

II SOUTHERN SCIENCE CONFERENCE

2024 - VIRTUAL CONFERENCE AND IN PERSON EDITION

OBTAINING A SCAFFOLD BASED ON POLYSACCHARIDE EXTRACTED FROM THE FIBROUS RESIDUE OF *ANACARDIUM OCCIDENTALE* L. FOR DRUG DELIVERY

FERREIRA, Ezequiel Silva ^{1*}; MARQUES, Maria Crisnanda Almeida.¹; SILVA, Francisco Mayron de Sousa e CARVALHO, Rusbene Bruno Fonseca de.¹; NUNES, Livio Cesar Cunha ¹

¹ Universidade Federal do Piauí, Núcleo de Tecnologia Farmacêutica

* Correspondence author
e-mail: es48506@gmail.com

ABSTRACT

Anacardium occidentale, known as the cashew tree, is a plant native to Brazil, particularly abundant in the Northeast, which is responsible for 98% of the species' production. Cashew cultivation yields two main products: the nut, used for oil extraction and edible kernels, and the pseudofruit, which can be consumed directly or processed into various foods. After the pseudofruit is pulped, the remaining bagasse accounts for 15% of the mass and is a still underutilized residue, despite its rich composition, which includes tannins, carotenoids, cellulose, and pectin, as well as antioxidant properties. Due to global sustainability trends, cashew bagasse has gained prominence as a source of valuable compounds, especially polysaccharides. These biomaterials show promise in the pharmaceutical field, where they can be used as vectors for controlled drug release, given their biocompatibility and biodegradability. Such systems offer benefits such as the precise delivery of active substances, reduced doses and side effects, as well as potential for cell regeneration and the transport of growth factors.

Keywords: *Anacardium occidentale*, Polysaccharide, Extraction, Characterization.

1. INTRODUÇÃO:

O *Anacardium occidentale* da família Anacardiaceae é uma planta nativa do Brasil e presente na América do Sul. Também conhecida como cajueiro, essa espécie apresenta grande diversidade na região nordeste do Brasil, configurando uma das maiores atividades econômicas dessa região, sendo responsável por 98% da produção (BORGES, 2021). Nesse contexto, a cajucultura produz duas matérias-primas, a castanha, de onde é extraído a amêndoa comestível e o óleo/líquido amplamente usado na indústria, e o pseudofruto, que pode ser consumido *in natura*, e usado para produção de suco, doce, licor e diversos produtos alimentícios (COSTA *et al.*, 2020).

O pseudofruto do cajueiro representa a maior parte do fruto, após o seu despolpamento o bagaço ainda representa 15 por cento da

massa, sendo um dos principais resíduos dessa cultura. Devido sua baixa estabilidade pós-colheita sua utilização ainda é limitada, embora apresente composição rica (PADILHA *et al.*, 2020). Nessa perspectiva, é válido ressaltar que as tendências globais influenciam o reaproveitamento e melhor manejo dos recursos naturais, tornando esses resíduos potenciais matérias-primas para extração de compostos de valor agregado e atividade biológica (SERPA *et al.*, 2020).

O bagaço de caju possui uma composição rica e diversificada. Reina *et al.* (2022) caracterizou seus componentes e identificou a presença de taninos, carotenoides, celulose, lignina, proteínas e pectina. Além disso, o autor observou atividade antioxidante no material vegetal analisado. Este resíduo apresenta grande potencial para a extração de polissacarídeos, os quais têm sido explorados como biomateriais para a entrega de fármacos, principalmente

devido às suas propriedades biodegradáveis e biocompatíveis (Prajapati et al., 2019).

