POTENCIAL DO MANDACARU (*CEREUS JAMACARU*) COMO COAGULANTE NO TRATAMENTO DE ÁGUA SUPERFICIAL

POTENCIAL DEL MANDACARU (*CEREUS JAMACARU*) COMO COAGULANTE EN EL TRATAMIENTO DE AGUA SUPERFICIAL

POTENTIAL OF MANDACARU (*CEREUS JAMACARU*) AS A COAGULANT IN SURFACE WATER TREATMENT

Kelly Anselmo de Souza[1], Selma Cristina da Silva [2], Rivã Ribeiro Nascimento[3]

[1] Engenheira Agrônoma CCAAB/UFRB. Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração Agricultura Irrigada e Sustentabilidade de Sistemas Hidroagrícola CCAAB/UFRB. Doutoranda em Engenharia Agrícola CCAAB/UFRB. Cruz das Almas-Bahia, Brasil. kellysouza_12@hotmail.com, nº de ORCID: 0009-0008-9476-5413

[2] Engenheira Sanitarista e Ambiental e Especialista em Gerenciamento de recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Ambiental da UFBA. Mestre em Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Civil da UFCG. Doutora em Tecnologia Ambiental pelo Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia da UnB. Pós Doutora em Saneamento pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Professora Associada – CETEC/UFRB. Cruz das Almas-Bahia, Brasil. selma@ufrb.edu.br, nº de ORCID: 0000-0002-0387-6943

[3] Graduando em Agronomia CCAAB/UFRB. Cruz das Almas-Bahia, Brasil. rivfrana@yahoo.com.br, nº de ORCID: 0000-0001-6675-679X

Eixo Temático 03 – TECNOLOGIAS PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Biocoagulantes como alternativas para o tratamento de água.

Eje Temático 03 – TECNOLOGÍAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA
Biocoagulantes como alternativas para el tratamiento de agua.

Thematic Axis 03 – TECHNOLOGIES FOR WATER SUPPLY
Biocoagulants as alternatives for water treatment.

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar o potencial coagulante do mandacaru no processo de clarificação de água superficial. Foram testadas diferentes soluções extratoras (NaCl 3M; HCl 0,1M; NaCl 1%; HCl 0,01M; NaOH 0,1M; NaCl 0,3M) para obtenção do extrato do mandacaru. Os ensaios de coagulação/floculação foram realizados pelo método de jarros (*Jar Test*). Os parâmetros analisados nas amostras de água bruta e tratada foram cor, turbidez, e pH. As variáveis analisadas foram comparadas por análise de variância (ANOVA) e o efeito dos tratamentos verificados pelo teste F, ambos com nível de significância de 5%. Os resultados mostraram maior eficiência na remoção de turbidez com os extratos obtidos em HCl 0,1M e NaCl 1%, com remoções 71,07% e 71,31%, respectivamente. No entanto, a remoção de cor foi baixa em todas as condições. O extrato obtido com NaOH apresentou desempenho negativo. Apesar de variações significativas, o pH permaneceu dentro dos limites normativos (6,5–8,5), exceto para o tratamento com HCl 0,1M. Conclui-se que o mandacaru apresenta potencial como coagulante natural, podendo contribuir para o desenvolvimento de tecnologias acessíveis e ecologicamente sustentáveis para o tratamento de água em comunidades do Nordeste brasileiro.

Palavras-chave: Coagulaão, Floculação, Coagulantes naturais, Semiárido nordestino, Jar Test

RESÚMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el potencial coagulante del mandacaru en el proceso de clarificación de agua superficial. Se probaron diferentes soluciones extractivas (NaCl 3M; HCl 0,1M; NaCl 1%; HCl 0,01M; NaOH 0,1M; NaCl 0,3M) para la obtención del extracto de mandacaru. Los ensayos de coagulación/floculación se realizaron mediante el método de frascos (Jar Test). Los parámetros analizados en las muestras de agua cruda y tratada fueron color, turbidez y pH. Las variables analizadas fueron comparadas mediante análisis de varianza (ANOVA) y el efecto de los tratamientos verificados por el test F, ambos con un nivel de significancia del 5%. Los resultados mostraron mayor eficiencia en la eliminación de turbidez con los extractos obtenidos en HCl 0,1M y NaCl 1%, con eliminaciones del 71,07% y 71,31%, respectivamente. Sin embargo, la eliminación de color fue baja en todas las condiciones. El extracto obtenido con NaOH presentó un desempeño negativo. A pesar de las variaciones significativas, el pH se mantuvo dentro de los límites normativos (6,5–8,5), excepto para el tratamiento con HCl 0,1M. Se concluye que el mandacaru presenta potencial como coagulante natural, pudiendo contribuir al desarrollo de tecnologías accesibles y ecológicamente sostenibles para el tratamiento de agua en comunidades del Nordeste brasileño..
Palabras clave: Coagulación, Floculación, Coagulantes naturales, Semiárido del noreste, Jar Test

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the coagulating potential of mandacaru in the process of clarifying surface water. Different extracting solutions (NaCl 3M; HCl 0.1M; NaCl 1%; HCl 0.01M; NaOH 0.1M; NaCl 0.3M) were tested to obtain the mandacaru extract. Coagulation/flocculation tests were conducted using the jar method (Jar Test). The parameters analyzed in the raw and treated water samples were color, turbidity, and pH. The analyzed variables were compared using analysis of variance (ANOVA) and the effect of treatments was verified by the F test, both at a significance level of 5%. The results showed the greatest efficiency in turbidity removal with the extracts obtained from HCl 0.1M and NaCl 1%, with removals of 71.07% and 71.31%, respectively. However, color removal was low under all conditions. The extract obtained with NaOH showed negative performance.Despite significant variations, the pH remained within the normative limits (6.5–8.5), except for the treatment with 0.1M HCl. It is concluded that the mandacaru shows potential as a natural coagulant, which can contribute to the development of accessible and environmentally sustainable technologies for water treatment in communities in the Brazilian Northeast.
Keywords: Coagulation, Flocculation, Natural coagulants, Northeast semi-arid, Jar Test

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por água potável e os desafios impostos pela contaminação de fontes hídricas têm impulsionado a busca por tecnologias de tratamento que sejam, ao mesmo tempo, eficientes e ambientalmente sustentáveis. Tradicionalmente, o uso de coagulantes químicos, como o sulfato de alumínio [Al2(SO4)3], tem se destacado na remoção de impurezas em processos de tratamento de água. Contudo, riscos ambientais e de saúde associados ao

emprego desses reagentes têm estimulado a investigação de alternativas naturais e de baixo custo.

Nos últimos anos, extratos e pós de origem vegetal têm ganhado destaque como coagulantes naturais, oferecendo alternativas sustentáveis para o tratamento de água. Entre essas opções, o mandacaru (*Cereus jamacaru*), um cacto típico da Caatinga e amplamente distribuído no semiárido brasileiro, apresenta características promissoras para essa aplicação. Adaptado a condições edafoclimáticas adversas, possui uma composição bioquímica rica em polissacarídeos e outros compostos que favorecem a formação de flocos durante a coagulação, contribuindo para a clarificação da água (Georgin *et al.,* 2020).

Apesar de sua relevância ecológica e cultural, ainda há poucos estudos sobre suas propriedades coagulantes. No entanto, pesquisas indicam que o *Cereus jamacaru* é uma fonte de proteínas antimicrobianas com potencial biotecnológico (Mota *et al.,* 2019). Além disso, suas propriedades biodegradáveis e renováveis o tornam uma alternativa promissora para aplicações ambientais, especialmente no tratamento de água em comunidades vulneráveis.

Sua composição química inclui ligninas, flavonoides, cumarinas e taninos, tanto condensados quanto hidrolisáveis, substâncias que apresentam grupos funcionais com alta capacidade de interação química, favorecendo processos como a biossorção (Medeiros *et al.,* 2019). Essas características tornam o mandacaru um recurso valioso para soluções sustentáveis no manejo de recursos hídricos.

