

AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS ALTERNATIVOS DE PLANTAS DO SEMIÁRIDO BAIANO PARA PRODUÇÃO DE ENZIMAS DE FUNGOS.

Jorge de Sousa Silva ¹, Baraquizio Braga do Nascimento Junior ², Máira Mercês Barreto²

RESUMO

Este estudo buscou compreender o potencial do mandacaru (*Cereus jamacaru*), uma planta típica do semiárido brasileiro, como substrato alternativo e sustentável para a produção de enzimas microbianas. Utilizando o fungo *Aspergillus niger* em condições de fermentação em estado sólido (FES), foram obtidos extratos brutos com atividades de amilase, celulase e lipase, analisados por espectrofotometria. A aplicação prática incluiu testes em tecidos manchados com tomate, ovo e amido, comparando a eficiência de detergente comercial isolado e associado ao extrato enzimático. Os resultados revelaram remoção parcial, especialmente em manchas de amido e lipídios, indicando atividade funcional mesmo sem processos de purificação. Embora a ação sobre manchas mais complexas tenha sido limitada, os achados confirmam a viabilidade do mandacaru como recurso regional de baixo custo, capaz de fortalecer cadeias produtivas locais e contribuir para formulações de limpeza mais sustentáveis. O trabalho reforça ainda a importância de valorizar espécies nativas da Caatinga, aproximando inovação científica e preservação ambiental, e abre caminhos para pesquisas futuras voltadas à padronização, otimização e aplicação industrial de extratos enzimáticos.

PALAVRAS-CHAVE: Mandacaru. Fermentação em estado sólido. *Aspergillus niger*. Enzimas microbianas. Sustentabilidade. Semiárido. Detergente enzimático.

EVALUATION OF ALTERNATIVE SUBSTRATES FROM BAHIAN SEMIARID PLANTS FOR FUNGAL ENZYME PRODUCTION

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the potential of mandacaru (*Cereus jamacaru*), a native plant of the Brazilian semiarid region, as an alternative and sustainable substrate for microbial enzyme production. The fungus *Aspergillus niger* was cultivated under solid-state fermentation (SSF) conditions, resulting in crude extracts with amylase, cellulase, and lipase activities, analyzed by spectrophotometry. Practical application involved tests on fabrics stained with tomato, egg, and starch, comparing the efficiency of commercial detergent alone and combined with the enzymatic extract. Results revealed partial stain removal, especially in starch and lipid residues, demonstrating enzymatic activity even without purification steps. Although performance on more complex stains was limited, the findings confirm the feasibility of mandacaru as a low-cost regional resource, capable of strengthening local value chains and contributing to more sustainable cleaning formulations. Furthermore, the study highlights the importance of valuing native Caatinga species, bridging scientific innovation and

¹ CNPq

² IC, Jorge de Sousa Silva 1

³ Orientador, Baraquizio Braga do Nascimento Junior 2

⁴ Coorientadora, Máira Mercês Barreto 2

environmental preservation, and opening perspectives for future research focused on standardization, optimization, and industrial application of enzymatic extracts.

KEYWORDS: Mandacaru. Solid-state fermentation. *Aspergillus niger*. Microbial enzymes. Sustainability. Semiarid. Enzymatic detergent.

INTRODUÇÃO

No semiárido brasileiro, caracterizado por alta radiação solar, chuvas irregulares e déficit hídrico, o cultivo de espécies tradicionais é limitado, favorecendo plantas nativas, como o mandacaru (*Cereus jamacaru*), cacto mais frequente na Caatinga, usado como forragem na seca. Devido à sua composição lignocelulósica, o mandacaru apresenta potencial como substrato alternativo para processos fermentativos em produção de enzimas industriais (SILVA; NUNES, 2019). O uso de resíduos vegetais regionais em biotecnologia é sustentável, reduz custos e valoriza recursos locais. A fermentação em estado sólido (FES) permite crescimento microbiano eficiente em materiais de baixo processamento; fungos filamentosos, como *Aspergillus niger*, destacam-se na produção de hidrolases (ADETUNJI; OLANIRAN, 2021).

Enzimas microbianas são insumos estratégicos na indústria moderna, pela especificidade catalítica, diversidade de aplicações e vantagens ambientais. Em 2024, o mercado global de enzimas atingiu 7,5–8 bilhões de dólares, com previsão de superar 12 bilhões, impulsionado por hidrolases, como proteases, amilases, lipases e celulasas, usadas nos setores alimentício, farmacêutico, têxtil e de limpeza (KHAN, 2025; AYDIN, 2023). Pectinases hiperativas de novas estirpes de *Aspergillus* ampliam o uso industrial (CHEN et al., 2024). Fungos de efluentes industriais produzem enzimas capazes de degradar resíduos orgânicos e pigmentos têxteis, mostrando potencial de extratos enzimáticos brutos em detergentes sustentáveis (MAYER et al., 2021).

