INFLUÊNCIA DO TEMPO DE DECANTAÇÃO COM O USO DE CACTO COMO COAGULANTE

Ana Beatriz Matos Santos [1]; Ana Lara Araújo Santos [2]; Débora de Gois Santos[3]; Luciana Coêlho Mendonça [4] & Denise Conceição de Gois Santos Michelan [5]

RESUMO – Apesar da Lei nº 14.026 estabelecer metas para a universalização do abastecimento de água potável até 2033, ainda existem desafios relacionados à escassez hídrica, degradação dos mananciais e desigualdade no acesso à água tratada. Nesse contexto, o uso de coagulantes naturais surge como alternativa sustentável e de baixo custo. Entre eles, destaca-se o cacto palma (Opuntia spp.), reconhecido pela capacidade de auxiliar na remoção de turbidez e cor da água. Assim, este estudo teve como objetivo verificar a eficiência da decantação da água do rio Poxim utilizando o cacto palma como coagulante natural. Foram realizados ensaios de tratabilidade por meio do Jar Test, com diferentes dosagens e tempos de decantação, seguidos de filtração. Avaliaram-se parâmetros físico-químicos, como turbidez, cor aparente, cor verdadeira, pH e condutividade elétrica. Os resultados demonstraram o potencial do cacto palma como alternativa sustentável no tratamento da água do rio Poxim. Além disso, os resultados reforçam o potencial de utilização de recursos naturais abundantes em regiões semiáridas como alternativa complementar aos métodos convencionais de tratamento de água

ABSTRACT – Although Law No. 14,026 established targets for the universalization of potable water supply by 2033, challenges related to water scarcity, watershed degradation, and inequality in access to treated water still remain. In this context, the use of natural coagulants has emerged as a sustainable and low-cost alternative. Among them, cactus pear (Opuntia spp.) stands out due to its ability to assist in the removal of turbidity and color from water. Therefore, this study aimed to evaluate the efficiency of the treatment of Poxim River water using cactus pear as a natural coagulant. Treatability tests were carried out using the Jar Test method, with different dosages and sedimentation times, followed by filtration. Physicochemical parameters, including turbidity, apparent color, true color, pH, and electrical conductivity, were evaluated. The results demonstrated the potential of cactus pear as a sustainable alternative for the treatment of Poxim River water. Furthermore, the findings reinforce the potential use of abundant natural resources from semiarid regions as complementary alternatives to conventional water treatment methods.

Palavras-Chave – Cacto palma (Opuntia spp.); Coagulante natural; Rio Poxim.

[1]) Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Ambiental. Avenida Marcelo Deda Chagas, bairro Rosa Elze, e do CEP 49107-230, 75-999330647, ana_ailla_liz@hotmail.com.
[2]) Universidade Federal de Sergipe, Pós Graduação em Recursos Hídricos. Avenida Marcelo Deda Chagas, bairro Rosa Elze, e do CEP 49107-230, 79-999301220, analarah.santos@gmail.com.
3) Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Civil. Avenida Marcelo Deda Chagas, bairro Rosa Elze, e do CEP 49107-230, 79-991304658, denisegois@academico.ufs.br.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável para a vida, sendo fundamental para a saúde humana e para o equilíbrio ambiental. Apesar de sua abundância no planeta, nem toda água disponível apresenta qualidade adequada para o consumo humano, principalmente em comunidades rurais e regiões com acesso limitado á sistemas convencionais de tratamento (Pádua; Heller, 2010). No Brasil, a Lei nº 14.026 (Brasil, 2020) estabelece metas para a universalização do saneamento básico até 2033, porém ainda existem desafios relacionados à escassez hídrica, degradação dos mananciais e desigualdade no acesso à água potável. Esses desafios estão alinhados às metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6) da Organização das Nações Unidas (ONU), que busca assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos até 2030 (ONU, 2015).

Nesse contexto, alternativas sustentáveis e de baixo custo, como os coagulantes naturais de origem vegetal, têm ganhado destaque devido à baixa toxicidade e facilidade de obtenção (Lima Júnior; Abreu, 2018). Entre essas alternativas, o cacto palma (*Opuntia spp.*) apresenta potencial para o tratamento de água, especialmente na remoção de turbidez e cor, em razão das substâncias viscosas presentes em sua composição (Silva *et al.*, 2012; Goes *et al.*, 2017).

