

## Valorização dos resíduos da agroindústria de beneficiamento do açaí: Uma revisão

Valorization of acai waste from processing agro-industry: A review

Valorización de los residuos de acai provenientes de la agroindustria de procesamiento: Una revisión

Recebido: 20/10/2023 | Revisado: 31/10/2023 | Aceitado: 02/11/2023 | Publicado: 04/11/2023

**Thaís Azevedo Teixeira**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1663-2457>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Brasil

E-mail: [thaisazedoteixeira@hotmail.com](mailto:thaisazedoteixeira@hotmail.com)

**Fabício Bruno Mendes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8145-7026>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Brasil

E-mail: [fabriciomendes@ifsp.edu.br](mailto:fabriciomendes@ifsp.edu.br)

### Resumo

O aumento expressivo de resíduos, especialmente sementes, provenientes do cultivo de açaí na Amazônia, representa um desafio para a produção de polpa. Esta problemática, por sua vez, dificulta o avanço da agroindústria regional e a transição para uma economia sustentável. Desta forma, este estudo apresenta alternativas para o reaproveitamento dos resíduos sólidos gerados pela indústria de processamento de açaí. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, com estudos experimentais publicados em português e inglês no período de 2019 a 2023, obtidos nas bases de dados *Science Direct*, *Scielo* e *Google Scholar*. Apenas 26 artigos foram elegíveis conforme critério de escolha, em sua maioria com investigações conduzidas predominantemente para obtenção de biocompósitos e carvão ativado a partir das sementes fibrosas. Diversos segmentos foram explorados para a aplicação desses resíduos. Os produtos resultantes oferecem uma flexibilidade notável, podendo ser comercializados como produtos finais ou utilizados na produção de itens de maior valor agregado. Isso não apenas proporciona soluções versáteis para o mercado, mas também visa à redução dos impactos ambientais e promove a bioeconomia na cadeia produtiva do açaí nas regiões produtoras.

**Palavras-chave:** Agroindústria; Resíduo do açaí; Resíduos; Semente de açaí; Reuso.

### Abstract

The significant increase in waste, especially seeds, from açaí cultivation in the Amazon represents a challenge for pulp production. This problem, in turn, hinders the advancement of the regional agro-industry and the transition to sustainability. Therefore, this study presents alternatives for the reuse of solid waste generated by the açaí processing industry. This is an integrative review of the literature, with experimental studies published in Portuguese and English from 2019 to 2023, obtained from the *Science Direct*, *Scielo*, and *Google Scholar* databases. Only 26 articles were eligible according to selective criteria, which highlighted investigations conducted predominantly to obtain biocomposites and activated carbon from fibrous seeds. Several segments were explored for the açaí waste reuses. The resulting products offer remarkable flexibility and can be sold as final products or used in the generation of high added value items. This not only provides versatile solutions for the market, but also aims to reduce environmental impacts, and promotes bioeconomy in the açaí production chain in producing regions.

**Keywords:** Agroindustry; Açaí waste; Residues; Açaí seed; Reuse.

### Resumen

El aumento significativo de residuos, especialmente las semillas, procedentes del cultivo de açaí en la Amazonia, supone un desafío para la producción de pulpa. Este problema, a su vez, dificulta el avance de la agroindustria regional y la transición hacia una economía sostenible. Por lo tanto, este estudio presenta alternativas para la reutilización de los residuos sólidos generados por la industria de transformación del açaí. Este es un examen integrativo de la literatura, que incluye estudios experimentales publicados en portugués e inglés entre 2019 a 2023, obtenidos de las bases de datos *Science Direct*, *Scielo* y *Google Scholar*. Solo 26 artículos cumplieron con los criterios de inclusión, con investigaciones llevadas a cabo predominantemente para obtener biocompuestos y carbón activado a partir de las semillas fibrosas. Se exploraron varios segmentos para la reutilización de estos desechos de açaí. Los productos resultantes ofrecen una notable flexibilidad, pudiendo comercializarse como productos finales o utilizarse en la producción de artículos de mayor valor agregado. Esto no solo proporciona soluciones versátiles para el mercado, sino que también tiene como

objetivo reducir los impactos ambientales y promueve la bioeconomía en la cadena de producción açai en las regiones productoras.

