



PRODUÇÃO DE ETANOL POR FERMENTAÇÃO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DO AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.): um estudo preliminar sobre o potencial de aproveitamento sustentável

²Débora E. S. Silva; *José H. C. Monteiro; ³Dr. Marcos A. F. de Souza; Rainara P. Araujo.

Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do Amapá - Campus Macapá

Email: jose.monteiro@aluno.ifap.edu.br

Palavras-Chave: bioálcool; reaproveitamento.

Introdução

Este trabalho aborda o problema ambiental gerado pelo descarte inadequado dos caroços de açaí no estado do Amapá, especialmente nos municípios de Macapá e Santana, onde grandes volumes desse resíduo são descartados diariamente. O objetivo principal da pesquisa foi investigar alternativas sustentáveis para o reaproveitamento desse resíduo sólido, com foco na produção de biocombustível, especificamente etanol.

O estudo foi realizado por meio de uma pesquisa experimental e qualitativa, com coleta de caroços de açaí em pontos de venda, processamento físico do material, fermentação alcoólica com uso de leveduras e posterior destilação para extração do etanol. Os resultados indicaram que é viável a utilização do caroço de açaí como matéria-prima para produção de bioálcool, com desempenho energético semelhante ao do álcool comercial de 70°, sendo observada chama de coloração e tempo de combustão compatíveis, além da ausência de resíduos hídricos após a queima.

Segundo o IBGE (2017), o Amapá é um dos principais consumidores de açaí no Brasil, fruto que além de alimento é parte da identidade cultural local. Porém, o aumento do consumo gera um problema ambiental: o descarte inadequado dos caroços, que correspondem a 83% do peso do fruto. Em Macapá e Santana, cerca de 24.455 kg de caroços são descartados diariamente, grande parte em locais impróprios como lagos, terrenos baldios, lixões e corpos hídricos. Apenas uma pequena fração é usada em olarias, como adubo ou tem destino conhecido, enquanto o total anual ultrapassa 8.900 toneladas (BARRETO; BORGES, 2018).

O mundo se depara atualmente com a perspectiva de um significativo aumento na demanda por etanol. Para evitar que haja o limite da oferta ou a competição pelo uso da terra para a geração de energia e produção de alimentos, especialmente em locais que não dispõem de clima favorável ou extensão territorial para cultivo, torna-se necessário investir em desenvolvimentos tecnológicos de segunda geração de produção de etanol. Essa nova geração



representa uma alternativa para o uso energético da biomassa, apresentando vantagens ambientais e econômicas, por ser o etanol produzido a partir de lignocelulose, presente em resíduos de origem vegetal. A produção de etanol da lignocelulose é feita com tecnologias ainda em fase de aperfeiçoamento (PACHECO, 2011).

Os biocombustíveis de segunda geração são produzidos a partir de biomassa lignocelulósica, que é composta basicamente de celulose, hemiceluloses e lignina (BALAT et al., 2008). As etapas são, basicamente, pré-tratamento da biomassa, separação, purificação e tratamento de efluentes. (RAO et al., 2006).

Objetivo Geral

Avaliar preliminarmente o potencial de utilização dos resíduos do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) em um processo fermentativo visando à produção de etanol, como alternativa para o aproveitamento sustentável dessa biomassa.

Objetivos Específicos

- Preparar um mosto fermentativo contendo resíduos do açaí e açúcar para avaliação do processo de fermentação;
- Realizar o processo fermentativo e a destilação do produto obtido;
- Avaliar preliminarmente a obtenção de etanol no sistema fermentativo empregado;
- Discutir o potencial de aproveitamento dos resíduos do açaí para aplicações em processos de produção de biocombustíveis, considerando as limitações metodológicas do estudo.

Material e Métodos

Preparo do grão do Açaí

Seleção e Limpeza: Os caroços do açaí serão selecionados, lavados para remover impurezas como terra e areia, garantindo a qualidade do produto e otimizando o processo subsequente.

Secagem na Estufa a 60°: A amostra peneirada é, então, disposta em um béquer para ser levada à estufa. A estufa é aquecida a uma temperatura de 60°C, ideal para a remoção gradual da umidade da polpa sem comprometer os nutrientes. A secagem a essa temperatura previne contaminações e mantém a qualidade dos resíduos. O tempo necessário é de 20 minutos para que toda umidade necessária seja retirada.



Figura 1 - Secagem .



Fonte: Autoria Própria 2025

Moagem: 100 gramas de resíduos de açaí serão moídos em um moinho martelo, aumentando a área de contato com os reagentes e facilitando a extração do amido.

Figura 2 - Moagem.



Fonte: Autoria Própria 2025.

Separação do Triturado: A trituração, os resíduos são direcionados para um sistema de peneiração, onde passa por telas e peneiras que retêm as cascas e demais materiais indesejados. Esse processo de peneiração garante que apenas os resíduos, sejam aproveitados

Fermentação Alcoólica:

Para a etapa de fermentação, foi preparado um mosto a partir da biomassa obtida, de água e de açúcar, em proporções definidas por balanço de massa. Em seguida, adicionou-se levedura biológica (*Saccharomyces cerevisiae*) a 5% de concentração. O processo fermentativo foi conduzido por 48 horas, sob temperatura controlada, pH ácido e grau Brix inicial de 13°, mensurado com refratômetro digital (modelo MA871). Ao término do processo, registrou-se grau Brix de 4,3°, confirmando a finalização da fermentação.

