 inicia-se com valor de 7,2 aos 3 minutos de sedimentação e redução gradual até 6,47, enquanto para T2 o pH final, após filtração foi de 6,78. Com relação a T3, aos 3 minutos de sedimentação a amostra apresentou pH com valor de 7,10 com leve redução gradual após a filtração, atingindo 6,75. Por fim, T4 apresentou comportamento similar a T3, com pH final de 6,76. Percebe-se que não houve grandes variações deste parâmetro para ambos os coagulantes utilizados, entretanto, o sulfato de alumínio apresentou uma diminuição neste parâmetro com o decorrer do tempo de sedimentação, com exceção do tempo de 3 minutos, corroborando com os resultados obtidos por Santos *et al.* (2011). Para o tanino, comprova-se também que o coagulante não influenciou grandes variações no pH da água bruta, conforme evidenciado nos estudos de Skoronski *et al.* (2014) e Santos *et al.* (2020).

Após a passagem pelos filtros, os valores de pH não foram alterados de maneira relevante, de modo que os filtros não interferiram na análise deste parâmetro, o que é evidenciado nos estudos de Santos *et al.* (2023) utilizando um filtro composto por areia, fibra de coco e brita, semelhante ao utilizado neste experimento e que também não influenciou nos valores deste parâmetro.

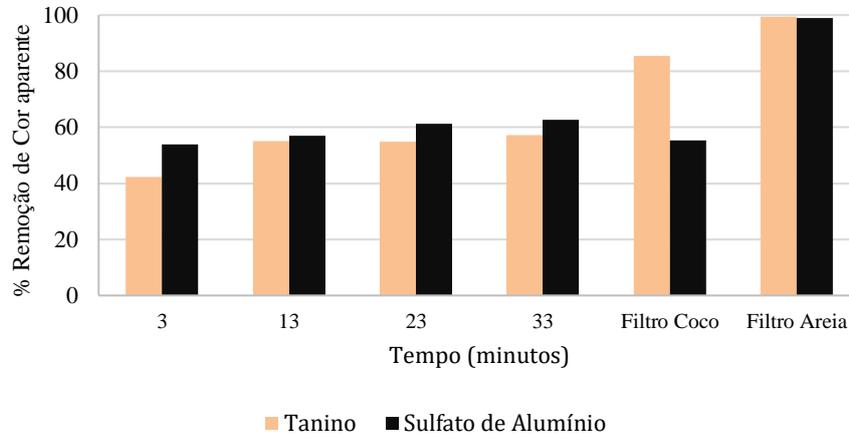
Com relação à condutividade elétrica, observou-se redução após a adição dos coagulantes utilizados, passando de $145,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para valores inferiores a $90 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. De acordo com Lacerda *et al.* (2015) a condutividade elétrica está relacionada com o teor de salinidade da água, indicando a capacidade da mesma em transmitir corrente elétrica devido as substâncias que se dissociam em cátions e ânions, sendo diretamente proporcional a concentração iônica.

Para o sulfato de alumínio, os valores deste parâmetro apresentaram quedas em relação a amostra bruta, onde foi possível identificar uma diferença de até 41,4% nos valores. Após passagem pelos filtros, obteve-se $49,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e $74,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ nos filtros de fibra de coco e areia, respectivamente, notando a diminuição dos valores.

Segundo estudos de Vizibelli *et al.* (2019), Skoronski *et al.* (2014) e Niero *et al.* (2014), o coagulante C2 não altera a condutividade elétrica do meio, entretanto, como contraponto a estes estudos, constatou-se que no filtro de areia, a utilização de tanino apresentou condutividade no valor de $80,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ enquanto no filtro de fibra de coco o mesmo coagulante obteve o valor de $38,7 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, reduzindo assim, 44,6% e 73,4%, respectivamente. Apesar das reduções obtidas, a condutividade elétrica não possui limite definido na atual legislação.

