



ROADMAP TECNOLÓGICO DA VALORIZAÇÃO DA CADEIA DO AÇAÍ

FS CARDOSO^{1,2}, S VAZ Jr.³, M DORIA⁴, S BORSCHIVER²

¹Instituto SENAI de Inovação em Biossintéticos e Fibras

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química

³Embrapa Agroenergia

⁴A4F - Algae for Future

E-mail para contato: fscardoso@firjan.com.br

RESUMO – Açaí, símbolo da biodiversidade amazônica, possui um mercado amplamente focado na polpa, enquanto a biomassa residual — especialmente o caroço fibroso — segue subutilizada, gerando grandes impactos ambientais e sociais. Este estudo apresenta um roadmap tecnológico prospectivo, transformando dados dispersos em inteligência estratégica para impulsionar a valorização integral dessa biomassa através do emprego de tecnologias em diferentes níveis de maturidade tecnológica, incluindo-se soluções em biorefinarias. Destacam-se oportunidades para desenvolver produtos de alto valor agregado, como extratos farmacêuticos, insumos cosméticos, nanocristais de celulose, superando os atuais usos de baixa complexidade e valor agregado. A análise evidencia o potencial bioquímico do caroço, rico em antioxidantes, manose, inulina e outros açúcares, e oferece uma ferramenta robusta que contribui para a tomada de decisão de investidores, empresas e centros de pesquisa. Através da análise deste roadmap, objetiva-se a orientação de investimentos e políticas públicas, promovendo desta forma a inovação sustentável, geração de renda regional e valorização da biodiversidade amazônica.

1 INTRODUÇÃO

O açaí, fruto típico da Amazônia, é um dos principais produtos agrícolas do país, que lidera sua produção, consumo e exportação (Mindelo *et al.*, 2018). Em 2021, a produção em áreas de terra firme alcançou aproximadamente 1,48 milhão de toneladas, com destaque para o estado do Pará, responsável por mais de 90% do volume, sustentando economicamente populações ribeirinhas. A crescente demanda ultrapassou a capacidade produtiva das áreas de várzea, impulsionando a expansão do cultivo em terra firme com apoio de tecnologias desenvolvidas pela Embrapa, como plantas geneticamente melhoradas, que garantem produtividade superior, entre 15 e 20 toneladas por hectare (IBGE, 2025a; IBGE, 2025b).

O mercado global do açaí foi avaliado em cerca de US\$ 1,78 bilhão em 2023, com previsão de atingir US\$ 2,25 bilhões até 2030, impulsionado pelos benefícios à saúde, especialmente seu potencial antioxidante (Verified Market Reports, 2025). A polpa, principal produto comercializado, é consumida em sucos, sorvetes e suplementos, além de ser utilizada na indústria cosmética (SEBRAE, 2015). Pesquisas apontam aplicações inovadoras para os



extratos do açaí, incluindo seu uso como fotoprotetores (Cefali *et al.*, 2016), antioxidantes (Pacheco-Palencia *et al.*, 2008), agentes em terapias fotodinâmicas (Monge-Fuentes *et al.*, 2017) e no tratamento do envelhecimento cutâneo (Burke-Colvin *et al.*, 2019). O óleo extraído da polpa, rico em ácidos oleico e palmítico, é amplamente explorado no setor cosmético (Nascimento *et al.*, 2009; Okada *et al.*, 2011).