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo avaliar o potencial coagulante do mandacaru no tratamento de água, analisando sua eficiência no processo de clarificação da água para abastecimento humano. A pesquisa busca contribuir para o desenvolvimento de processos sustentáveis e economicamente viáveis para o tratamento de água, especialmente em regiões onde os recursos hídricos são escassos e o uso de produtos químicos pode ser de custo elevado e de disponibilidade limitada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Tratamento e Reuso de Águas (LABTARE) do Pavilhão de Laboratórios do Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas (CETEC) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

A água foi coletada no Rio Capivari, sub-bacia do Rio Paraguaçu, localizado nas coordenadas 12°39'35" S e 39° 2'46" W (cota 139,6 m) na comunidade da Sapucaia, zona rural

do Município de Cruz das Almas-Ba, no período de julho à setembro de 2024. A qualidade das águas brutas e tratadas (clarificadas) foram caracterizadas quanto a cor (UC), turbidez (NTU) e pH.

Os cladódios de mandacaru (*Cereus jamacaru*) foram coletados de uma planta localizada na Fazenda Experimental da UFRB (**Figura 1**).



Figura 1. Planta de mandacaru na Fazenda Experimental da UFRB. Planta de mandacaru (*Cereus jamacaru*) (a); Detalhe do caule (b).
Fonte: Elaboração própria (2024).

Após a coleta, o material foi submetido a uma série de etapas para a obtenção do pó, utilizado na formulação do coagulante orgânico: **remoção de espinhos:** os espinhos dos cladódios foram removidos manualmente (**Figura 2a**); **lavagem:** Após a remoção dos espinhos, os cladódios foram lavados inicialmente com água da torneira e, posteriormente, com água destilada; **corte:** os cladódios foram cortados em pequenos pedaços para facilitar o processo de secagem (**Figura 2b**); **secagem:** Os pedaços foram desidratados em duas etapas: primeiro, em uma estufa a 105 °C por 3 horas, para eliminação da umidade superficial; e depois a 65 °C por 20 horas, assegurando a desidratação completa do material para a trituração; **trituração:** o material foi triturado em um liquidificador até a obtenção de um pó fino (**Figura 2c**).

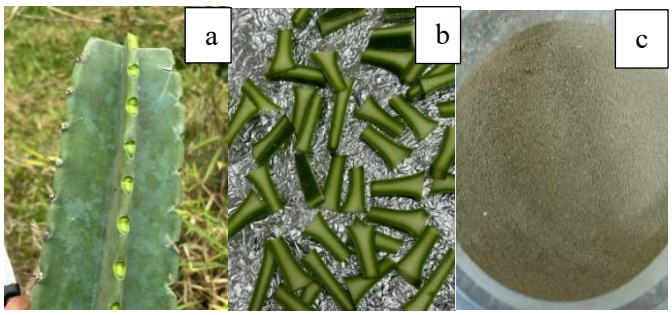


Figura 2. a. Cladódios de mandacaru sem espinho; **b.** Corte dos cladódios em pequenos pedaços para facilitar a secagem; **c.** Mandacaru em pó fino.
Fonte: Elaboração própria (2024).

A propriedade coagulante do mandacaru foi extraída em soluções ácidas, alcalinas e salinas de acordo com as metodologias de Zara; Thomazini; Lenz (2012) e de ELsayed *et al.,* (2020) de modo a observar qual dessas soluções fornecerá os melhores resultados.

Para isso, 15 g do pó de mandacaru foi suspenso em 150 mL do solvente, seguido de agitação por 20 minutos a temperatura ambiente (20 ± 1°C) em um agitador magnético. Após a extração dos compostos ativos, a solução foi filtrada em filtro de café para a remoção de impurezas, garantindo maior pureza e eficiência. O extrato filtrado foi então utilizado diretamente para evitar os efeitos do envelhecimento.

Para determinar a eficácia do mandacaru (*Cereus jamacaru*) como coagulante principal, foram testadas concentrações de 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 mg/L, extraídas em diferentes soluções: NaCl 0,3 N, NaCl 1%, HCl 0,1 M, HCl 0,01 M e NaOH 0,1 M. As condições de ensaios foram as seguintes: mistura rápida a 100 rpm em 1 min, mistura lenta de 30 rpm por 15 min e 120 min de decantação.

