



REDUÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO NA EXTRAÇÃO DE TANINOS CONDENSADOS: UM ESTUDO COM *Mimosa tenuiflora*

Kayo Lucas Batista de Paiva^{1*}, Paula Evany Pesssoa do Nascimento¹, Denys Santos de Souza³, Kedma Carla Santana do Nascimento³, Wilkally Crislán Laynne de Moura¹, Laizy Nascimento dos Santos¹, Elaine Cristina Alves da Silva¹, Tatiane Kelly Barbosa de Azevêdo¹

Universidade Federal do Rio Grande do Norte¹

* kayopk@hotmail.com

RESUMO

Este estudo avaliou métodos de extração de taninos condensados da casca de *Mimosa tenuiflora*, buscando alternativas mais eficientes e sustentáveis em termos energéticos. Foram testados três métodos: agitação mecânica a 300 rpm e a 500 rpm e refluxo, com dois tempos distintos (60 e 120 minutos). As amostras foram analisadas quanto ao teor de taninos condensados (TTC), sólidos totais (TST) e índice de Stiasny (I), além do consumo energético de cada processo. Os resultados indicaram que o método de refluxo apresentou maior rendimento de taninos (23,7% TTC), sólidos (25,6% TST) e pureza (92,9% I), sendo estatisticamente superior às agitações mecânicas. No entanto, o consumo energético desse método foi consideravelmente maior. Já a agitação mecânica, embora com rendimento inferior, mostrou uma redução de até 97% no consumo de energia, com índices de pureza ainda satisfatórios (acima de 85%), tornando-se uma alternativa promissora para uso industrial. Não houve diferença significativa entre os tempos de extração, sugerindo que 60 minutos são suficientes para alcançar o rendimento máximo, otimizando o processo. A análise estatística confirmou influência significativa do método, mas não do tempo de extração. Conclui-se que a agitação mecânica representa uma alternativa viável, sustentável e energeticamente eficiente para a extração de taninos condensados da *Mimosa tenuiflora*, especialmente relevante em contextos industriais com foco em economia de energia e sustentabilidade.

Palavras-chave: Taninos condensados; jurema preta; Extração sustentável; Eficiência energética

INTRODUÇÃO

Os taninos são compostos fenólicos derivados do metabolismo secundário das plantas, caracterizados por serem polifenóis solúveis em água e por apresentarem a capacidade de formar precipitados ao interagir com as proteínas (BATTESTIN e MACEDO, 2008; KAVITHA e KANDASUBRAMANIAN, 2020). A composição e a concentração de taninos podem diferir entre as distintas espécies vegetais, assim como entre as diversas partes da planta.

Quando extraídos dos vegetais, os taninos condensados são essenciais para vários setores industriais. Sendo utilizados como agentes coagulantes e floculantes de origem natural no tratamento de águas e efluentes (SANTOS *et al.*, 2023), protetores anticorrosivos para metais (BYRNE *et al.*, 2020), adesivos na fabricação de madeira (HAFIZ *et al.*, 2020), componentes essenciais no processo de curtimento do couro (DAS *et al.*, 2020) e aditivo nas indústrias alimentícia e farmacêutica (PIZZI, 2021; SETA S.A., 2024).

Pesquisas conduzidas demonstram a eficácia dos taninos condensados obtidos de espécies nativas, como a *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. para diversos usos industriais, incluindo produção de coagulantes naturais para tratamento de água, fabricação de adesivos para madeira e curtimento de couro (LIMA *et al.*, 2014; AZEVEDO *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2023; SOUZA *et al.*, 2024).

Apesar da ampla gama de aplicações, ainda há uma carência de estudos que investiguem de forma aprofundada as condições ideais para a extração dos taninos dessa espécie. Fatores como o solvente utilizado, a temperatura, o tempo de extração e a concentração adequada dos compostos ainda demandam maior exploração científica. Esse nível de detalhamento é fundamental para otimizar o aproveitamento da espécie, expandir suas possíveis aplicações e estimular o envolvimento de empresas do setor na região.

