



POTENCIAL LIPOLÍTICO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SEMENTES DE AÇAÍ (*EUTERPE OLERACEA* MART.)

Ingrid L. M. Furtado¹; Beatriz A. Martins²; Mariana M. Corrêa³; Diogo M. Batista⁴; João S. Carneiro⁵.

¹ Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus XVIII, Cametá, Pará, Brasil.

² Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus XVIII, Cametá, Pará, Brasil.

³ Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus XVIII, Cametá, Pará, Brasil.

⁴ Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus XVIII, Cametá, Pará, Brasil.

⁵ Universidade do Estado do Pará (UEPA), Departamento de Ciências Naturais, Belém, Pará, Brasil.

ingrid.furtado@aluno.uepa.br

Palavras-Chave: Biomassa residual, Biotecnologia, Enzimas.

Introdução

A planta *Euterpe oleracea* Mart., conhecida popularmente como açaí ou açaizeiro, é uma palmeira nativa da Amazônia e possui grande relevância econômica, social e cultural, especialmente para comunidades ribeirinhas da região Norte do Brasil. O açaí é rico em antocianinas, composto químico natural presente na família dos flavonoides, que dão origem a pigmentação roxa escura e elevada atividade antioxidante no fruto (Lima et al., 2012; Lin et al., 2007). Além do alto valor nutricional da polpa, caracterizada pela predominância de ácidos graxos insaturados, como oleico (68,2%) e o linoleico (7,5%), fibras e compostos fenólicos, o fruto apresenta ampla aplicação nas indústrias alimentícias, cosméticas e farmacêuticas (Rogez et al., 2011; Yuyama et al., 2011).

Contudo, o processamento do açaí gera grande quantidade de resíduos sólidos, principalmente os caroços, que representam aproximadamente 85% do fruto e, na maioria das vezes, são descartados inadequadamente. Esse descarte favorece problemas ambientais, como acúmulo de resíduos a céu aberto, assoreamento e alagamentos (Oliveira et al., 2020), além de representar desperdício de uma biomassa com elevado potencial de aproveitamento tecnológico (Melo et al., 2022).

Pesquisas de Pereira et al., 2021 demonstraram que as sementes de açaí apresentam composição rica em fibras e compostos bioativos, tornando-se uma alternativa promissora para aplicações biotecnológicas. Entre essas aplicações destacam-se as lipases, enzimas capazes de catalisar reações de hidrólise e síntese de ésteres, amplamente utilizadas nos setores de biocombustível por representarem matérias-primas de baixo custo, elevado potencial biotecnológico, alta versatilidade e estabilidade em diferentes substratos e solventes orgânicos não aquosos (Sharma; Chisti; Benerjee, 2001).

Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo investigar, de forma quantitativa, a atividade lipolítica de *Euterpe oleracea* Mart., bem como caracterizar suas



condições ótimas de pH, temperatura, tempo de reação e afinidade por diferentes substratos, visando contribuir para o reaproveitamento desse resíduo.

Material e Métodos

Os frutos de *Euterpe oleracea* Mart. foram coletados em área rural do município de Cametá, Estado do Pará, transportados ao Laboratório de Química da Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus XVIII, onde passaram por higienização com solução de hipoclorito de sódio e armazenado em baixas temperaturas, para manter seu estado de conservação, para utilização posterior.

Após a abertura manual dos caroços, a massa branca dentro do endosperma foi triturada para obtenção do extrato bruto, com adaptações da metodologia de Liaquat e Owusu Apenten (2000). A extração enzimática foi realizada utilizando solução tampão na proporção de 4,5 mL g⁻¹, por uma hora de homogeneização, à temperatura de 25 °C, e em seguida foi realizada a filtração simples da mistura.

A atividade lipolítica foi determinada conforme Soares et al. (1999), com adaptações, empregando azeite de oliva extra virgem como substrato padrão. As amostras foram conduzidas em triplicatas, sendo que os ácidos graxos liberados foram quantificados por titulação com solução de NaOH 0,05 M, além do teste em branco, que consistiu em titular NaOH na emulsão de tampão, substrato, goma arábica e água destilada no tempo de 0 (zero) minutos, com o intuito de desconsiderar a acidez do próprio fruto e do substrato.

Para caracterização físico-química foram avaliadas diferentes condições de pH: 4,0 ao 8,0 em tampões de acetato, fosfato e borato, faixa de temperatura: 10 a 60 °C, intervalo de tempo de reação de 1 a 15 minutos e afinidades pelos substratos: azeite de oliva, óleo de soja e óleo de girassol.