As variáveis analisadas foram comparadas por análise de variância (ANOVA) e o efeito das soluções extratoras verificado pelo teste F, ambos com nível de significância de 5%. Para comparações múltiplas de médias foram utilizados o teste de Tukey ($p \leq 0,05$); enquanto a análise de regressão foi aplicada para avaliar o efeito das diferentes doses de coagulantes. A análise estatística foi realizada utilizando o software R, versão 4.4.0 (R CORE TEAM, 2024), e os pacotes ExpDes.pt (Ferreira *et al*., 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Figura 3** mostra os valores médios de remoção de turbidez em diferentes doses de extrato de mandacaru. Verifica-se que a eficiência variou conforme a solução extratora utilizada. A solução NaOH 0,1M aumentou a turbidez, evidenciando sua ineficácia, e por isso foi excluída das análises estatísticas.

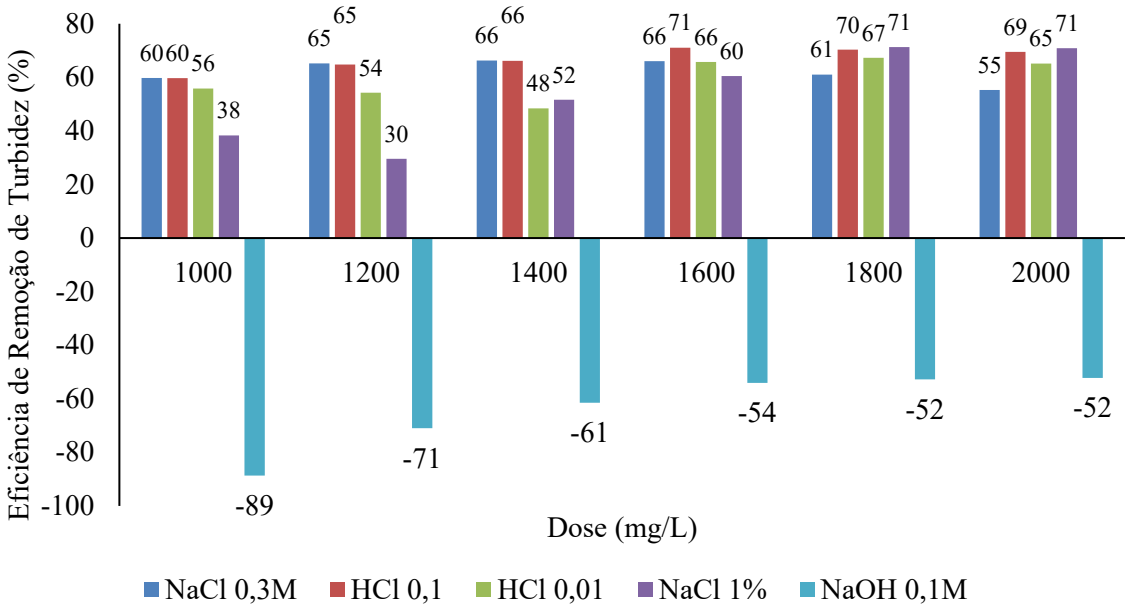


Figura 3. Eficiência de remoção de turbidez (%) em função das diferentes soluções extratoras e doses de mandacaru.
Fonte: Elaboração própria (2024).

A **Tabela 1** apresenta a Análise de Variância (ANOVA) para os parâmetros pH, remoção de cor e turbidez avaliados no processo de coagulação/floculação utilizando quatro soluções extratoras (HCl 0,1M, HCl 0,01 M, NaCl 0,3 M e NaCl 1%). Observa-se que houve interação significativa para Solução extratora*Dose de coagulante ($p < 0,001$), indicando que a solução extratora e a dose do coagulante desempenham um papel importante na extração de componentes coagulantes do mandacaru para melhor eficiência do tratamento. Os coeficientes de variação obtidos foram de 4,25% para turbidez, 6,11% para cor e 0,35% para pH, valores considerados baixos (<10%), o que indica boa precisão experimental, baixa dispersão dos dados e elevada confiabilidade nos resultados obtidos.