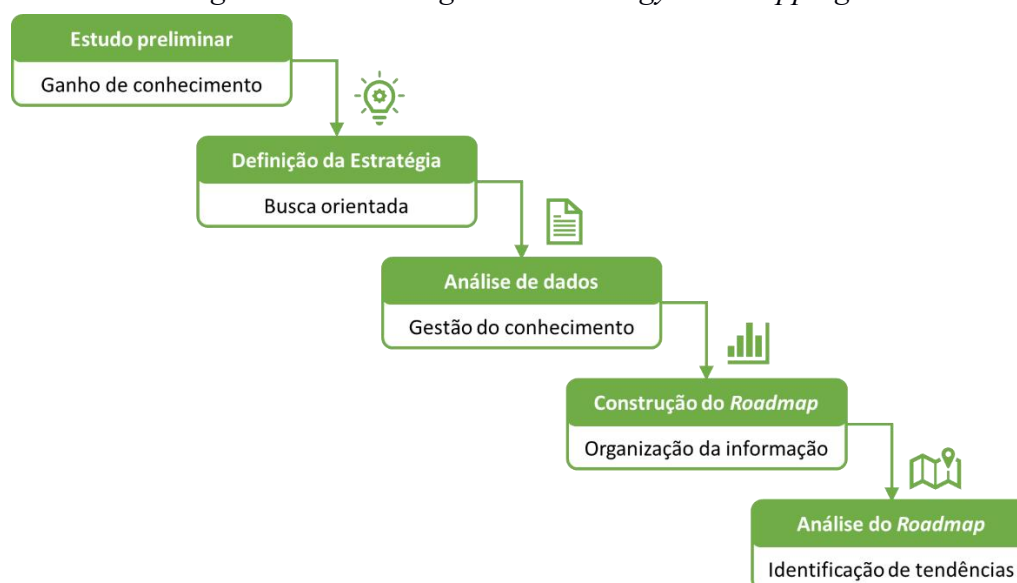
Apesar do destaque da polpa, cerca de 85% da massa do fruto corresponde ao caroço fibroso, que é subutilizado e frequentemente descartado inadequadamente, gerando impactos ambientais. Estudos demonstram que as sementes possuem concentrações significativas de polifenóis com potencial para aplicações farmacêuticas, como no tratamento de infecções microbianas, câncer de mama e processos inflamatórios (Monteiro *et al.*, 2022; Arnoso *et al.*, 2021; Vilhena *et al.*, 2021). A segregação entre a semente rica em manose — um insumo estratégico para as indústrias alimentícia e farmacêutica — e as fibras lignocelulósicas permitiria usos mais especializados, embora exija tecnologias de pré-tratamento que podem elevar os custos de processamento (Pessoa *et al.*, 2010; Pompeu *et al.*, 2009).

Dessa forma, o desenvolvimento de um *roadmap* tecnológico visa orientar estratégias e investimentos, identificando produtos, mercados e atores-chave, promovendo uma bioeconomia do açaí mais sustentável, inovadora e robusta.

2 METODOLOGIA

Foi aplicada uma metodologia de prospecção tecnológica para desenvolver um *roadmap* tecnológico, uma ferramenta visual estruturada que mapeia, ao longo do tempo, os principais agentes e direcionadores em um campo específico (Borschiver e Silva, 2016). Esse *roadmap* funciona como um instrumento estratégico e prospectivo, demonstrando as interconexões entre tarefas tecnológicas e prioridades para ações de curto, médio e longo prazo, integrando perspectivas sobre tecnologia, produtos e mercados. O processo seguiu etapas sistemáticas, desde a coleta de dados até a análise de tendências tecnológicas (Figura 1).

Figura 1: Metodologia de technology roadmapping.



A construção do *roadmap* se iniciou com um estudo preliminar para consolidar o estado da arte da cadeia do açaí, caracterizar a geração e composição de resíduos e definir um conjunto



robusto de palavras-chave. Foram utilizadas diversas bases de dados, com estratégias de busca adaptadas à cada fonte e à terminologia dos documentos. A organização temporal seguiu quatro categorias:

- **Estágio Atual:** Produtos e tecnologias já em uso, mapeados por meio de relatórios, sites e publicações institucionais.
- **Curto Prazo:** Tecnologias prontas para comercialização, identificadas em patentes concedidas.
- **Médio Prazo:** Patentes depositadas, ainda sob avaliação do escritório de patentes.
- **Longo Prazo:** Pesquisas em fase inicial, identificadas em publicações científicas.

Cada documento foi rigorosamente analisado quanto à sua relevância, categorizado por ano, tipo de ator e país de origem. A partir disso, foram mapeadas as conexões entre os *players* com base em direcionadores de mercado, produto e tecnologia, organizados em meso-taxonomias e detalhados em micro-taxonomias para permitir uma compreensão granular das convergências e divergências tecnológicas. A análise vertical identificou tendências dominantes e principais atores em cada horizonte temporal, enquanto a análise horizontal traçou a evolução dessas tendências, revelando oportunidades futuras. Por fim, a análise centrada nos *players* destacou variações estratégicas e possíveis caminhos de investimento, colaboração e intervenção política para fomentar a valorização sustentável dos resíduos do açaí.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa realizou uma extensa análise de mais de 1.000 documentos sobre valorização de resíduos do açaí, identificando 313 materiais relevantes, incluindo artigos científicos, patentes e publicações especializadas. Foram mapeados 217 atores, predominando universidades brasileiras, seguidas por empresas privadas, inventores e organizações sem fins lucrativos. A maior concentração geográfica desses atores está no Brasil, com destaque para os estados do Pará, São Paulo e Rio de Janeiro.