O mandacaru em FES representa alternativa promissora, reduzindo custos e fortalecendo cadeias locais. O extrato enzimático bruto atua sinergicamente na biodegradação de resíduos e pode ser usado como detergente hospitalar, sem purificação onerosa. Assim, o mandacaru surge como substrato econômico, sustentável e inovador, com grande potencial na bioeconomia regional e global.

MATERIAIS E MÉTODOS

O fungo *Aspergillus niger* foi cultivado a partir de uma suspensão de esporos (10^7 UFC/mL) e submetido à fermentação em estado sólido (FES) utilizando pó do caule de mandacaru, em condições de umidade controlada ($75\% \pm 5$). Em uma segunda abordagem, fragmentos de caule de aproximadamente 3 cm foram utilizados como substrato e incubados por sete dias a 25 °C. Após a incubação, os extratos brutos

enzimáticos foram obtidos por filtração, procedimento que possibilitou separar a fração líquida contendo as enzimas de interesse.

A atividade enzimática foi determinada por espectrofotometria, técnica que permite quantificar a intensidade das reações por meio da absorção de luz em comprimentos de onda específicos. Para análise de amilase e celulase, utilizou-se o ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS), que interage com açúcares redutores liberados durante a hidrólise dos polissacarídeos, formando um complexo alaranjado proporcional à atividade da enzima. Para avaliação da atividade de lipase, foi empregado o substrato p-nitrofenilpalmitato (pNPP), cuja hidrólise libera p-nitrofenol, detectável por espectrofotometria, possibilitando a mensuração precisa da atividade lipolítica.

Para testar a eficácia do extrato enzimático bruto, empregaram-se manchas de molho de tomate, mingau de maisena e gema de ovo. Tiras de tecido (3 × 3 cm) foram mergulhadas nas substâncias por dois minutos e secas em estufa a 40 °C por uma hora. Posteriormente, foram agitadas em shaker rotatório (150 rpm) por 15 minutos e imersas em banho-maria a 40 °C contendo detergente comercial diluído (1:1). O ensaio ocorreu em três condições: água destilada (controle negativo), detergente diluído (controle positivo) e detergente associado ao extrato enzimático (tratamento experimental). Após a lavagem, as amostras foram novamente secas em estufa a 50 °C por 40 minutos, garantindo padronização e ausência de umidade para avaliação comparativa da eficiência dos tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cultivo de *Aspergillus niger* em fermentação em estado sólido, utilizando mandacaru como substrato, mostrou-se viável e resultou na produção de um extrato enzimático bruto com atividades de amilase, celulase e lipase, conforme a Figura 1A.

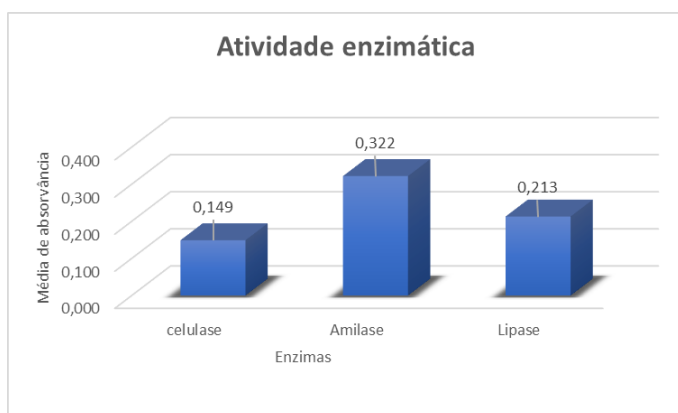


FIGURA 1A. Média da absorvância da produção enzimática de *A. niger*

Os resultados mostram que os nutrientes do mandacaru são suficientes para o crescimento dos fungos e produção das enzimas biotecnológicas. Foram usadas três substâncias nas manchas para testes em tecidos: extrato de tomate, gema de ovo e mingau de amido de milho. A solução diluída de detergente comercial, controle positivo, não funcionou como esperado. Embora as manchas tenham sido lavadas, mantiveram-se visíveis, especialmente tomate e gema de ovo, evidenciando a dificuldade de remover compostos ricos em pigmentos, proteínas e lipídios. O mingau de amido mostrou ligeira diminuição, mas não foi completamente removido, conforme Figuras 2A, 2B e 2C.



FIGURA 2A. Mancha de extrato de tomate após lavagem com solução de detergente



FIGURA 2B. Mancha de amido após lavagem com solução de detergente



FIGURA 2C. Mancha de ovo após lavagem com solução de detergente

A combinação do detergente com o extrato enzimático bruto (EBE) mostrou melhores resultados, mas ainda não atingiu o efeito esperado, com remoção parcial de amido e lipídios. Apesar disso, a ação enzimática foi limitada, conforme Figuras 4A, 4B e 4C.