Tabela 1. Esquema da Análise de Variância para pH, remoção de turbidez e cor com diferentes soluções extratoras.

		Turbidez (%)		**Cor (%)**		**pH**	
	GL	SQ	QM	SQ	QM	SQ	QM
Solução	3	1649,30	549,76***	3651,10	1217,03***	134,537	44,846***
Dose	5	2463,10	492,62***	1077,40	215,48***	0,606	0,1212***
Solução*Dose	15	3411,90	227,46***	336,50	22,43***	0,526	0,0351***
Resíduo	48	318,00	6,63	69,10	1,44	0,026	0,001
Total	71	7842,20	110,45	5134,10	72,31	146,126	72,31
CV (%)		4,25		6,11		0,35	

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.
*** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F.
NS Não significativo a 5% de probabilidade pelo testeF.
Fonte: Elaboração própria (2024).

Os modelos ajustados para as soluções de NaCl 0,3 M e HCl 0,1 M foram significativos

($p < 0,01$), explicando 98,75% e 95,10% da variação dos dados, respectivamente (**Figura 4**). A dose ótima do coagulante orgânico de mandacaru para a máxima remoção de turbidez foi 1281,25 mg/L, resultando em uma eficiência estimada de 59% para NaCl 0,3 M, e para HCl 0,1 M, a dose ótima foi 1528 mg/L, com remoção de 62,19%.

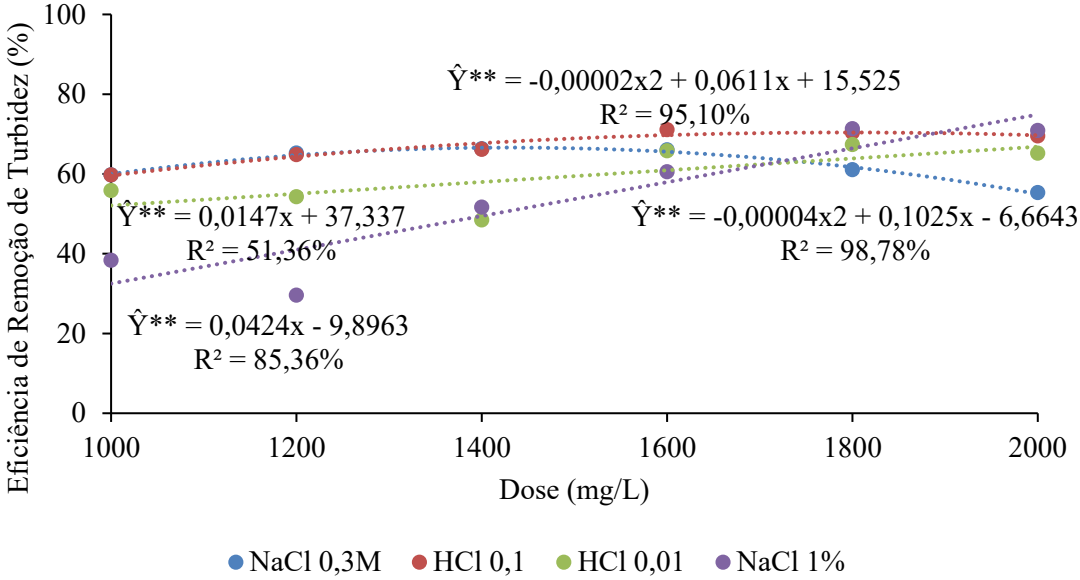


Figura 4. Regressão linear para doses de mandacaru em função da remoção de turbidez (%).
Fonte: Elaboração própria (2024).

Para as soluções de NaCl 1% e HCl 0,01 M, os modelos lineares ajustados explicaram 85,36% e 51,36 % da variação dos dados, respectivamente. Nessas condições, a dose ótima do coagulante foi 1800 mg/L, resultando em remoções máximas de turbidez de 71,31% para NaCl 1% e 67,31% para HCl 0,01 M.