**Palabras clave:** Agroindustria; Resíduos de açai; Restos; Semilla de açai; Reusar.

## 1. Introdução

Atividades antrópicas têm comumente gerado grandes volumes de resíduos (Menezes et al., 2018). A disposição inadequada ou ausência de um tratamento específico impacta negativamente o ambiente em que é lançado. Por isso, medidas de mitigação, como o reaproveitamento de materiais anteriormente considerados rejeitos pode trazer soluções sustentáveis e agregar valor à subprodutos (Cavalcanti et al., 2021; Zavarize, 2021).

Dentre os diferentes tipos de resíduos, existem os provenientes da agroindústria. Nesse contexto, o açazeiro é uma palmeira nativa da região Amazônica, pertencente ao gênero *Euterpe*. O cultivo dessa árvore, visando à obtenção de seu fruto, o açai, teve um crescimento notável a partir da década de 90, devido às inúmeras possibilidades de utilização, principalmente no setor alimentício (Lustosa et al., 2022). As duas espécies exploradas para a comercialização são *Euterpe oleracea* que comumente ocorre no estado do Pará, e *Euterpe precatoria* que predomina no estado do Amazonas (Miranda et al., 2022).

O açai é composto por duas partes distintas, a polpa que representa aproximadamente 32% do fruto, enquanto o caroço fibroso ou semente fibrosa compõe os 68% restantes (Mendes et al., 2019). A parte de maior relevância econômica no contexto do açai é a polpa, que se destaca como um alimento de alto valor nutricional. Ela desempenha um papel fundamental na alimentação diária de uma grande parcela da população na região Norte do Brasil, principal produtora desse superalimento. No cenário mundial, o Brasil ocupa as posições de maior produtor, consumidor e exportador de açai (Nobre et al., 2023; Feitoza et al., 2022). Em 2022, o país alcançou uma produção anual de cerca de 1,7 milhões de toneladas do fruto (IBGE, 2022).

O aumento da produção da polpa do açai tem como desafio o crescente volume de resíduos, sobretudo dos caroços, que afeta a população local, devido o eventual descarte irregular em ambiente urbano (Negrão et al. 2021). Essa problemática dificulta o desenvolvimento agroindustrial regional e a transição para uma economia sustentável na região amazônica. Este fato justifica a busca por alternativas de valorização desses resíduos de forma eficiente baseados em estratégias de bioeconomia circular (Barbosa & Carvalho, 2022). Desta forma, este estudo tem como finalidade apresentar alternativas de aproveitamento dos resíduos sólidos oriundos da indústria de beneficiamento do açai.

## 2. Metodologia

Este estudo consiste em uma revisão integrativa da literatura (Whittemore & Knafelz, 2005) baseada nos critérios estabelecidos pelo PRISMA *Statement* (Moher et al., 2015). Tal metodologia tem como finalidade reunir e sintetizar recentes estudos realizados com diferentes tipos de metodologia a fim de contribuir para um aprofundamento acerca do tema investigado (Souza et al., 2010).

O processo de busca e seleção foi realizado nas bases de dados: *Science Direct* (Elsevier); Scielo; e *Google Scholar*, utilizando os descritores controlados do *Medical Subject Headings (MeSH)*, e os operadores booleanos “OR” e “AND”, para formação de expressões lógicas através das combinações, além do refinamento. Assim, os seguintes termos foram adotados: *açai* OR *açai waste* AND *residue* OR *açai seed*.