FIGURA 4A. Mancha de extrato de tomate após lavagem com solução de detergente + EBE



FIGURA 4B. Mancha de amido após lavagem com solução de detergente + EBE



FIGURA 4C. Mancha de ovo após lavagem após lavagem com solução de detergente + EBE

Os resultados demonstram que, mesmo sem purificação, o extrato enzimático de *A. niger* em mandacaru é ativo, mas não totalmente eficaz. O uso do extrato bruto é promissor, mas precisa de estudos adicionais, como padronizar a concentração enzimática ou adicionar aditivos presentes em detergentes comerciais para melhorar a remoção de manchas. O estudo confirma a viabilidade do mandacaru como substrato alternativo para produção de enzimas e requer investigações complementares.)

CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES

Os resultados deste trabalho mostram que o mandacaru (*Cereus jamacaru*) pode ser uma nova e promissora fonte de enzimas microbianas. O fungo *Aspergillus niger*, utilizando fermentação em estado sólido com o caule do mandacaru como substrato, produziu enzimas importantes como amilase, celulase e lipase. Testes com o extrato bruto demonstraram capacidade de remover manchas à base de amido, indicando atividade enzimática significativa, mesmo sem purificação. No entanto, manchas mais complexas, como as de tomate, permaneceram parcialmente visíveis, revelando eficácia limitada do extrato. Apesar disso, os resultados confirmam que há atividade biológica

promissora e que o uso direto do extrato é uma abordagem viável e de baixo custo. Para avançar, novos estudos são necessários, especialmente para padronizar a concentração enzimática, otimizar pH, temperatura e tempo de contato, e testar aditivos que potencializem a ação das enzimas, tornando-o funcional em formulações de limpeza sustentáveis. Mais do que um teste experimental, este estudo reforça a importância de valorizar espécies nativas do semiárido, como o mandacaru, como alternativas sustentáveis para uso industrial. O aproveitamento de um recurso regional abundante e de baixo custo oferece economia e agrega valor à biodiversidade do sertão. Assim, embora os resultados demandem aperfeiçoamento, este trabalho estabelece base sólida para futuras investigações em biotecnologia de baixo custo, valorização de recursos locais e desenvolvimento de produtos de limpeza ambientalmente responsáveis. O uso combinado de *Aspergillus niger* e mandacaru surge como solução inovadora, alinhada aos princípios da bioeconomia e sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYDIN, Derya. Enzymes in Textile Industry: Towards to Sustainable Textile Processes. Trends in Textile Engineering & Fashion Technology, v. 8, n. 2, 2023. Disponível em:

<https://crimsonpublishers.com/tteft/fulltext/TTEFT.000697.php>

CHEN, H. et al. Solid-State Fermentation of Hyperactive Pectinase by the Novel Strain *Aspergillus* sp. CM96. Processes, v. 12, n. 3, p. 615, 2024. DOI: 10.3390/pr12030615. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/2227-9717/12/3/615>

COLLA, Luciane M. et al. Simultaneous production of proteases and antioxidant biopeptides by solid-state fermentation using soybean residues. Food & Function, v. 14, n. 3, p. 1562–1572, 2023. DOI:

10.1039/D3FO00077J. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2023/fb/d3fb00077j>

KHAN, Mohd Faheem. Recent Advances in Microbial Enzyme Applications for Sustainable Textile Processing and Waste Management. Applied Sciences, v. 7, n. 2, p. 46, 2025. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/2413-4155/7/2/46>

MAYER, Luciene M. et al. Biotechnological potential of microorganisms from textile effluent: isolation, enzymatic activity and dye discoloration. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 93, n. 4, 2021.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/9GFYBQMZDPKsHZ3qk5Kgxy/abstract/?lang=en>

RAO, M. B. et al. Molecular and biotechnological aspects of microbial proteases. Microbiology and Molecular Biology Reviews, v. 62, n. 3, p. 597–635, 1998. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9729602/>

XXIX Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica 2025

REPORTS AND DATA. Industrial Enzymes Market by Product Type and Application – Global Forecast to 2033. New York, 2024. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/industrial-enzymes-market>

SHIOMORI, T. et al. Evaluation of the microbial contamination of medical instruments used in general wards. *American Journal of Infection Control*, v. 30, n. 2, p. 88–94, 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9584809/>

SILVA, A. F.; NUNES, R. S. Potencial de utilização de cactáceas da Caatinga em biotecnologia. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 14, n. 2, p. 45–56, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350843759_Sustainable_Textile_Processing_by_Enzyme_Applications

SILVA, L. R.; NUNES, B. R. Avaliação do potencial do mandacaru (*Cereus jamacaru*) para aplicação em processos biotecnológicos. *Anais do CDSA*, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350843759_Sustainable_Textile_Processing_by_Enzyme_Applications

ZHU, Junwei et al. The process of solid-state fermentation of soybean meal: antimicrobial activity, fermentation heat generation and nitrogen solubility index. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 103, n. 3, p. 1269–1277, 2023. DOI: 10.1002/jsfa.13209. Disponível em: <https://www.wiley.com/en-us/The+process+of+solid+state+fermentation+of+soybean+meal%3A+antimicrobial+activity%2C+fermentation+heat+generation+and+nitrogen+solubility+index-p-9781119842283>