Dessa forma, este estudo busca verificar a eficiência dos tempos de decantação da água do rio Poxim, sendo eles de 15 e 30 minutos, utilizando o cacto palma como coagulante natural, contribuindo para o desenvolvimento de métodos sustentáveis e acessíveis para melhoria da qualidade da água.

2. METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo foram coletadas amostras de água do rio Poxim, posteriormente submetidas às análises físico-químicas antes e após o tratamento.

O coagulante natural foi preparado a partir do cacto palma em duas formas distintas: com casca (CC) e sem casca (SC) (Figura 1), visando comparar o desempenho de ambos os extratos no processo de tratamento. Segundo Goes *et al.* (2017), substâncias viscosas presentes em cactáceas apresentam potencial na remoção de partículas suspensas, contribuindo para a redução da turbidez e da cor da água.

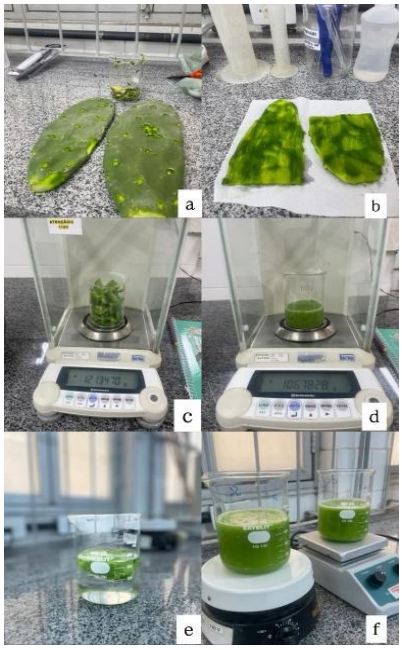


Figura 1- a) Retirada dos espinhos do cacto casca; b) retirada da casca do cacto; c) pesagem da quantidade necessária de cacto para triturá-lo; d) cacto triturado; e) soluções de extratos de cactos sendo agitados no agitador mecânico; f) soluções preparadas para serem armazenadas em recipientes de vidro.

Para simular o processo de coagulação, floculação, e decantação típico de uma ETA, utilizou-se o equipamento *Jar Test* (Figura 2), com volume de 2 L de água bruta por jarro. O procedimento seguiu as etapas descritas por Lima (2020):



Figura 2- Tratamento de água no Jar Test.

- Mistura rápida a 112,2 rpm por 2 minutos;

- Mistura lenta a 38 rpm por 15 minutos;
- Decantação por 15 e 30 minutos;

Filtração em membrana com porosidade de 45 µm e bomba a vácuo após decantação.

Após o tratamento, foram analisados os parâmetros físico-químicos da água, incluindo turbidez, cor aparente, cor verdadeira, pH e condutividade elétrica, com base nos padrões estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 (Brasil, 2021).

2.1 Caracterização da água bruta

A água utilizada neste estudo foi proveniente do rio Poxim, importante manancial hídrico responsável pelo abastecimento de parte da região metropolitana de Aracaju, Sergipe. O rio possui grande relevância socioambiental e econômica para a população local, sendo utilizado para abastecimento público e outras atividades. Entretanto, assim como outros corpos hídricos urbanos, o rio Poxim sofre influência de ações antrópicas, que podem comprometer a qualidade da água e intensificar problemas relacionados à turbidez e à presença de matéria orgânica.

Segundo a American Public Health Association — APHA (2017), a caracterização da água bruta é uma etapa essencial nos estudos de tratabilidade, pois permite identificar as condições iniciais do manancial e avaliar a eficiência dos processos de tratamento aplicados.

A avaliação desses parâmetros possibilitou verificar as características iniciais da água do rio Poxim, servindo como base comparativa para os resultados obtidos após o processo de coagulação, decantação e filtração utilizando o cacto palma (*Opuntia* spp.) como coagulante natural.