Analisando o parâmetro turbidez, realizou-se o estudo com base na porcentagem de remoção (**Figura 2**), de modo a verificar qual coagulante e filtro foi mais eficiente.

Figura 2. Gráfico da eficiência de remoção de cor aparente de acordo com valores médios



Analisando a Figura 2, percebe-se que após 3 minutos de sedimentação, o coagulante tanino apresentou remoção levemente superior a 40% enquanto o sulfato de alumínio apresentou 10% a mais. No último tempo de sedimentação, o sulfato de alumínio, que obteve resultado superior ao tanino, apresentou valores superiores a 60%, enquanto o segundo obteve remoção entre 55,6% e 59%, sendo levemente inferior. Após passagem pelos filtros, constatou-se que o filtro de areia apresentou melhor eficiência quando comparado com o de fibra de coco, na qual o primeiro revelou remoção de 99,38% utilizando tanino e 98,88% com sulfato de alumínio, enquanto o segundo obteve 85,38% e 55,38%, respectivamente. No entanto percebe-se a eficiência comprovada do coagulante orgânico Tanino frente ao inorgânico, sendo uma alternativa sustentável no tratamento de água.

Ao analisar o filtro de coco, percebe-se que a eficiência diminuiu utilizando o coagulante sulfato de alumínio, isso deve-se a possíveis interferências na montagem e lavagem da fibra de coco, onde ainda poderia haver partículas do meio filtrante que influenciaram na medida deste parâmetro, fazendo com que a eficiência diminuísse.

Nos estudos de Michelin (2021), com filtro de fibra de coco misturado com areia, obteve-se eficiência máxima de 60% no parâmetro cor aparente. Deste modo, a utilização apenas de fibra de coco, se provou ser uma alternativa para o tratamento de água. A **Tabela 1** apresenta a análise estatística aplicada ao parâmetro cor aparente.

Tabela 1. Análise de Variância ANOVA para cor aparente após passagem pelos filtros

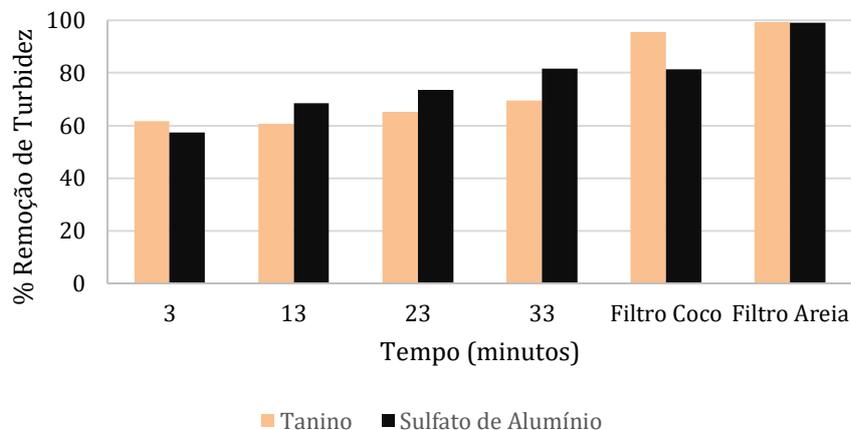
	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc	Valor-p
Tratamento	1	160083	2	33.546	0.0004089	0.00060006
Bloco	1	43681	4	9.154	0.0164214	
Tratamento * Bloco	1	41536	3	8.704	0.0184177	
Resíduo	8	38176	5			
Total	11	283477	1			

De acordo com a **Tabela 1** e utilizando 5% de significância para o teste estatístico, ao analisar o valor-p sendo menor que a significância utilizada, existe uma indicativa de que pode haver diferenças significativas entre dados analisados. Outra questão importante são os valores de F_c , onde no tratamento obteve-se 33.546, e ao analisar o valor obtido em uma tabela F de Fischer, tem-se $F_{(1,8,0.05)} = 5.32$, sendo assim, o valor-p menor que a significância e o valor de f_c maior do que a tabela F, indicam diferenças significativas entre os filtros.