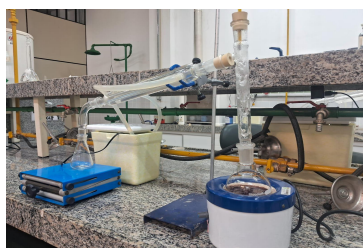
Destilação:

Após a fermentação, o líquido resultante foi filtrado e submetido à destilação



fracionada (Figura 6). O processo foi realizado sob temperatura entre 70 °C e 75 °C, correspondente ao ponto de ebulição do etanol, visando à separação e à coleta da fração alcoólica.

Figura 3 - Destilação Fracionada.



Fonte: Autoria Própria 2025.

Caracterização do etanol obtido

Após o processo de destilação, o etanol produzido foi submetido a testes de caracterização, com o objetivo de verificar suas propriedades físico-químicas e comparar seu desempenho com o de amostras comerciais.

Resultados e Discussão

Após a preparação do mosto, este foi mantido em repouso para permitir a conversão bioquímica necessária ao processo fermentativo. A moagem dos resíduos favoreceu a maior área de contato entre o material lignocelulósico e as enzimas, uma vez que a redução do grau de polimerização e da cristalinidade da celulose contribui para o melhor desempenho enzimático (OGEDA et al., 2010), reduzindo o tempo total de fermentação para um intervalo entre 48 h e 72 h.

Concluída a etapa fermentativa, realizou-se a destilação fracionada para a separação do etanol. O líquido fermentado foi previamente filtrado e posteriormente destilado sob controle de temperatura entre 70 °C e 75 °C, faixa correspondente ao ponto de ebulição do etanol. Durante todo o processo, os dados foram registrados para análise qualitativa, com o objetivo de verificar a viabilidade do uso dos caroços de açaí como matéria-prima para produção de biocombustível, contribuindo para a valorização de resíduos e para a mitigação de impactos ambientais na região amazônica.



Foram realizados testes de caracterização físico-química do bioálcool obtido, com a finalidade de identificar suas propriedades. Executou-se, inicialmente, uma análise quantitativa utilizando um densímetro alcoômetro para determinação da densidade da solução e, consequentemente, do teor alcoólico, que foi de 59%

Figura 4 – Teor alcoólico.



Fonte: Autoria Própria 2025

Além da avaliação quantitativa, realizou-se um teste qualitativo de combustão com o bioálcool produzido e com álcoois comerciais de diferentes concentrações, com o objetivo de comparar o tempo de queima e a coloração da chama (Figura X). Para isso, foram utilizadas triplicatas de 5 mL de cada amostra.

Figura 5 – Teste de combustão.



Fonte: Autoria Própria 2025.

Após os ensaios, foi calculada a média do tempo de combustão de cada amostra, conforme apresentado na Tabela 1.



Tabela 1 – Tempo médio de combustão das amostras.

Tipo de Álcool	Coloração da Chama	Tempo de Combustão
Álcool etílico 46%	Azul	1m 46s
Álcool etílico 70%	Amarelo com fundo azul	2m 26s
Álcool etílico 92,8%	Amarelo com fundo azul	3m 26s
Álcool etílico de açaí 59%	Azul com pequenas labaredas amarelas	2m 16s

Fonte: Autoria Própria 2025.

A análise dos resultados demonstra que o bioálcool apresentou tempo de combustão próximo ao do álcool 70°, além de uma chama com coloração azulada e labaredas amarelas, semelhante ao padrão observado para o álcool 70°. Ao término do processo, verificou-se a ausência de água residual após a queima. Contudo, o tempo de combustão inferior ao observado no álcool 92° sugere a presença de impurezas no produto obtido.

De modo geral, a pesquisa evidenciou que os caroços de açaí, frequentemente descartados de forma inadequada no estado do Amapá, possuem elevado potencial para a produção de biocombustíveis. A conversão dessa biomassa em etanol representa uma alternativa viável e sustentável para a gestão de resíduos sólidos na região. Além de mitigar impactos ambientais, o processo agrega valor a subprodutos regionais e contribui para o fortalecimento da bioeconomia local. Assim, o aproveitamento dos caroços de açaí configura-se como uma solução tecnológica promissora e replicável em outras localidades com características similares, alinhando-se às diretrizes de desenvolvimento sustentável e à transição para fontes energéticas mais limpas.

Conclusões

Os resultados obtidos indicam que os resíduos do açaí apresentam potencial para aplicação em processos fermentativos voltados à produção de etanol, evidenciando uma perspectiva promissora para o aproveitamento sustentável dessa biomassa. No entanto, em razão da adição de açúcar ao mosto e da ausência de uma etapa de hidrólise da biomassa e de um ensaio controle, não é possível afirmar que o etanol produzido tenha sido proveniente



diretamente dos caroços de açaí. Assim, este estudo deve ser considerado preliminar, servindo como base para pesquisas futuras que incluam essas etapas metodológicas, a fim de confirmar a contribuição dos resíduos do açaí na produção de etanol e seu potencial para fortalecer a bioeconomia e a gestão sustentável de resíduos na região amazônica.