2.2 Parâmetros de qualidade da água e legislação vigente

As amostras de água bruta e tratada foram analisadas de acordo com os parâmetros metodológicos descritos pela APHA (2012), incluindo turbidez (Método 2130 B), cor aparente (Método 2120 C), cor verdadeira (Método 2120 C após filtração em membrana de 0,45 µm), pH (Método 4500-H+B) e condutividade elétrica (Método 2510 B).

Os resultados obtidos foram comparados com os padrões estabelecidos pela Portaria nº 888 (Brasil, 2021), que dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, além da Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005), referente à classificação dos corpos hídricos e diretrizes ambientais.

A avaliação desses parâmetros permitiu verificar a eficiência do processo de coagulação, decantação e filtração utilizando o cacto palma (*Opuntia* spp.) como coagulante natural, especialmente na redução da turbidez e da cor da água. Segundo APHA (2012), esses parâmetros são fundamentais para a análise da qualidade físico-química da água e para o monitoramento da eficiência dos processos de tratamento.

2.3 Tratamento estatístico

Os dados obtidos nos ensaios experimentais foram organizados e submetidos à análise estatística descritiva, utilizando média aritmética, e desvio padrão dos parâmetros avaliados. Além disso, foram submetidos à análise estatística com nível de confiança de 95%. Inicialmente, realizou-se o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição dos dados. Posteriormente, foram aplicados o Teste t e o teste de Wilcoxon para avaliar possíveis diferenças estatísticas entre os tratamentos com cacto palma com casca (CC) e sem casca (SC), além da comparação entre os tempos de decantação analisados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estatística descritiva

Os resultados obtidos demonstraram redução dos valores de turbidez e cor aparente da água do rio Poxim após a aplicação do cacto palma como coagulante natural. A água bruta apresentou turbidez média de 35 NTU e cor aparente média de 216,3 uH, evidenciando a necessidade de tratamento.

Em relação à turbidez, todos os tratamentos promoveram redução em comparação à água bruta. Para o tempo de decantação de 15 minutos, os valores médios foram de 14,45 NTU para o tratamento com casca (CC) e 14,90 NTU para o tratamento sem casca (SC). Já para 30 minutos de decantação, os valores médios foram de 15,10 NTU (CC) e 13,55 NTU (SC). Embora o tratamento sem casca com 30 minutos tenha apresentado o menor valor médio de turbidez, os resultados devem ser interpretados como uma tendência de melhor desempenho, uma vez que não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos. Resultados semelhantes foram relatados por Goes *et al.* (2017), que verificaram redução da turbidez utilizando cactáceas como coagulantes naturais.

Para a cor aparente, todos os tratamentos apresentaram redução em relação à água bruta. As médias observadas foram de 162,45 uH (CC-15 min), 127,65 uH (SC-15 min), 151,55 uH (CC-30 min) e 133,65 uH (SC-30 min). As remoções observadas foram de 24,9% para o tratamento com casca e 15 minutos de decantação (CC15), 41,0% para o tratamento sem casca e 15 minutos (SC15), 29,9% para o tratamento com casca e 30 minutos (CC30) e 38,2% para o tratamento sem casca e 30 minutos (SC30). As maiores reduções percentuais foram observadas nos tratamentos sem casca, especialmente no tempo de 15 minutos, sugerindo que o preparo do extrato pode influenciar na eficiência da coagulação. Segundo Altamirano, Lévano e Yapu (2020), modificações no preparo dos extratos vegetais podem afetar diretamente a formação e sedimentação dos flocos.

A condutividade elétrica da água bruta apresentou média de 372,11 µS cm^{-1}. Após o tratamento, os valores médios variaram entre 169,22 e 329,16 µS cm^{-1}. As oscilações observadas podem estar associadas à presença de compostos orgânicos e minerais liberados pelo extrato vegetal, comportamento também descrito por Zara, Thomazini e Lenz (2012).

Quanto ao pH, os desvios padrão observados indicaram baixa variabilidade entre os tratamentos. Os valores mantiveram-se próximos da neutralidade, demonstrando que a aplicação do cacto palma não promoveu alterações expressivas na acidez da água. Michelan *et al.* (2021) também observaram estabilidade do pH em estudos utilizando coagulantes naturais.