Sistemas de liberação de fármacos utilizando polímeros naturais têm sido amplamente estudados devido à sua biocompatibilidade. Esses sistemas permitem a entrega direcionada de substâncias ativas, reduzindo a dose necessária e minimizando os efeitos adversos, além de controlar o nível plasmático da droga. Essas formulações podem

2. MATERIAIS E MÉTODOS

No planejamento fatorial realizado, optou-se por oito experimentos com o intuito de definir as condições de extração mais favoráveis para esse resíduo, visando assim obter um melhor rendimento. Para a extração do polissacarídeo de *Anacardium occidentale*, empregou-se o resíduo fibroso do pedúnculo proveniente de uma cooperativa de produção de cajuína sediada em Teresina, Piauí. Utilizou-se um planejamento fatorial com o objetivo de otimizar o processo de extração, analisando as variáveis tempo, temperatura e proporção (%) em seus níveis máximos (tempo: 10 h, temperatura: 90 °C, proporção: 5%) e mínimos (tempo: 2 h, temperatura: 50 °C, proporção: 1%), a fim de determinar sua influência na resposta desejada.

Para a extração do polissacarídeo, o bagaço da fruta foi misturado em água destilada em concentrações de 1% e 5% (p/v) e submetido à agitação magnética, mantendo-se a temperatura em 50°C e 90°C, sem ferver, por 2 e 10 horas, respectivamente. Após esse período, a mistura foi centrifugada para obtenção do líquido sobrenadante, que foi então precipitado com álcool etílico PA na proporção de 1:4 (líquido extraído/etanol). Essa solução foi armazenada sob refrigeração por 72 horas para a completa precipitação do polissacarídeo. Posteriormente, o material foi submetido a uma segunda centrifugação, e o sobrenadante foi descartado, obtendo-se o polissacarídeo precipitado, que foi seco em estufa a 40°C por 24 horas. Em seguida, o polissacarídeo foi pesado, e rendimento calculado utilizando a Equação 1.

$$\text{Rendimento \%} = \frac{\text{peso de polissacarídeo}}{\text{peso do resíduo}} \times 100 \quad (1)$$

Para a caracterização do polissacarídeo, foi utilizada a técnica de Fluorescência de Raio - X (FRX). A FRX foi conduzida no equipamento Epsilon3-XL da PANalytical, equipado com tubo de ródio e filtro de prata. A análise ocorreu sob voltagem de 50 kV e corrente de 30 µA, em um

ser desenvolvidas para atingir sítios de ação com difícil acesso, podem ainda ser somados a outros benefícios como a regeneração celular, carreado células ou fatores de crescimento, permite o acúmulo e retenção da droga no local, tornando as investigações por novos polímeros naturais, de extrema importância (Ylet al., 2023; ZHANG et al., 2017). Nesse contexto, o objetivo deste estudo é a extração e caracterização de polissacarídeos de *Anacardium occidentale* L. como reaproveitamento do resíduo industrial. ambiente de ar atmosférico e gás hélio, utilizando o modo Omnian.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

No planejamento fatorial realizado, optou-se por oito experimentos com o intuito de definir as condições de extração mais favoráveis para esse resíduo, visando assim obter um melhor rendimento. Foram realizados oito experimentos de extração, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Rendimento para cada Extração.

N	Tempo	Temperatura (°C)	Razão %	Rendimento (%)
1	2	50	1,0	0,83
2	10	50	1,0	1,6
3	2	90	1,0	0,92
4	10	90	1,0	1,02
5	2	50	5,0	2,17
6	10	50	5,0	1,00
7	2	90	5,0	1,13
8	10	90	5,0	4,32

Fonte: Elaborada pelo autor.