A atividade de hidrólise foi definida pela quantidade de enzimas que liberam 1 μmol de ácido graxo pelo tempo em minutos, calculadas de acordo com a equação de atividade lipolítica:

$$\text{Atividade relativa: } \frac{(Va - Vb) \times 1000 \times N(\text{NaOH})}{TxVe}$$

Onde: Va: volume da solução de NaOH usado na titulação das amostras em mL, Vb: volume da solução de NaOH usando no branco em mL, N: molaridade da solução de NaOH, T: tempo de reação em minutos e Ve: quantidade do extrato enzimático em mL.

Resultados e Discussão

Os resultados confirmaram a presença promissora de atividade lipolítica nas sementes de *Euterpe oleracea* Mart., em condições ótimas observa-se elevada eficiência catalítica, evidenciando seu potencial como fonte de enzimas vegetais para aplicações biotecnológicas.

Entre os valores de pH avaliados, observou-se maior atividade enzimática relativa em pH 7,0 (110 U/mL), indicando maior estabilidade estrutural da lipase em condições neutras.



Em valores inferiores ou superiores ocorreu redução significativa da atividade, comportamento semelhante ao descrito para outras lipases vegetais como do Jenipapo (*Genipa Americana* L.) e o buriti (*Mauritia Flexuosa* L.) que possuem afinidade com o pH 7,0. Os resultados adquiridos são semelhantes aos observados em outras lipases vegetais descritas na literatura, que normalmente apresentam melhor desempenho em condições de pH neutro ou levemente alcalino (Barros et al., 2010).

Em pH muito ácido, o excesso de íons H^+ altera os grupos químicos do sítio ativo da enzima, reduzindo sua capacidade catalítica, o que explica a menor atividade observada em pH 4,0 (Świderek et al., 2023). Do mesmo modo, que valores de pH acima de 7,0 podem comprometer a estabilidade estrutural da enzima, ocasionando na diminuição de sua atividade (Sukohidayat et al., 2018)

A temperatura também influenciou diretamente a atividade catalítica. O maior desempenho foi registrado a 25 °C (110 U/mL), enquanto temperaturas mais baixas reduziram a velocidade da reação e temperaturas elevadas favoreceram a desnaturação parcial da enzima, diminuindo sua atividade enzimática. Esse comportamento está associado à redução das flutuações da cadeia polipeptídica, essenciais para a abertura e o fechamento da região catalítica das lipases (Amin et al., 2021). Os resultados obtidos, com a atividade máxima a 25 °C e redução em temperaturas inferiores a 20 °C, estão de acordo com estudos que relatam valores ótimos entre 25 e 40 ° tanto para lipases vegetais quanto para microbianas, a depender de sua origem e grau de purificação (Pérez et al., 2018).

Quanto ao seu tempo de reação, verificou-se máxima atividade em 1 minuto de incubação, seguida por redução gradual nos tempos subsequentes. Esse comportamento pode estar relacionado à diminuição da disponibilidade do substrato, bem como à inibição dos produtos formados durante a hidrólise, fenômeno frequentemente observado em sistemas enzimáticos em meio aquoso, esse comportamento sugere que, nos estágios iniciais, a maior disponibilidade do substrato favorece a hidrólise dos triglicerídeos, enquanto o aumento do tempo de reação pode reduzir a atividade enzimática em decorrência de saturação da enzima, conforme relatado por Rodrigues et al., 2020.

Na avaliação da afinidade por diferentes substratos, o azeite de oliva apresentou maior atividade lipolítica (110 U/mL), seguido pelo óleo de girassol (103 U/mL) e de óleo de soja (93 U/mL). Esse resultado está associado ao elevado teor de ácido oleico (C18:1) presente no azeite, que favorece a interação entre o substrato e o sítio catalítico da lipase (Li e Zhang, 2019). Esses resultados evidenciam que óleos ricos em ácidos graxos monoinsaturados favorecem a atividade enzimática, enquanto maiores níveis de poli-insaturação podem limitar a interação enzima-substrato e o rendimento catalítico.

Os resultados obtidos demonstram que os caroços de açaí constituem uma fonte promissora de lipases vegetais, com elevada eficiência catalítica em condições moderadas de reação. As sementes da *Euterpe oleracea* Mart. possuem caracterização cinética e a imobilização dessas enzimas podem ampliar sua estabilidade operacional e possibilitar seu emprego em processos industriais contínuos, incluindo a produção de biocombustíveis, síntese



de ésteres e formulações cosméticas (Xia et al., 2023). Sob a perspectiva ambiental, o aproveitamento dos caroços de açaí contribui para a valorização de resíduos agroindustriais, alinhando-se aos princípios da bioeconomia e da sustentabilidade (Sharma et al., 2022).

Estudos de Espinheira et al., 2024; Perwez et al., 2025 também destacam o potencial desses resíduos para aplicações integradas a biorrefinarias e na obtenção de compostos bioativos reforçando o potencial das lipases do açaí para o desenvolvimento de processos biotecnológicos sustentáveis.