Elsayed et al. (2020) avaliaram diferentes solventes (NaCl, NaOH e água destilada) na extração de biocoagulantes a partir de sementes naturais, incluindo o feno-grego. Os resultados indicaram que a eficiência da coagulação depende diretamente da concentração do agente extrator: concentrações moderadas de NaCl (0,3 M) favoreceram a extração das proteínas coagulantes e alcançaram remoção de turbidez superior a 75%, desempenho superior ao obtido com NaOH e água destilada. Esse efeito foi associado ao fenômeno de *salting-out*, no qual o aumento da força iônica reduz a solubilidade proteica, promovendo sua dissociação e maior disponibilidade no meio. Contudo, concentrações mais elevadas (acima de 0,3 M de NaCl e 0,2 M de NaOH) reduziram a eficiência, possivelmente em razão da desnaturação proteica e consequente perda de atividade coagulante (Subramonian; Wu; Chai, 2014; Šc´Iban; Klašnja; Antov, 2009). Assim, a escolha adequada do solvente e da concentração é determinante para otimizar a extração e o desempenho do biocoagulante (Elsayed *et al.,* 2020; Kristianto *et al*., 2019).

A **Tabela 2** apresenta a eficiência média de remoção de cor (%) em função das diferentes soluções extratoras e das doses de coagulante de mandacaru. É possível verificar que a solução extratora HCl 0,1 M diferiu das demais em todas as doses analisadas. Apesar disso os percentuais de remoção de cor obtidos foram muito baixo (< 50%), o que indica uma eficiência insuficiente para atender aos padrões desejados de clarificação da água.

Tabela 2. Média da eficiência de remoção de cor (%) em função das diferentes soluções extratoras e doses de mandacaru.

Solução extratora	Doses de mandacaru (mg/L)					
	1000	1200	1400	1600	1800	2000
HCl 0,1M	32,50 a	33,00 a	31,50 a	31,50 a	30,25 a	28,25 a
HCl 0,01M	27,66 b	23,46 b	18,77 b	20,74 b	16,05 b	12,34 b
NaCl 0,3M	21,13 c	19,07 c	17,05 c	14,73 c	12,40 c	8,79 c
NaCl 1%	16,28 d	15,76 d	16,49 c	13,40 c	7,73 d	2,06 d

Médias seguidas pela mesma minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si a 0,1% de probabilidade pelo teste de Tukey.
Fonte: Elaboração própria (2024).

A baixa remoção de cor com o aumento da dosagem de mandacaru pode estar associada à maior presença de matéria orgânica na solução, o que pode interferir na formação e sedimentação dos flocos, reduzindo a eficácia do processo de coagulação. Em comparação, o estudo de Domingues *et al.* (2020) sobre a atividade de coagulação do extrato da semente de *Zygia caulifloro*, preparado com NaCl 1M, demonstrou uma eficácia de 30,4% na remoção de cor e 74,5% na remoção de turbidez.

O pH desempenha um papel fundamental na eficiência dos coagulantes naturais no tratamento de águas. De acordo com Naceradska, Pivokonska e Pivokonsky (2019), a faixa ideal de pH para maximizar a remoção de turbidez por esses coagulantes, situa-se entre 5 e 8. Nessa faixa, ocorre a remoção eficiente de partículas inorgânicas, algas e a maioria dos compostos orgânicos responsáveis pela turbidez (Kalibbala, Olupot e Ambani, 2023). Além disso, estudos sobre o processo de coagulação indicam que a turbidez causada por partículas inorgânicas é mais efetivamente reduzida em valores próximos à neutralidade (Naceradska, Pivokonska e Pivokonsky, 2019). Esses resultados ressaltam a importância do controle do pH para otimizar o desempenho dos coagulantes naturais no tratamento de água.