As rotas de valorização dos resíduos foram classificadas conforme direcionadores temáticos e tecnológicos, abrangendo desde o uso integral da biomassa até a separação de componentes específicos, como as fibras e os caroços. Os produtos resultantes incluem extratos multifuncionais, ingredientes bioquímicos, materiais celulósicos, biocombustíveis e bioenergia, entre outros. O processamento envolve uma combinação de pré-tratamentos, tecnologias específicas e pós-tratamentos, com aplicações que vão de setores tradicionais como energia e construção até indústrias de maior valor agregado, como cosméticos e farmacêuticos.

A análise prospectiva, apresentada pela Figura 2 indicou que, no momento, predominam aplicações de menor complexidade tecnológica e valor agregado, como a substituição de combustíveis fósseis ou produção de alimentos alternativos. Entretanto, como apresentado pela Figura 3, há uma tendência clara de evolução para processos mais sofisticados e integrados, como biorrefinarias capazes de gerar múltiplos produtos de alto valor a partir de tecnologias avançadas de extração e processamento.

Figura 2: Estágio atual e curto prazo.

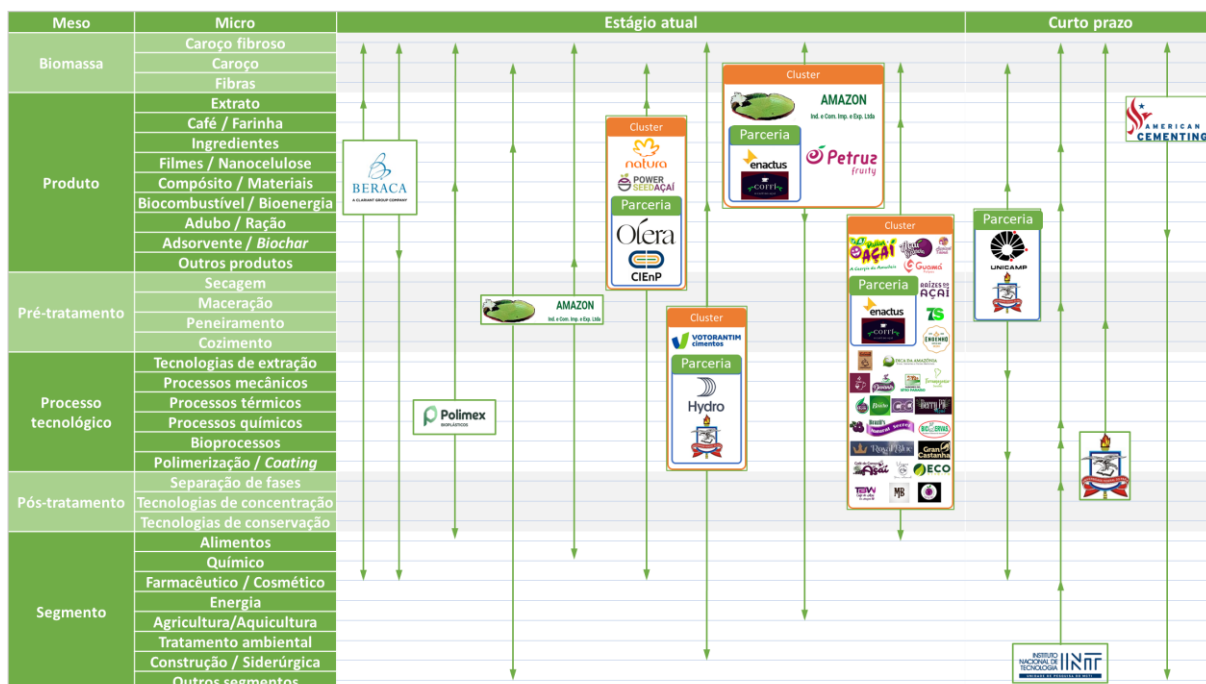
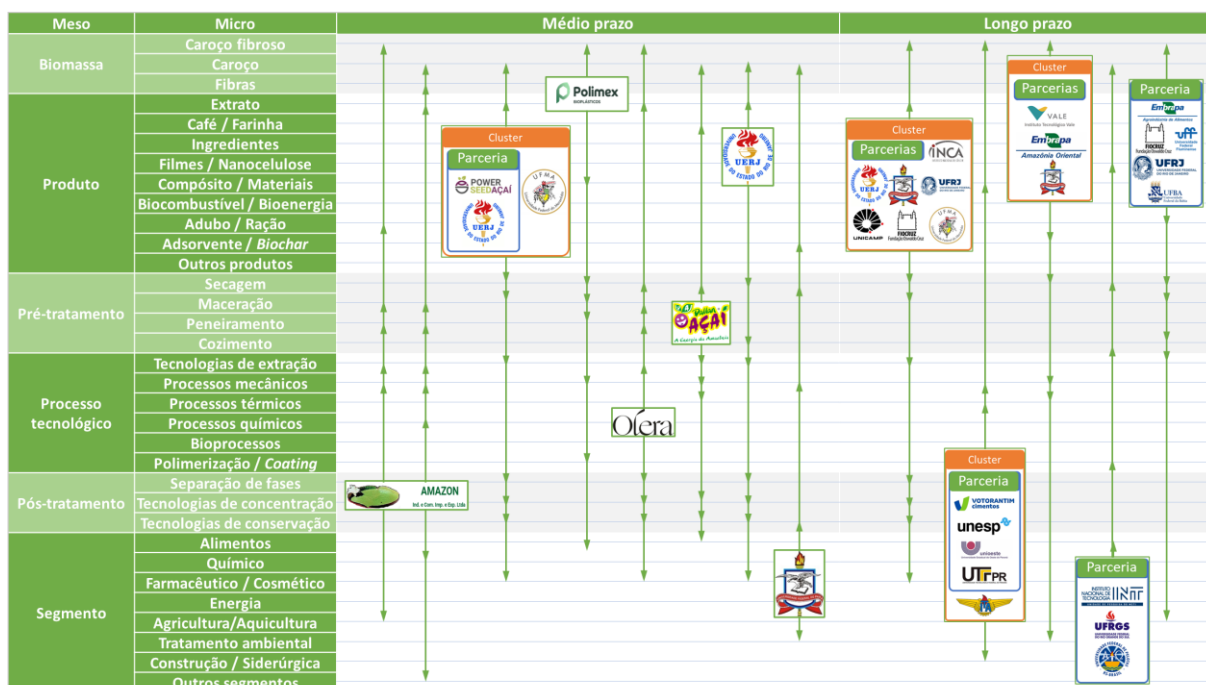