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da extração de taninos condensados a partir da casca da *Mimosa tenuiflora* utilizando agitação mecânica e o refluxo como métodos de extração, buscando investigar a influência de variáveis operacionais, como o tempo de extração e a velocidade de agitação, na quantidade de taninos obtidos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a condução deste estudo, foram coletadas amostras da casca de cinco exemplares da espécie arbórea *Mimosa tenuiflora*. Esses indivíduos estão localizados na área experimental da Escola Agrícola de Jundiaí (EAJ), situada no município de Macaíba, no estado do Rio Grande do Norte. As árvores escolhidas pertencem a um plantio uniforme com aproximadamente 15 anos de idade e apresentam boas condições fitossanitárias, sendo selecionadas aquelas isentas de pragas e doenças.

Foram preparadas três amostras, cada uma contendo 25 g de casca totalmente seca. Os experimentos foram conduzidos sob diferentes métodos (agitação em 300 rpm, agitação em 500 rpm e refluxo) e tempo (1 e 2 horas) de extração. As extrações por agitação foram realizadas com o auxílio de um agitador mecânico do tipo "jar test" e a extração por refluxo com a utilização de manta aquecedora (método tradicional). O solvente utilizado foi a água destilada.

Todas as análises foram conduzidas em triplicata, onde duas dessas foram destinadas à análise do teor de taninos condensados (TTC), enquanto a terceira foi submetida à evaporação em estufa a 103 ± 2 °C durante 48 horas, com o objetivo de determinar a porcentagem de sólidos totais (TST), conforme estabelecido por Trugilho et al. (1997). A quantificação do teor de taninos condensados (TTC) em cada amostra foi realizada por meio do método de Stiasny (I), conforme descrito por Guangcheng et al. (1991), com algumas adaptações, para a quantificação dos precipitados insolúveis de taninos e separados por filtração simples.

A fim de determinar o consumo médio de energia de cada equipamento, foi utilizado um wattímetro de tomada, conectado aos aparelhos enquanto operavam durante o processo de extração dos taninos condensados. Em seguida, os dados obtidos foram analisados e comparados, com o propósito de identificar qual dos equipamentos apresentou o menor gasto energético durante a extração.

A avaliação dos rendimentos de taninos condensados foi realizada utilizando um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial (3x2), com três repetições, totalizando 18 amostras. Para o tratamento estatístico dos dados, aplicou-se a análise de variância (ANOVA) com dois critérios, uma vez que o estudo considerou dois fatores principais: método e tempo de extração. A comparação entre médias foi feita por meio do teste de Tukey, adotando-se um nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram conduzidas no software Jamovi, versão 2.5 (THE JAMOVI PROJECT, 2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão expressos os valores percentuais médios do teor de taninos condensados (TTC), teor de sólidos totais (TST) e índice de Stiasny (I) obtidos a partir das cascas de *Mimosa tenuiflora* utilizando diferentes métodos e tempos de extração.

Tabela 1. Teores de taninos condensados (TTC), sólidos totais (TST) e índice de Stiasny (I) obtidos das cascas de *Mimosa tenuiflora* a partir de diferentes métodos de extração (refluxo e agitação mecânica a 300 e 500 rpm) e tempos de extração (60 e 120 minutos)

Fator / Nível	TTC (%)	TST (%)	I (%)
Método			
Refluxo	$23,7 \pm 0,38$ a	$25,6 \pm 0,57$ a	$92,9 \pm 1,88$ a
300 RPM	$18,7 \pm 0,38$ b	$21,1 \pm 0,57$ b	$89,0 \pm 1,88$ ab
500 RPM	$18,9 \pm 0,38$ b	$22,1 \pm 0,57$ b	$85,6 \pm 1,88$ b
Tempo (min)			
60	$20,3 \pm 0,31$ a	$22,9 \pm 0,46$ a	$88,6 \pm 1,54$ a
120	$20,6 \pm 0,31$ a	$23,0 \pm 0,46$ a	$89,7 \pm 1,54$ a

Valores seguidos por letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na análise dos resultados, observou-se que o fator relacionado aos métodos de extração apresentou efeito significativo ($P < 0,05$), indicando que houve variação relevante entre os diferentes métodos testados. O método de refluxo proporcionou os maiores valores para todos os parâmetros analisados, com valor médio para os dois tempos de 23,7% de TTC, 25,6% e TST e 92,9% de I. Esses valores foram significativamente superiores aos obtidos com a agitação mecânica, o que indica que o aquecimento associado ao refluxo aumenta a eficiência da extração de compostos fenólicos, especialmente taninos condensados, onde, a presença de calor promove a quebra

das paredes celulares e favorece a solubilização dos taninos, resultando em maior rendimento (DAHMOUNE et al., 2015; MOHD JUSOH et al., 2019).