Ao analisar os valores de pH após o tratamento, observou-se que, apesar das diferenças significativas entre os tratamentos, os valores permaneceram dentro dos limites estabelecidos pelas normas vigentes, que variam de 6,5 a 8,5 (Brasil, 2021), com exceção da solução ácida de HCl 0,1 M que obteve pH abaixo de 6,0 a partir da dosagem 1600 mg/L **(Figura 5)**.

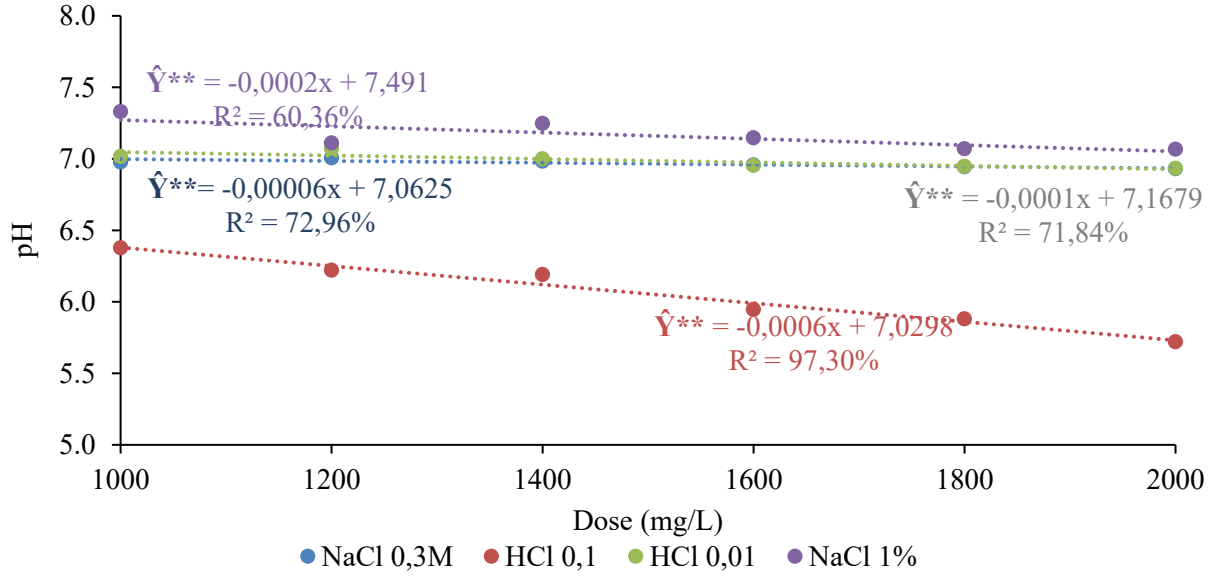


Figura 5. Gráfico de regressão para doses de mandacaru em função pH.
Fonte: Elaboração própria (2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados evidenciam que a solução extratora exerce influência decisiva sobre a eficiência coagulante do mandacaru. Entre as condições avaliadas, os extratos obtidos com HCl 0,1M e NaCl 1% apresentaram os melhores desempenhos na remoção de turbidez, alcançando eficiências de 71,07% e 71,31%, respectivamente, especialmente na faixa de 1600 a 1800 mg/L. Por outro lado, o uso de NaOH mostrou-se inadequado, pois comprometeu a qualidade da água tratada. Em relação ao pH, os valores permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela legislação (6,5–8,5), com exceção do tratamento com HCl 0,1M. Esses resultados reforçam o potencial do mandacaru como coagulante natural, mas também destacam a necessidade de selecionar adequadamente a solução extratora para garantir maior eficiência e segurança no processo de tratamento de água.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRB, a CAPES, ao Instituto de Ciência, Inovação e Tecnologia do Estado da Bahia (INCITE) e; ao Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas da UFRB pelo incentivo as pesquisas que possibilitaram, também, a publicação desse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 83, p. 122-123, 7 maio 2021.