Após realização do teste de Tukey, observou-se que o filtro de areia utilizando os coagulantes tanino e sulfato de alumínio apresentaram valores estatísticos de 7,67a e 10,67 a, respectivamente. Enquanto no filtro de fibra de coco os valores estatísticos obtidos foram de 121a e 359,33a combinados com tanino e sulfato de alumínio, respectivamente. Deste modo, é possível visualizar a superioridade do filtro de areia em relação ao filtro de coco, utilizando tanto tanino quanto sulfato de alumínio como coagulante, sendo assim, é possível afirmar estatisticamente que para o parâmetro cor aparente o filtro de areia foi significativamente superior.

Com relação ao parâmetro turbidez (**Figura 3**), a remoção ocorreu de forma gradativa conforme o tempo de sedimentação, sendo potencializada após a passagem da água pelos filtros.

Figura 3. Gráfico da remoção média de turbidez.



De acordo com a **Figura 3**, percebe-se que após 3 minutos de sedimentação, ambos os coagulantes utilizados já apresentavam remoção de turbidez superior a 55%. No último tempo de sedimentação, o Sulfato de alumínio apresentou valores superiores a 80%, enquanto para o tanino a remoção foi de 69,5%. Posteriormente a filtração, ambos os filtros apresentaram resultados acima de 80%, todavia, com as combinações de filtro de areia obteve-se remoção de 99,45% e 99,1% para Tanino e sulfato de alumínio, respectivamente. O filtro de fibra de coco apresentou eficiência máxima de 95,44% com a utilização de Tanino e 81,35% para Sulfato de alumínio, evidenciando a superioridade do tanino na remoção de turbidez.

Segundo o estudo de Gerhardt (2018), utilizando concentrações de diferentes de Tanino e Sulfato de alumínio, obteve-se remoções até 99,43% e 99,27%, respectivamente,

sendo utilizados filtros de algodão após a coagulação. Utilizando filtro de fibra de coco misturado com areia, foi possível remover até 80% da turbidez (Michelan, 2021).

Em conformidade com a pesquisa de Do Nascimento *et al.* (2012) a utilização da filtração lenta descendente, utilizando manta sintética não tecida com duas gramaturas e areia como meio filtrante obteve-se remoção na faixa de 90%. Sendo assim, evidencia-se a remoção de turbidez dos filtros utilizados nesta pesquisa, com remoção acima de 99%.

Deste modo, foram realizadas análises estatísticas (**Tabela 2**) para averiguação da existência de diferenças significativas entre os dois tipos de filtros utilizados.

Tabela 2. Análise de variância ANOVA para turbidez após passagem pelos filtros

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc	Valor-p
Tratamento	1	2884.9	3	55.127	0.000074	0.04600457
Bloco	1	314.8	4	6.015	0.039777	
Tratamento * Bloco	1	247.9	2	4.737	0.061202	
Resíduo	8	418.6	5			
Total	11	3866.2	1			

Analisando a **Tabela 2**, com o auxílio de uma tabela F de Fischer, é possível obter $F_{(1,8,0.05)} = 5,32$ e o valor de Fc no tratamento, obtido na Tabela 2, é superior ao obtido nesta tabela, sendo essa uma indicativa de diferença significativa, além disso, o valor-p menor que 0,05 respalda a indicação, além de confirmar a existência de diferença significativa no conjunto de dados.

Com o teste de Tukey, obteve-se estatísticas de 2,79a para o filtro de areia e 33.8b para o filtro de coco, deste modo constatou-se a existência de diferenças significativas em relação aos dois filtros utilizados. Deste modo, evidencia-se que o filtro de areia foi estatisticamente superior ao filtro de coco para o parâmetro turbidez durante o ensaio.