Quanto ao tempo de extração, os resultados mostraram ausência de diferença estatística significativa entre 60 e 120 minutos para os três parâmetros avaliados. Isso indica que aumentar o tempo de extração de 60 para 120 minutos não traz vantagens significativas para a obtenção de taninos condensados ou para a qualidade do extrato, sugerindo que a extração atinge um ponto de equilíbrio após 60 minutos. O que contraria a narrativa de que longos períodos de extração produzem maior quantidade de taninos (DAS et al., 2020).

Na figura 1, observa-se o consumo energético associado aos diferentes métodos empregados na extração de taninos condensados das cascas de *Mimosa tenuiflora*, considerando dois tempos distintos (60 e 120 minutos).

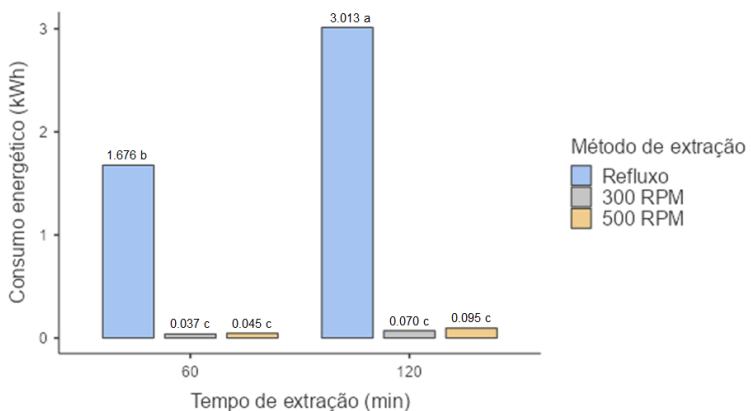


Figura 1. Consumo energético (kWh) dos métodos de extração de taninos condensados (refluxo, agitação a 300 rpm e a 500 rpm) em dois tempos (60 e 120 minutos).

Letras distintas indicam diferença significativa entre os métodos de extração para o mesmo período de tempo, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A análise do consumo energético dos diferentes métodos de extração revelou diferenças expressivas entre os tratamentos, evidenciando um forte impacto da escolha metodológica na eficiência energética do processo. O acréscimo do tempo em 1 hora, aumenta o consumo energético, cerca de 80%, para o método de refluxo e 89% e 111% para a agitação mecânica de 300 e 500 RPM, respectivamente.

A viabilidade da extração por agitação mecânica se destaca principalmente pelo baixo consumo energético com redução de 97% para os dois tempos, em relação a extração pelo método do refluxo. Embora o rendimento absoluto de taninos seja ligeiramente inferior, a economia energética é extremamente relevante, especialmente em processos industriais em larga escala. Além disso, a qualidade dos taninos extraídos (índice de Stiasny acima de 85%) é compatível com as exigências de aplicações industriais (YAZAKI e COLLINS, 1994; PIZZI e MITTAL, 2010; SOUZA et al., 2024).

Dessa forma, a agitação mecânica se apresenta como uma alternativa técnica viável e energeticamente vantajosa para a extração de taninos condensados da espécie *Mimosa tenuiflora*. O reduzido consumo energético, aliado à qualidade dos extratos obtidos, favorece sua adoção especialmente em contextos onde há preocupação com eficiência energética, sustentabilidade e custos operacionais.