O experimento 1, com tempo de 2 h, temperatura de 50 °C e proporção de 1,0, resultou em um rendimento de 0,83%. No experimento 2, com tempo de 10 h, temperatura de 50 °C e proporção de 1,0, o rendimento foi de 1,6%. O experimento 3, com tempo de 2 h, temperatura de 90 °C e proporção de 1,0, teve um rendimento de 0,92%. O experimento 4, com tempo de 10 h, temperatura de 90 °C e proporção de 1,0, obteve rendimento de 1,05%. O experimento 5, com tempo de 2 h, temperatura de 50 °C e proporção de 5,0, resultou em um rendimento de 2,17%. No experimento 6, com tempo de 10 h, temperatura de 50 °C e proporção de 5,0, o rendimento foi de 1,00%. O experimento 7, com tempo de 2 h, temperatura de 90 °C e proporção de 5,0, obteve rendimento de 1,13%. Por fim, o experimento 8, com tempo de 10 h, temperatura de 90 °C e proporção de 5,0, alcançou o maior rendimento, de 4,32%.

Nesse contexto, observa-se que essas

variáveis têm influência direta na eficiência da extração, conforme os rendimentos obtidos em cada experimento. O tempo de extração mostrou ser uma variável de grande impacto no rendimento. Ao comparar os experimentos com tempos de 2 horas com os experimentos de número (N), (N1, N3, N5, N7) e 10 horas (N2, N4, N6, N8), nota-se que, de forma geral, o aumento no tempo resulta em incrementos nos rendimentos. Na extração realizada a 50 °C e com uma proporção de 1%, o rendimento aumentou de 0,83% em 2 horas (N1) para 1,6% em 10 horas (N2). Da mesma forma, quando a proporção de extração foi aumentada para 5%, o rendimento subiu de 2,17% (N5) para 4,32% (N8) com a extensão do tempo de extração para 10 horas. Esses resultados indicam que um tempo de extração mais prolongado favorece o rendimento, provavelmente devido à maior exposição do material fibroso ao solvente, facilitando a liberação dos compostos desejados.

A temperatura também desempenha um papel relevante no processo, embora seu efeito seja menos linear do que o observado para o tempo. Ao comparar as extrações realizadas a 50 °C e 90 °C, verifica-se que, em algumas condições, o aumento da temperatura resulta em um maior rendimento. Para um tempo de 2 horas e uma proporção de 1%, o rendimento aumentou de 0,83% a 50 °C (N1) para 0,92% a 90 °C (N3). No entanto, quando a proporção de extração foi elevada para 5%, o efeito da temperatura não foi tão evidente, como demonstrado pela pequena variação de 2,17% a 50 °C (N5) para 1,13% a 90 °C (N7). Essa variação sugere que o impacto da temperatura pode estar condicionado a outras variáveis do processo, como o tempo de extração e a concentração do solvente, indicando uma interação mais complexa entre esses fatores.

Por outro lado, a proporção de extração mostrou-se uma variável determinante para o aumento do rendimento. Ao comparar os resultados para as proporções de 1% e 5%, observa-se um aumento significativo na eficiência de extração com o incremento na concentração de solvente. Em condições de alta temperatura (90 °C) e longo tempo de extração (10 horas), o rendimento aumentou de 1,05% com uma proporção de 1% (N4) para 4,32% com uma proporção de 5% (N8).

Esse aumento expressivo sugere que a elevação da quantidade de solvente favorece a solubilização e extração dos polissacarídeos, especialmente quando combinada com um tempo de extração prolongado.

Nesse contexto, os resultados obtidos

evidenciam que tanto o aumento do tempo de extração quanto o incremento na proporção de extração exercem uma influência positiva sobre o rendimento da extração de polissacarídeos de *Anacardium occidentale*. Embora a temperatura também tenha impacto relevante, observa-se que sua eficácia está mais diretamente relacionada a outras variáveis do processo, como o tempo de extração e a concentração do solvente, sugerindo que seu efeito é condicionado pela interação entre esses fatores.