Figura 3: Médio e Longo prazo.



O cenário brasileiro é caracterizado por um sistema dinâmico de inovação, com forte participação acadêmica e empresarial, promovendo o aproveitamento sustentável de resíduos do açaí, especialmente na região amazônica. Esse movimento está alinhado a estratégias globais de bioeconomia e economia circular, contribuindo para a mitigação de impactos ambientais e a promoção do desenvolvimento socioeconômico local.



O avanço tecnológico evidencia uma trajetória de amadurecimento, passando de soluções simples para o desenvolvimento de materiais funcionais avançados, como nanocelulose e biopolímeros. Esse progresso depende de investimentos contínuos em pesquisa, proteção de propriedade intelectual, políticas públicas adequadas e articulações intersetoriais para garantir a escalabilidade e a sustentabilidade das inovações.

Apesar dos avanços, desafios importantes permanecem, como a necessidade de evitar a exploração excessiva dos recursos naturais e assegurar que os benefícios econômicos da valorização da biomassa sejam amplamente distribuídos. O fortalecimento de políticas integradas e modelos de governança sustentável será essencial para consolidar o Brasil como um polo de referência na bioeconomia baseada no aproveitamento de resíduos agroindustriais.

4 CONCLUSÃO

A aplicação da metodologia de elaboração de *roadmap* tecnológico foi essencial para estruturar a análise das trajetórias tecnológicas, tendências de mercado e oportunidades de inovação no setor de biomassa de açaí, fornecendo um referencial estratégico para orientar decisões de diversos atores. O estudo evidencia que a valorização da biomassa do açaí evoluiu para um setor dinâmico, situado na convergência entre bioeconomia, desenvolvimento sustentável e inovação industrial, no qual o Brasil possui vantagens competitivas únicas — como biodiversidade, capacidade científica e infraestrutura industrial. Ao explorar estrategicamente essas potencialidades, o país pode consolidar-se como líder global na bioeconomia, impulsionando ações climáticas, desenvolvimento socioeconômico e sustentabilidade na Amazônia. O *roadmap* tecnológico apresentado identifica caminhos para ampliar a cadeia de valor do açaí, promovendo a transição de aplicações de baixo valor para produtos inovadores e de maior valor agregado, ao mesmo tempo em que reforça a necessidade de políticas públicas integradas e esforços colaborativos entre pesquisa, indústria e comunidades tradicionais, a fim de garantir uma bioeconomia justa, inclusiva e ambientalmente responsável.