Em relação à temperatura, a água bruta apresentou média de 25,21 ± 1,25 °C. Após os tratamentos, as médias variaram entre 24,88 e 25,08 °C, indicando apenas pequenas oscilações decorrentes das condições experimentais. Segundo APHA (2012), variações dessa magnitude são comuns em ensaios laboratoriais e não comprometem a eficiência dos processos de coagulação e sedimentação.

Os desvios padrão observados na Tabela 1 refletem a variabilidade experimental inerente aos estudos com coagulantes naturais, decorrente tanto das características da água bruta quanto da composição biológica do cacto palma (Lima, 2020). De modo geral, os resultados descritivos demonstram que o uso do cacto palma contribuiu para a melhoria da qualidade da água, especialmente pela redução da turbidez e da cor aparente.

Tabela 1 – Estatística descritiva

Parâmetro	AB		15 min		15 min		30 min		30 min	
	Média	Desvio	CC - MED	CC-DP	SC-MED	SC- DP	CC-MED	CC-DP	SC-MED	SC-DP
Turbidez	35	28,55	14,45	7,43	14,9	7,07	15,1	7,79	13,55	7,95
Cor aparente	216,3	121,46	162,45	74,1	127,65	45,47	151,55	79,28	133,65	80,37
Condutividade	372,11	168,17	199,44	49,68	182,39	37,99	169,22	19,57	329,16	516,42
pH	6,0–8,4 *	0,7723	6,0–8,2 *	0,6819	6,0–8,3 *	0,6735	5,8–7,6 *	0,5824	5,8–7,8 *	0,636
Temperatura	25,21	1,2467	25,08	0,9856	25,08	1,106	24,94	1,081	24,88	1,077

(*):Valores expressos como faixa de variação (mínimo–máximo)

Fonte: Autores (2026)

3.2 Estatística inferencial

A Tabela 2 apresenta os resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk e dos testes estatísticos aplicados para comparação entre os tratamentos.

Tabela 2 – Estatística inferencial.

Amostra	Parâmetro Analisado	Shapiro -Wilk (p-valor)	Teste Adotado	p-valor do teste adotado
Água Bruta	Turbidez	0,00077	Wilcoxon	0,7592
	Condutividade	0,82246	Teste - t	0,2343
	Cor Aparente	0,09138	Teste - t	0,6812
Cacto com Casca (15 minutos)	Turbidez	0,06582	Teste - t	0,8201
	Condutividade	0,25094	Teste - t	0,9741
	Cor Aparente	0,01059	Wilcoxon	0,6835
Cacto sem Casca (15 minutos)	Turbidez	0,01779	Wilcoxon	0,4443
	Condutividade	0,72984	Teste- t	0,8551
	Cor Aparente	0,04174	Wilcoxon	1,0000
Cacto com Casca (30 minutos)	Turbidez	0,00689	Wilcoxon	0,4752
	Condutividade	0,21037	Teste -t	0,1952
	Cor Aparente	0,00456	Wilcoxon	0,8784
Cacto sem Casca (30 minutos)	Turbidez	0,01329	Wilcoxon	0,8379
	Condutividade	0,00001	Wilcoxon	0,8127
	Cor Aparente	0,00227	Wilcoxon	0,6835

Fonte: Autores (2026)

Os resultados da análise inferencial demonstraram que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos avaliados para os parâmetros turbidez, cor aparente e condutividade elétrica ($p > 0,05$). Dessa forma, considerando o nível de significância adotado de 5%, os tratamentos com cacto palma com casca (CC) e sem casca (SC), nos tempos de decantação de 15 e 30 minutos, apresentaram desempenho estatisticamente semelhante.

Parte dos dados não apresentou distribuição normal segundo o teste de Shapiro-Wilk, justificando a utilização do teste não paramétrico de Wilcoxon em algumas comparações. Para os conjuntos de dados que atenderam ao pressuposto de normalidade, foi aplicado o teste t. Segundo

Field (2013), a escolha adequada do teste estatístico é fundamental para garantir maior confiabilidade aos resultados experimentais.