Conclusões

O presente estudo confirmou a presença de atividade lipolítica nas sementes de *Euterpe oleracea* Mart., identificando como condições ótimas de atuação o pH 7,0, temperatura de 25 °C, tempo de reação de 1 minuto e azeite de oliva como melhor substrato, essas características são favoráveis para a aplicação em processos industriais sob condições brandas de operação e de baixo custo energético.

Esses resultados evidenciam o potencial biotecnológico dos caroços de açaí como fonte alternativa de lipases vegetais, além de reforçarem a importância do reaproveitamento dessa biomassa abundante dentro dos princípios da bioeconomia e da economia circular, o estudo amplia o conhecimento sobre a biodiversidade enzimática amazônica e destaca o potencial do açaí para aplicações nos setores alimentício, cosmético e energético.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro concedido, que tornou possível a realização deste trabalho.

Referências

ALMEIDA, N. C.; ROSA, C. M. C.; FIGUEIREDO, R. O.; VALENTE, W. W. R.; SILVA, N. R.; CARNEIRO, J. S. **Investigação de fontes vegetais de lipase: uso de extrato bruto de semente de *Astrocarym murumuru***. In: SIMPÓSIO DE GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO DO DAQBI, 4., 2021, Curitiba. Anais. Curitiba: UTFPR, 2021. p.205-206.

AMIN, M.; BHATTI, H. N.; BILAL, M. Kinetic and thermodynamic characterization of lipase from *Aspergillus melleus* and its biocatalytic performance for degradation of poly(ϵ -caprolactone). **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jctb.6649>. Acesso em: 15 jul. 2026.

ANTUNES, R. S.; LOPES, F. M.; BRITO, A. O.; GARCIA, L. F.; SOUSA, D. F.; GIL, E. S. Enzimas vegetais: Extração e aplicações biotecnológicas. **Infarma-Ciências Farmacêuticas**, v. 29, n. 3, p. 181-198, 2017.

BARROS, M. et al. Seed lipases: sources, applications and properties – a review. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 27, n. 1, p. 15–29, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/bjce/a/8G87wswqngxszjgsBNhHNgi/?format=html&lang=en>. Acesso em: 15 jul. 2026.

BORRELLI, G. M.; TRONO, D. Recombinant lipases and phospholipases and their use as biocatalysts for industrial applications. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 9, p. 20774–20840, 2015. DOI: 10.3390/ijms160920774. Acesso em: 15 jul. 2026.



ESPINHEIRA, R. P. et al. A strategy for Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) seeds upgrading: discovery and characterization of enzymes targeting seed polymers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry / ACS**, 2024. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.4c07018>. Acesso em: 15 jul. 2026.

HASAN, F.; SHAH, A. A.; HAMEED, A. **Industrial applications of microbial lipases**. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 39, n. 2, p. 235–251, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enzmitec.2005.10.016>. Acesso em: 15 jul. 2026.

LI, X.; ZHANG, J. Study on lipase-catalyzed hydrolysis of olive oil at oil–water interface. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 96, n. 2, p. 183–191, 2019. Disponível em: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.3139/113.110681/html>. Acesso em: 15 jul. 2026.

LIAQUAT, M.; OWUSU APENTEN, R. K.; Synthesis of low molecular weight flavor esters using plant seedling lipases in organic media. **Journal of Food Science: Food Chemistry and Toxicology**; v. 65, n. 2, p. 295-299, 2000.

LIMA, C. P.; CUNICO, M. M.; MIYAZAKI, C. M. S.; MIGUEL, O. G.; CÔCCO, L. C.; YAMAMOTO, C. I.; MIGUEL, M. D. Conteúdo polifenólico e atividade antioxidante dos frutos da palmeira Juçara (*Euterpe edulis* Martius). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 2, p. 321-326, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722012000200011>. Acesso em: 15 jul. 2026.

LIN, J.; REXRODE, K. M.; HU, F.; ALBERT, C. M.; CHAE, C. U.; RIMM, E. B.; STAMPFER, M. J.; MANSON, J. E. Dietary intakes of flavonols and flavones and coronary heart disease in US women. **American Journal of Epidemiology**, v. 165, n. 11, p. 1305-1313, 2007. <http://dx.doi.org/10.1093/aje/kwm016>. Acesso em: 15 jul. 2026.

MELO, S. P. et al. Açaí seeds: an unexplored agro-industrial residue as a potential source of bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 372, p. 131267, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131267. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/pt/publicacao/191016>. Acesso em: 15 jul. 2026.

MONTEIRO, V. N.; NASCIMENTO, R. S. **Aplicações industriais da biotecnologia enzimática**. *Revista processos químicos*, v. 3, n. 5, p. 9-23, 2009.