Domingues, J. A., Consolin Filho, N., Souza, L. A. G. D., Medeiros, F. V. D. S. 2020. "Coagulation activity of the seed extract from Zygia cauliflora (WILLD.) KILLIP applied in Water Treatment". *Revista Ambiente & Água*, 15(6): e2611. https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2611

Elsayed, E. M.; Nour El-Den, A. A.; Elkady, M. F.; & Zaatout, A. A. 2020. "Comparison of coagulation performance using natural coagulants against traditional ones". *Separation Science and Technology*, 1 (9). https://doi.org/10.1080/01496395.2020.179567

Ferreira, E.B., Cavalcanti, P.P.; Nogueira, D.A. 2021. "expdes.pt: Pacote Experimental Designs (Portuguese). R package version 1.2.0". URL https://CRAN.R-project.org/package=expdes.pt

Georgin, J.; Franco, D.; Drumm, F. C.; Grassi, P.; Netto, M. S.; Allasia, D.; Dotto, G. L. 2020. "Powdered biosorbent from the mandacaru cactus (*Cereus jamacaru*) for discontinuous

and continuous removal of Basic Fuchsin from aqueous solutions". *Powder Technology*, 36: 584-592. DOI:10.1016/j.powtec.2020.01.064

Kalibbala, H. M.; Olupot, P. W., Ambani, O. M. 2023. "Synthesis and efficacy of cactus-banana peels composite as a natural coagulant for water treatment". *Results in Engineering,* 17, 100945, ISSN 2590-1230. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.100945.

Kristianto, H., Rahman, H., Prasetyo, S., and Sugih, A. K. 2019. "Removal of Congo red aqueous solution using Leucaena leucocephala seed's extract as natural coagulant". *Applied Water Science*, 9 (4). https://doi.org/10.1007/s13201-019-0972-2

Manual Clavisa**.** Manual de Procedimentos da Coordenação de Vigilância Sanitária do Estado da Bahia. Salvador: Secretaria da Saúde do Estado da Bahia, 2024. Disponível em: https://www.saude.ba.gov.br/wp-content/uploads/2024/02/29.02.24Manual-CLAVISA.pdf. Acesso em: 05 jan. 2025.

Medeiros, I. U. De, Medeiros, R. A. De; Bortolin, R. H.; Queiroz, F. M. De; Silbiger, V. N.; Pflugmacher, S.; Schwarz, A. 2019. "Genotoxicity and pharmacokinetic characterization of *Cereus jamacaru* ethanolic extract in rats". *Biosci Rep*, 39(1). https://doi.org/10.1042/BSR20180672

Mota, T. R.; Linhares; H. V. S.; Araújo-Filho, J. H.; Veras, D. M.; Costa, H. P. S.; Souza, C. M. P.; … Martins, T. F. 2019. "Protein extract from Cereus jamacaru (DC.) inhibits Colletotrichum gloeosporioides growth by stimulating ROS generation and promoting severe cell membrane damage". *Microbial Pathogenesis,* 130: 71–80. https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.02.033

Naceradska, J.; Pivokonska, L.; Pivokonsky, M. 2019. "On the importance of pH value in coagulation". *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua,* 68 (3): 222–230. https://doi.org/10.2166/aqua.2019.155

R CORE TEAM. R: 2023. "A Language and Environment for Statistical Computing". Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: https://www.R-project.org/. Acesso em: 4 jun. 2024

Šc´Iban, M.; Klašnja, M.; Antov, B. Š.2009. "Removal of Water Turbidity by Natural Coagulants Obtained from Chestnut and Acorn". *Bioresource Tech***.,** 100:6639–6643. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.06.047

Subramonian, W.; Wu, T. Y.; Chai, S. 2014. "A Comprehensive Study on Coagulant Performance and Floccharacterization of Natural Cassia Obtusifolia Seed Gum in Treatment Ofraw Pulp and Paper Mill Effluent". *Industrial Crops and Prod.* 61:317–324. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.06.055Get rights and content

Zara, R, F; Thomazini, M H; Lenz, G, F. 2012. "Estudo da eficiência de polímero natural extraído do cacto mandacaru (*Cereus jamacaru*) como auxiliar nos processos de coagulação e floculação no tratamento de água". *Revista de estudos ambientais* (Online) 14(2):75-83. DOI:10.7867/1983-1501.2012V14N2P75-83