Agradecimentos

Agradecemos a Deus, ao orientador, à coorientadora, à instituição, à família, aos amigos e a nós mesmos, pelo apoio, força e incentivo fundamentais para esta conquista.

Referências

ALMEIDA, A. V. D. C. et al. Revalorização do caroço de açaí em uma beneficiadora de polpas do município de Ananindeua/PA: proposta de estruturação de um canal reverso orientado pela PNRS e logística reversa. Revista GEPROS, v. 12, n. 3, p. 59, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15675/gepros.v12i3.1668>.

AMORIM, H. V.; BASSO, L. C.; ALVES, D. G. Processos de produção de álcool: controle e monitoramento. Piracicaba: FERMENTEC/FEALQ/ESALQ-USP, 1996.

AMORIM, H. V.; LEÃO, R. M. Fermentação alcoólica: ciência e tecnologia. Piracicaba: Fermentec Publicações, 2005.

ANDRIETTA, M. G. S. et al. Bioálcool-Brasil: 30 anos na vanguarda. Multiciência, 2006. Disponível em: https://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_07/a_02_7.pdf. Acesso em: 22 out. 2024.

BALAT, M.; BALAT, H.; OZ, C. Progress in bioethanol processing. Progress in Energy and Combustion Science, v. 34, p. 551–573, 2008.

BARBOSA NETO, A. et al. Secagem infravermelho de caroços de açaí para a obtenção de biomassa. Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, n. 2, p. 5451–5458, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5151/chemeng-cobeq2014-0554-24974-159341>.

BARRETO, D. A. A.; BORGES, F. G. P. The presence of the middlemen in the açaí productive chain in the State of Amapá. Brazilian Journal of Development, v. 4, n. 6, p. 2923–2938, 2018.

BEZERRA, V. S. Açaí seguro: choque térmico nos frutos de açaí como recomendação para eliminação do agente causador da doença de Chagas. Embrapa Amapá – Nota Técnica, 2018.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Presidência da República, 2010.



CARVALHO, A. C. A. de; COSTA, F. de A.; SEGOVIA, J. F. O. Caracterização e análise econômica do arranjo produtivo local do açaí nativo no estado do Amapá. In: OLIVEIRA et al. (Org.). Arranjos produtivos locais e desenvolvimento. Rio de Janeiro: IPEA, 2017. p. 109–128.

D'ARACE, L. M. B. et al. Produção de açaí na região Norte do Brasil. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 10, n. 5, p. 15–21, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0002>.

FAPESP. Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho. São Paulo: FAPESP; Amsterdam: InterAcademy Council; Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção de açaí no Amapá. Resultados preliminares do Censo, 2017.

LIRA, R. S. O aproveitamento do resíduo (caroço) do açaí na geração de energia limpa e renovável. Realize Editora, 2018. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/editora/anais/....> Acesso em: 28 out. 2024.

MARINS, J. C. et al. Caracterização química do caroço de açaí para fins energéticos. Journal of Environmental Analysis and Progress, 2014. (Adicionado porque é citado no texto).

MIRANDA, C. A. S. et al. Resíduos do açaí e impactos ambientais associados ao descarte inadequado. Revista Amazônica de Meio Ambiente, 2022. (Adicionado porque é citado no texto).

OGEDA, T. L. et al. Hidrólise enzimática de biomassa lignocelulósica para produção de etanol. Química Nova, 2010. (Adicionado porque é citado no texto).

PADILHA, J. L.; CANTO, S. A. E.; RENDEIRO, G. Avaliação do potencial dos caroços de açaí para geração de energia. Biomassa & Energia, v. 2, p. 231–239, 2006.

PACHECO, T. F. Produção de etanol: primeira ou segunda geração? Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Circular Técnica, Brasília, 2011.

PROPEQ. Benefícios do etanol de segunda geração para o meio ambiente. 2022. Disponível em: <https://propeq.com/beneficios-meio-ambiente-etanol-2g/>. Acesso em: 24 out. 2024.

RAO, R. S. et al. Xylitol production from corn fiber and sugarcane bagasse hydrolysates by *Candida tropicalis*. Bioresource Technology, v. 97, p. 1974–1978, 2006.



RODRIGUES, R. R. de A. Energias renováveis: o que são e por que utilizá-las. Disponível em: <https://www.aondevamos.eng.br/textos/textos08.htm>. Acesso em: 25 out. 2024.

ROHRICH, S. S.; CUNHA, J. C. A proposição de uma taxonomia para a análise da gestão ambiental no Brasil. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 8, n. 4, p. 86–95, 2004.

SILVA, I. T.; ROCHA, B. R. P. Energia de biomassa, agricultura familiar e inserção social em comunidades isoladas do Pará. In: *Anais do Simpósio Amazônia, Cidades e Geopolíticas das Águas. Projeto MEGAM*, v. único, p. 172–173, 2003.