OLIVEIRA, J. A. R. de; PASSOS, M. F., & CONCEIÇÃO, A. C. da. (2020). Alkaline Hydrogen Peroxide Pretreatment of Açaí Seeds Waste (Asw) for Fermentable Sugars and Ethanol Production. **International Journal of Advances in Engineering & Technology - IJAET**, 13(2), 49-56. <http://dx.doi.org/10.7323/ijaet.2020.v13i2.003>. Acesso em: 15 jul. 2026.

PEREIRA, D. A.; MENDES, L. A.; SOUZA, A. P. Caracterização e aproveitamento de resíduos de sementes de *Euterpe oleracea* na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 23, n. 2, p. 123-134, 2021.

PÉREZ, M. M.; GONÇALVES, E. C. S.; SALGADO, J. C. S.; SOUZA, R. L.; FREIRE, D. M. G. Production of omegas-6 and -9 from the hydrolysis of açaí and buriti oils by lipase immobilized on a hydrophobic support. **Molecules**, v. 23, n. 11, p. 3015, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/23/11/3015>. Acesso em: 15 jul. 2026.

PERWEZ, M.; AL ASHEH, S. Valorization of agro-industrial waste through solid-state fermentation: Mini review. **Biotechnology Reports**, v. 45, p. 873, 2025. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11780145/>. Acesso: 15 jul. 2026.

RODRIGUES, R. C. et al. Immobilization of lipases on hydrophobic supports: immobilization mechanism, advantages, problems, and solutions. **Biotechnology Advances**, v. 37, n. 5, p. 746–770, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30974154/>. Acesso em: 15 jul. 2026.



ROGEZ, H.; POMPEU, D. R.; AKWIE, S. N. T.; LARONDELLE, Y. Sigmoidal kinetics of anthocyanin accumulation during fruit ripening: a comparison between açai fruits (*Euterpe oleracea*) and other anthocyanin-rich fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 6, p. 796-800, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2011.03.015>. Acesso em: 15 jul. 2026.

SANTOS, O. V. et al. Lipids from the purple and white açai (*Euterpe oleracea*): composition and potential applications. **Frontiers in Nutrition**, 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2024.1385877/full>. Acesso em: 15 jul. 2026.

SCHMID, R. D.; VERGER, R. Lipases: interfacial enzymes with attractive applications. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 37, n. 12, p. 1608-1633, 1998.

SENA, I. S.; OLIVEIRA, L. A.; MENEZES, M. L.; GONÇALVES, E. C. S. *Euterpe oleracea* Mart. (açazeiro) from the Brazilian Amazon: phytochemistry and biotechnological potential. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 296, p. 115-449, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36557647/>. Acesso em: 15 jul. 2026.

SHARMA, K. K.; DEVI, A.; KOUR, J. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: nutritional and health benefits. **Nutrients**, v. 12, n. 9, 2899, 2020. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7500752/>. Acesso em: 15 jul. 2026.

SHARMA, R.; CHIST, Y.; BANERJEE, U. C. Production, purification, characterization, and applications of lipases. **Biotechnology Advances**, v.19, p.627-662, 2001.

SHARMA, R.; KANWAR, S. S. Organic solvent tolerant lipases and applications. **The Scientific World Journal**, v. 2014, p. 625258, 2014. DOI: 10.1155/2014/625258. Acesso em: 15 jul. 2026.

SHARMA, V.; et al. Agro-Industrial Food Waste as a Low-Cost Substrate for Industrial Enzyme Production. **Catalysts**, v. 12, p.1373, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4344/12/11/1373>. Acesso em: 15 jul. 2026.

SOARES, C. M. F.; CASTRO, H. F.; MORAES, F. F.; ZANIN, G. M. Characterization and utilization of *Candida rugosa* lipase immobilized on controlled pore silica. **Applied Biochemistry and Biotechnology**. 79, p. 745-757, 1999.

SUKOHIDAYAT, N. H. E. et al. Purification and characterization of lipase produced by microorganism. **International Journal of Microbiology**, 2018. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6099660/>. Acesso em: 15 jul. 2026.

ŚWIDEREK, K. et al. Mechanistic studies of a lipase unveil effect of pH on catalysis. **Nature Communications**, 2023. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-023-39201-1>. Acesso em: 15 jul. 2026.

XIA, S. et al. Lipase-catalyzed production of biodiesel: a critical review on feedstock, enzyme carrier and process factors. **Biofuels, bioproducts & biorefining**, v. 18, n. 1, 2023. Disponível em: <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bbb.2561>. Acesso em: 15 jul. 2026.

YUYAMA, Lucia Kiyoko Ozaki *et al.* Caracterização físico-química do suco de açai de *Euterpe precatoria* Mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos. **Acta amazonica**, v. 41, n. 4, p. 545-552, 2011.