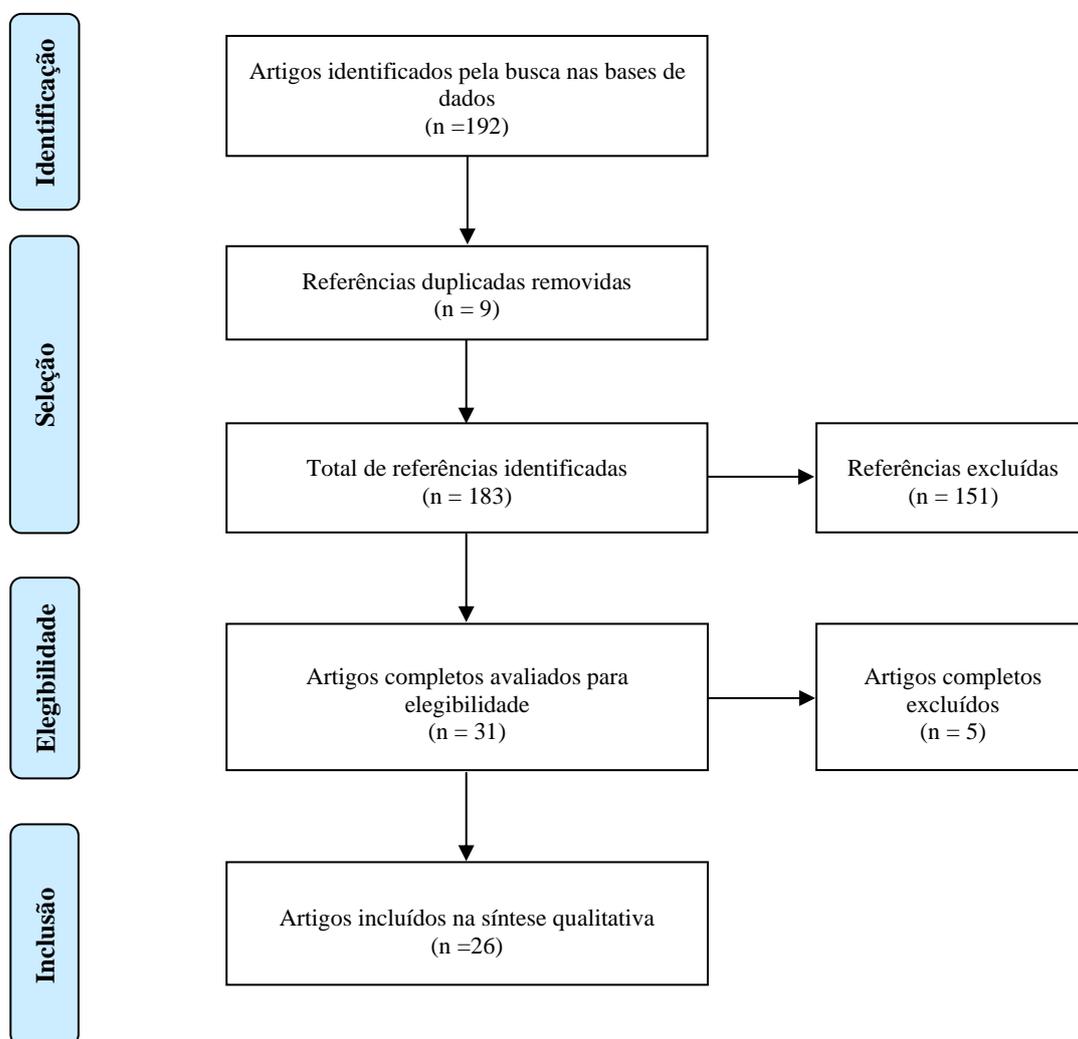
A inclusão dos artigos se deu de acordo com os seguintes critérios: artigos originais dentro da temática; publicados em inglês e português; e publicados entre 2019 e 2023. Excluíram-se os que não contemplassem o objeto de estudo; artigos de revisão; e artigos de acesso restrito ou pagos. Para a identificação dos trabalhos, foi feita a leitura dos títulos, resumos e palavras-chaves, de forma criteriosa. Os que não estavam de acordo foram excluídos, bem como os que se encontravam em duplicidade, eliminados através do software gerenciador bibliográfico Mendeley versão 2.100.0.

Após a seleção, foi realizada a leitura detalhada de cada artigo selecionado, e as informações foram extraídas e organizadas em tabela, contemplando as principais características do estudo, descrição metodológica e a síntese das conclusões encontrados. A análise dos artigos foi realizada de forma descritiva, com a síntese das evidências de cada publicação.