Dessa forma, o experimento número 8, realizado dentro do planejamento fatorial, foi identificado como a condição mais favorável para maximizar o rendimento da extração de polissacarídeos, sendo definido como a melhor metodologia para esse processo. A partir desse experimento, foi possível proceder com a caracterização do polissacarídeo extraído, utilizando a técnica de Fluorescência de Raios-X (FRX). Os elementos presentes em cada amostra foram determinados qualitativa e quantitativamente. Essa técnica oferece alta especificidade e seletividade, pois cada elemento absorve energia em um comprimento de onda específico, e cada energia de transição eletrônica é única para cada elemento. Como cada elemento químico possui níveis de energia distintos, isso resulta em diferentes padrões de absorção ou emissão de energia, permitindo a identificação individual dos elementos (Skoog, Holler, Nieman, 2022).

Por meio da técnica de FRX, foram obtidas linhas espectrais de cada elemento, caracterizadas por comprimentos de onda específicos, sobrepostas a um fundo contínuo de baixa intensidade. Esses resultados apresentaram diferentes padrões de absorção e emissão para cada elemento químico presente no polissacarídeo extraído, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados de FRX para o polissacarídeo

Elemento químico	Concentração	Óxido correspondente	Concentração
K(%)	56,137	K ₂ O(%)	46,886
Ca(%)	22,947	CaO(%)	20,116
P(%)	6,279	P ₂ O ₅ (%)	11,546
Si(%)	4,089	SiO ₂ (%)	7,207
S(%)	3,441	SO ₃ (%)	6,684
Mg(%)	3,102	MgO(%)	4,359
Ni(%)	494,9	NiO(ppm)	379,8
Cr(%)	0,113	Cr ₂ O ₃ (%)	0,101
Mn(%)	0,684	MnO(%)	0,535

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise de fluorescência de raios X

(FRX) revelou que os elementos predominantes na amostra de polissacarídeo são potássio (K), cálcio (Ca) e fósforo (P), com menores concentrações de silício (Si), enxofre (S) e magnésio (Mg), todos essenciais para o organismo. Além disso, níquel (Ni), cromo (Cr) e manganês (Mn) foram detectados como elementos traço. Resultados semelhantes foram observados por Mathavan et al. (2024) em sua análise de microfluorescência de raios X, utilizando a goma de *Anacardium occidentale* (AO), que apresentou concentrações mais elevadas de cálcio, potássio, magnésio e manganês. Embora o polissacarídeo estudado por Mathavan et al. tenha sido extraído da casca do AO, as semelhanças na composição sugerem uma relação química entre as diferentes partes da planta.

4. CONCLUSÃO

Dessa forma, conclui-se que o planejamento fatorial é uma ferramenta essencial para definir as condições ideais e mais favoráveis à extração de polissacarídeos, visando maximizar o rendimento. Essa abordagem permite avaliar todos os fatores que influenciam o resultado final do processo de extração, possibilitando a escolha da melhor metodologia para otimizar as condições do processo. Os experimentos realizados do 1º ao 8º no planejamento fatorial demonstraram que as variáveis de temperatura e tempo exercem impacto significativo sobre a obtenção e rendimento do polissacarídeo, especialmente com o aumento dessas variáveis. A variação nas condições de temperatura e tempo entre os testes permitiu identificar o experimento número 8 como aquele que apresentou os melhores parâmetros para a extração e rendimento do polissacarídeo. Além disso, a caracterização do polissacarídeo extraído do bagaço de caju, utilizando a técnica de FRX, revelou uma rica composição química, evidenciando que esses biomateriais são biodegradáveis.

5. DECLARAÇÕES

5.1. Agradecimentos

Ao Laboratório de Inovação Tecnológica e Empreendedorismo em medicamentos e correlatos (LITE) da Universidade Federal do Piauí e Conselho Nacional Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte estrutural e acadêmico durante o desenvolvimento deste trabalho.