Embora tenham sido observadas diferenças entre as médias dos tratamentos, essas variações não foram suficientes para caracterizar superioridade estatística de qualquer tratamento avaliado. Assim, os resultados sugerem que a presença ou ausência da casca não influenciou significativamente a eficiência do processo de coagulação e decantação nas condições estudadas.

Do ponto de vista operacional, considerando que os tratamentos apresentaram desempenho estatisticamente equivalente, a utilização do cacto com casca pode representar uma alternativa mais simples e prática, por dispensar a etapa de remoção da casca.

Os resultados reforçam o potencial do cacto palma (*Opuntia spp.*) como coagulante natural para o tratamento da água do rio Poxim, constituindo uma alternativa sustentável e de baixo custo para sistemas simplificados de tratamento de água.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que o cacto palma (*Opuntia spp*.) apresentou potencial como coagulante natural no tratamento da água do rio Poxim, promovendo redução dos parâmetros de turbidez e cor aparente após os processos de coagulação, decantação e filtração.

Tanto os tratamentos com casca quanto sem casca contribuíram para a melhoria da qualidade da água, evidenciando a viabilidade do uso do cacto como alternativa sustentável e de baixo custo. A análise estatística inferencial indicou que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos avaliados ($p > 0,05$), demonstrando que ambos apresentaram desempenho semelhante nas condições experimentais estudadas.

Considerando a equivalência estatística observada, a utilização do cacto com casca pode ser considerada uma alternativa operacionalmente mais simples, uma vez que dispensa etapas adicionais de preparo do material vegetal.

Apesar das reduções observadas, alguns parâmetros permaneceram acima dos limites estabelecidos pela Portaria nº 888/2021, indicando a necessidade de etapas complementares de tratamento, especialmente filtração e desinfecção.

Dessa forma, o estudo reforça a importância do desenvolvimento de tecnologias sustentáveis utilizando recursos naturais regionais, contribuindo para alternativas ambientalmente adequadas e alinhadas ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6) – Água Potável e Saneamento.

AGRADECIMENTOS - À CAPES, pelo apoio financeiro por meio da concessão de bolsas de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALTAMIRANO, J.; LÉVANO, C.; YAPU, M. (2020). "Uso de coagulantes naturais derivados de *Opuntia ficus-indica* no tratamento de águas superficiais". Revista de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 35(2), pp. 45–58.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22. ed. Washington, DC, 1360 p.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23. ed. Washington, DC, 1545 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. *Diário Oficial da União*, Brasília – DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. (2020). Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. *Diário Oficial da União*, Brasília – DF, 16 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. (2021). Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília – DF.

FIELD, A. (2013). *Descobrindo a estatística usando o SPSS*. 2. ed. Porto Alegre – RS, Artmed, 688 p.

GOES, V. H.; SILVA, M. A.; SOUZA, R. F. (2017). "Aplicação de coagulantes naturais no tratamento de águas superficiais". Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 22(3), pp. 1–12.

LIMA, J. S. (2020). *Avaliação do uso de cactáceas como coagulantes naturais no tratamento de água para abastecimento humano*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão – SE, 98 p.

LIMA JÚNIOR, R. N.; ABREU, F. O. M. S. (2018). "Uso de coagulantes naturais no tratamento de água para consumo humano: uma revisão". Revista Virtual de Química, 10(3), pp. 709–728.

MICHELAN, D. C.; SILVA, A. P.; OLIVEIRA, M. R.; SANTOS, J. F. (2021). “Avaliação de coagulantes naturais à base de *Moringa oleifera* no tratamento de água”. Engenharia Sanitária e Ambiental, 26(4), pp. 755–764.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). (2015). *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Nova York, ONU.

PÁDUA, V. L.; HELLER, L. (2010). *Abastecimento de água para consumo humano*. 2. ed. Belo Horizonte – MG, Editora UFMG.

SILVA, J. et al. (2012). “Estudo da eficiência de polímero natural extraído do cacto mandacaru como auxiliar no tratamento de água”. Revista de Estudos Ambientais, 14(2), pp. 75–83.

ZARA, R. F.; THOMAZINI, A.; LENZ, G. F. (2012). “Aplicação de polímeros naturais no processo de coagulação/floculação”. Revista DAE, 60(190), pp. 34–41.