5 REFERÊNCIAS

- ARNOSO AM, DE PAULA CO, MACEDO CT, PEREIRA ACS, FRANÇA LF, GOMES FO, DA SILVA MM, RESENDE AC, FERNANDES-SANTOS C. Proanthocyanidins-rich *Euterpe oleracea* Mart. seed extract improves cardiovascular remodeling by increasing antioxidant response in obese high-fat diet-fed mice. *Chem.-Biol. Interact.*, v. 351, art. 109721, 2021.
- BORSCHIVER S, SILVA ALR, *Technology Roadmap: Planejamento Estratégico para Alinhar Mercado-produto-tecnologia*; Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2016; ISBN 978-85-7193-386-6.
- BURKE-COLVIN D, HINES M, GAN D. *Skin Care Formulations*. Estados Unidos: US10434340. 8 out. 2019.
- CEFALI LC, ATAIDE JA, MORIEL P, FOGLIO MA, MAZZOLA, PG, Plant-Based Active Photoprotectants for Sunscreens. *Int. J. Cosmet. Sci.*, v. 38, p. 346–353, 2016.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Tabela 289 - Quantidade produzida e valor da produção na extração vegetal, por tipo de produto extrativo. 2025a. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289>>. Acesso em 30 jun. 2025.



- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Tabela 1613 - Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes. 2025b. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>>. Acesso em 30 jun. 2025.
- MINDELO V, BRABO R, SOUZA LF, MAGNO JC, Análise de um processo produtivo de polpas de açaí através da simulação de eventos discretos. Anais do ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Maceió, AL, 15 nov. 2018. Disponível em: https://doi.org/10.14488/ENEGEP2018_TN_STP_263_512_35849. Acesso em: 1 jul. 2024.
- MONGE-FUENTES V, MUEHLMANN LA, LONGO JPF, SILVA JR, FASCINELI ML, DE SOUZA P, FARIA F, DEGTEREV IA, RODRIGUEZ A, CARNEIRO FP, Photodynamic Therapy Mediated by Acai Oil (*Euterpe Oleracea Martius*) in Nanoemulsion: A Potential Treatment for Melanoma. *J. Photochem. Photobiol. B.* v. 166, p. 301–310, 2016.
- MONTEIRO EB, BORGES NA, MONTEIRO M, RESENDE AC, DALEPRANE JB, SOULAGE CO, Polyphenol-rich açaí seed extract exhibits reno-protective and anti-fibrotic activities in renal tubular cells and mice with kidney failure. *Sci. Rep.*, v. 12, art. 20855, 2022.
- NASCIMENTO RJS, COURI S, ANTONIASSI R, FREITAS SP, Fatty acids composition of açaí pulp oil obtained by enzymatic technology and hexane. *Rev. Bras. Frutic.* v. 30, p. 498–502, 2009.
- OKADA Y, MOTOYA T, TANIMOTO S, NOMURA MA, Study on Fatty Acids in Seeds of *Euterpe Oleracea Mart* Seeds. *J. Oleo. Sci.*, v. 60, p. 463–467, 2011.
- PACHECO-PALENCIA LA, MERTENS-TALCOTT S, TALCOTT ST, Chemical Composition, Antioxidant Properties, and Thermal Stability of a Phytochemical Enriched Oil from Acai (*Euterpe Oleracea Mart.*). *J. Agric. Food. Chem.*, v. 56, p. 4631–4636, 2008.
- PESSOA JDC, ARDUIN M, MARTINS MA, CARVALHO JEU, Characterization of Açaí (*E. Oleracea*) Fruits and Its Processing Residues. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, v. 53, p. 1451–1460, 2010.
- POMPEU DR, SILVA EM, ROGEZ H, Optimisation of the Solvent Extraction of Phenolic Antioxidants from Fruits of *Euterpe Oleracea* Using Response Surface Methodology. *Bioresour. Technol.*, v. 100, p. 6076–6082, 2009.
- SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Açaí: Estudo das Barreiras Sanitárias e Fitossanitárias do Mercado Norte-Americano. Brasília: SEBRAE, 2015.
- VERIFIED MARKET REPORTS, Acai Berry Market Size, Growth, Research, & Forecast 2032. Disponível em: <<https://www.verifiedmarketreports.com/product/acai-berry-market-size-and-forecast/>> Acesso em 9 mar. 2025.
- VILHENA JC, CUNHA LM, JORGE TM, MACHADO ML, SOARES RA, SANTOS IB, DE BEM GF, FERNANDES-SANTOS C, OGNIBENE DT, SOARES DE MOURA, Roberto; RESENDE AC, COSTA CA, Açaí seed extract reverses adverse cardiovascular remodeling in renovascular hypertension: a comparative effect with enalapril. *J. Cardiovasc. Pharmacol.*, v. 77, n. 5, p. 673–684, 2021.