5.2. Acesso Aberto

Este artigo está licenciado sob uma Licença Internacional Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0), que permite o uso, compartilhamento, adaptação, distribuição e reprodução em qualquer meio ou formato, desde que seja dado o devido crédito ao(s) autor(es) original(is) e à fonte, seja fornecido um link para a licença Creative Commons e seja indicado se foram feitas alterações. As imagens ou outros materiais de terceiros neste artigo estão incluídos na licença Creative Commons do artigo, a menos que indicado de outra forma em uma linha de crédito para o material. Se o material não estiver incluído na licença Creative Commons do artigo, e o uso pretendido não for permitido por regulamentação estatutária ou exceder o uso permitido, você precisará obter permissão diretamente do detentor dos direitos autorais. Para ver uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

6. REFERENCIAS

1. Borges, J. (2021a). Cashew tree (*Anacardium occidentale*): Possible applications in dermatology . . *Clinics in Dermatology*, 39(3), 493–495. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2020.11.014>.
2. Costa, A. R., Silva, J. R. de L., de Oliveira, T. J. S., da Silva, T. G., Pereira, P. S., Borba, E. F. de O., de Brito, E. S., Ribeiro, P. R. V., Almeida-Bezerra, J. W., Júnior, J. T. C., de Menezes, I. R. A., Kamdem, J. P., Duarte, A. E., & Barros, L. M. (2020). Phytochemical profile of *Anacardium occidentale* L. (cashew tree) and the cytotoxic and toxicological evaluation of its bark and leaf extracts. *South African Journal of Botany*, 135(Phytochemical profile of *Anacardium occidentale* L. (cashew tree) and the cytotoxic and toxicological evaluation of its bark and leaf extracts), 355364. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.09.017>.
3. Mathavan, J. J., & Hafiz bin Hassan, M. (2024). Thermal – chemical - mechanical characterization of *Anacardium occidentale* tree gum. *International Journal of Biological Macromolecules*, 271(Thermal - chemical - mechanical characterization of *Anacardium occidentale* tree gum), 132396. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.132396>.

396.

4. Santana, Eduardo, C., Nogueira, Antônio, M., Araújo, J., & Everaldo, S. (2021b). Valorization of cashew apple bagasse using acetic acid pretreatment: production of cellulosic ethanol and lignin for their use as sunscreen ingredients. Ufrn.br, Valorization of cashew apple bagasse using acetic acid pretreatment: production of cellulosic ethanol and lignin for their use as *sunscreen ingredients*(Valorization of cashew apple bagasse using acetic acid pretreatment: production of cellulosic ethanol and lignin for their use as sunscreen ingredients). doi: <https://doi.org/1359-5113>.
5. Uddin Pk, Md. M., Islam, M. S., Pervin, R., Dutta, S., Talukder, R. I., & Rahman, M. (2019). Optimization of extraction of antioxidant polysaccharide from *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm and its cytotoxic activity against murine lymphoid cancer cell line. *PLOS ONE*, 14(1), e0209371. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209371>.
6. Cruz Reina, L. J., Durán-Aranguren, D. D., Forero-Rojas, L. F., Tarapuez-Viveros, L. F., Durán-Sequeda, D., Carazzone, C., & Sierra, R. (2022b). Chemical composition and bioactive compounds of cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice and bagasse from Colombian varieties. *Heliyon*, 8(5), e09528. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09528>.
7. SKOOG; HOLLER; NIEMAN. **Princípios de Análise Instrumental**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
8. Yi, Y., Song, J., Meng, D., Li, J., Shu, Y., & Wu, X. (2023). Effects of calcium salts on experimental characterizations of sodium alginate hydrogels and the drug release of electrospun naringin-loaded microspheres hybrid hydrogel scaffolds. *Materials Letters*, 333(Effects of calcium salts on experimental characterizations of sodium alginate hydrogels and the drug release of electrospun naringin-loaded microspheres hybrid hydrogel scaffolds), 133663. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.133663>.
9. Electrospun polymeric micro/nanofibrous scaffolds for long-term drug release and their biomedical applications. (2017). Electrospun polymeric micro/nanofibrous scaffolds for long-term drug release and their biomedical applications. *Drug Discovery Today*, 22(9), 1351–1366. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2017.05.007>.