CONCLUSÕES

A extração de taninos condensados da casca de *Mimosa tenuiflora* foi influenciada pelo método empregado, sendo o refluxo mais eficiente em rendimento, mas com consumo energético elevado. A agitação mecânica, por sua vez, permite uma extração de taninos com alta pureza e baixo consumo energético, demonstrando ser uma alternativa viável, sustentável e energeticamente eficiente. No entanto, estudos futuros são necessários para otimizar as condições de agitação e avaliar o desempenho em escala industrial, visando ampliar a aplicabilidade desse método em processos sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- BATTESTIN, V.; MATSUDA, L.K.; MACEDO, G.A. Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, v. 15, n. 1, p. 63-72, 2008.

KAVITHA, V.U.; KANDASUBRAMANIAN, B. Tannins for wastewater treatment. *SN Applied Sciences*, v. 2, p. 1-21, 2020.

SANTOS, A.N.; LEITE, B.D.F.; ARAUJO, H.W.C.; FERREIRA, W.B. BR 102017013991-3 Biocoagulante a base de extrato de *Mimosa tenuiflora* para tratamento de águas e efluentes industriais: Concedido. Sistema de Submissões da Coordenadoria de Inovação Tecnológica da UEPB. 2023.

HAFIZ, N.L.M.; TAHIR, P.M.; HUA, L.S.; ABIDIN, Z.Z.; SABARUDDIN, F.A.; YUNUS, N.M.; KHALIL, H.A. Curing and thermal properties of co-polymerized tannin phenol-formaldehyde resin for bonding wood veneers. *Journal of Materials Research and Technology*, v. 9, n. 4, p. 6994-7001, 2020.

BYRNE, C.; SELMI, G.J.; D'ALESSANDRO, O.; DEYA, C. Study of the anticorrosive properties of “quebracho colorado” extract and its use in a primer for aluminum1050. *Prog. Organ. Coat.* 148, 2020.

DAS, A.K.; ISLAM, M.N.; FARUK, M.O.; ASHADUZZAMAN, M.; DUNGANI, R. Review on tannins:

YAZAKI, Y.; COLLINS, P. J. Wood adhesives based on tannin extracts from barks of some pine and spruce species. *Holz als Roh-und Werkstoff*, v. 52, n. 5, p. 307-310, 1994.

PIZZI, A.; MITTAL, K. L. (Eds.). *Wood adhesives*. Rancho Cordova, CA, USA: VSP. 2010.

SOUZA, D. S. D.; SILVA, E. C. A. D.; NASCIMENTO, P. E. P. D.; PAIVA, K. L. B. D.; SILVA, P. L. D. A.; SILVA, L. C. D.; AZEVEDO, T. K. B. D. (2024). Floculante natural à base de casca de *Mimosa tenuiflora*: eficiência e sustentabilidade no tratamento da água. In *Tópicos Especiais em Engenharia Florestal*, v. 2, p. 82-93. Editora Científica Digital.

DAS, A.K.; ISLAM, M.N.; FARUK, M.O.; ASHADUZZAMAN, M.; DUNGANI, R. Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities. *South African Journal of Botany*, v. 135, p. 58-70, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2020.08.008>.

DAHMOUNE, F.; NAYAK, B.; MOUSSI, K.; REMINI, H.; MADANI, K. Optimization of microwave-assisted extraction of polyphenols from *Myrtus communis* L. leaves. *Food chemistry*, v. 166, p. 585-595, 2015.

MOHD JUSOH, N. H.; SUBKI, A.; YEAP, S. K.; YAP, K. C.; JAGANATH, I. B. Pressurized hot water extraction of hydrosable tannins from *Phyllanthus tenellus* Roxb. *BMC chemistry*, v. 13, p. 1-10, 2019.

TRUGILHO, P.F. CAIXETA, R.P.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Avaliação do conteúdo em taninos condensados de algumas espécies típicas do cerrado mineiro. *Cerne*, v. 3, p. 1-13, 1997.

GUANGCHENG, Z.; YUNLU, L.; YAZAKI, Y. Extractive yields, Stiasnyvalues and polyflavonoid contents in barks formsixacacia species in Australia. *Australian Forestry, Queensland*, v. 554, n. 2, p.154 - 156, 1991.

PIZZI, A. Tannins medical/pharmacological and related applications: A critical review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, v. 22, p. 100481, 2021.

SETA S.A. As infinitas soluções da natureza. 2024. Disponível em: <https://www.setaoficial.com/segmentos>