CONCLUSÕES

O filtro construído de fibra de coco como material filtrante apresentou bons resultados quando comparados aos filtros de areia como remoção de até 95% de turbidez e 85,38% de cor aparente, utilizando o coagulante orgânico tanino, podendo ser uma alternativa para esta etapa do tratamento, entretanto, pelo material ser orgânico, utilizou-se grande quantidade de água para a lavagem e remoção de partículas da fibra, sendo necessário um maior estudo sobre a viabilidade econômica e ambiental ao material.

REFERÊNCIAS

BRANDÃO, V. A. C. **A importância do tratamento adequado da água para eliminação de microorganismos**. 2011. 36 p. Tese (Licenciatura em Biologia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Abastecimento de Água – 2021**. Available at:

<https://www.gov.br/mdr/ptbr/assuntos/saneamento/snis/painel/ab>. Accessed on: 2023 Sep. 06.

BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde. **Resolução nº 888, de 4 de maio de 2021.**

Available at:

https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Accessed on: 2023 Sep. 08.

CORAL, L. A.; BERGAMASCO, R.; BASSETI, F. J. Estudo da Viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo. *In: International Workshop advances in cleaner production*. São Paulo, Brasil, 2009.

GERHARDT, C. M. **Uma alternativa de substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de água potável**. 2018. 79 p. Tese (Engenharia Química Industrial) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2018.

GUANINA, J. D. P. Y. **Analises de la fibra de coco como filtro em el tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiembre moyolsa, ubicada em la parroquia pishlata de la ciudad de Ambato**. 2017. 83 p. Tese (Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Ingeniería Civil) - Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Colômbia, 2017.

LACERDA, A. B.; BACHER, L. E.; DE OLIVEIRA, C.; ALLAGAYER, M.; RODRIGUES, M. A. S. Condutividade da Água como Indicador de Eficiência do Processo de Eletrodiálise. *Inovamundi: Seminário de Pós-Graduação*. Editora Feevale, v. 8, p. 4-8, 2015.

MICHELAN, D. C. De G. S. **Uso de materiais não convencionais misturados com areia no meio filtrante para o tratamento de água para consumo humano**. 2021. 43 p. Relatório Iniciação Científica, (Tratamento de água), Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, SE, 2021.

NASCIMENTO, A. P.; PELEGRINI, R. T.; DE BRITO, N. N. Filtração lenta para tratamento de águas para pequenas comunidades rurais. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 2, n. 4, p. 54 - 58, 2012.

NIERO, B.; ALVES, M. V.; SKORONSKI, E. Avaliação do potencial de aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão. **Revista Cadernos Acadêmicos**, v. 4, n. 2, p. 188-193, 2012.

ROSALINO, M. R. R. **Potenciais efeitos da presença de alumínio na água de consumo humano**. 2011. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

SANTOS, S. T.; LIMA, A. DE J.; MICHELAN, D. C. DE G. S. Desempenho de filtros lentos com meio filtrante de misturas de areia e materiais sustentáveis. **Revista Aidis**, v. 16, n. 1, p. 139-153, 2015.

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. **Revista Exacta**, v. 9, p. 317-321, 2011.

SKORONSKI, E.; NIERO, B.; FERNANDES, M.; ALVES, M. V.; TREVISAN, V. Estudo de aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão SC. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 4, p. 679-687, 2014.

THEODORO, J. D. P. **Estudo dos mecanismos de coagulação/floculação para a obtenção de água de abastecimento para o consumo humano**. 2012. 184 p. Tese (Doutorado Engenharia Química) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2012.

VIZIBELLI, D.; PEREIRA, E. R.; JANZ, F. J. L.; RIBEIRO, T.; BORGES, J. C. A. Não tecido geotêxtil agulhado aplicado como material de leito filtrante em água pré-tratada com coagulantes orgânicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 31320-31331, 2019.

Recebido em: 29/10/2024

Aprovado em: 12/12/2024