### 3. Resultados

Dentre as 192 referências recuperadas pelas estratégias de busca, nove foram inicialmente eliminadas como duplicatas, restando 183 estudos para avaliação de título, resumo e palavras-chave. Destes, 31 foram identificados para leitura na íntegra, e então 26 foram elegíveis para este estudo como mostrado na Figura 1.

**Figura 1** - Etapas de seleção de artigos sobre valorização dos resíduos do açai.



Fonte: Autores (2023).

A valorização dos resíduos como subprodutos ou insumos em diferentes setores é o primeiro passo para otimizar a utilização dos recursos naturais renováveis e, assim, reduzir a geração de resíduos de forma significativa. Nesse sentido, a Tabela 1 reúne os resultados dos estudos selecionados de reaproveitamento dos resíduos de açai.

**Tabela 1** – Caracterização dos estudos de reaproveitamento dos resíduos no beneficiamento do açaí.

Autores/Ano	Objetivos	Aplicação	Material	Síntese das conclusões
Araújo et al. (2023)	Explorar a biomassa residual de açaí como carga para reforço mecânico de compósitos de borracha natural	Biocompósitos	Semente de açaí secas e trituradas	A adição de cargas orgânicas resultou em compósitos termicamente estáveis, mantendo a estrutura e promovendo interação entre borracha natural e açaí. Esse biocompósito pode substituir alternativas não ecológicas de forma econômica e sustentável.
Nobre et al. (2023)	Investigar o potencial de quatro diferentes biomassas (Caroço de açaí, casca de dendê, caroço de babaçu, e castanha do Pará) na preparação e qualidade do carvão ativado	Carvão ativado	Caroços do açaí triturados e carbonizados	Os resíduos provenientes das quatro biomassas possuem um grande potencial como precursores na fabricação de carvão ativado por ativação física. Os carvões ativados derivados de Babaçu e castanha do Pará destacaram-se devido à sua maior capacidade de adsorção.
Silva et al. (2023)	Avaliar os efeitos do extrato hidroalcolólico da semente de açaí em esquemas preventivos e de tratamento de tumores de camundongos Ehrlich	Antitumoral	Extrato de sementes de açaí	Indícios apontam para a eficácia do extrato como agente antitumoral quando utilizado no tratamento precoce, sugerindo seu potencial para ser desenvolvido como um fármaco ativo derivado de uma fonte natural já conhecida.
Valdez et al. (2023)	Investigar a ativação química ácida (HCl) e alcalina (KOH) do pré-tratamento de sementes de açaí ( <i>Euterpe oleraceae</i> Mart.) submetidos a pirólise	Bio-óleo	Sementes de açaí secas e moídas	Identificaram um melhor rendimento com ativação alcalina (2,0M KOH) e maiores temperaturas quando avaliada em diferentes intervalos (350-450°C).
Valois et al. (2023)	Avaliar o impacto da temperatura e da molaridade na pirólise de sementes de açaí ( <i>Euterpe Oleraceae</i> Mart.) ativadas com KOH no rendimento de bio-óleo	Bio-óleo	Sementes de açaí secas e moídas	O rendimento do bio-óleo aumenta suavemente à medida que a temperatura aumenta (450°C), assim como a formação de hidrocarbonetos aumentando com a molaridade de KOH. Esse fenômeno elimina a formação de oxigenados, diminuindo a acidez.
Aguiar et al. (2022)	Explorar as características físico-químicas dos resíduos de abacaxi e açaí e suas alterações após o cultivo de linhagens de <i>Pleurotus ostreatus</i>	Substrato	Caroços do açaí secos e triturados	O substrato de açaí não foi adequado para o cultivo de fungos devido às suas características estruturais e alto teor de tanino.
Barbosa et al. (2022)	Explorar a aplicação dos resíduos das sementes de açaí como carga reforçadora em compósitos de madeira, utilizando resina poliuretana à base de óleo de mamona	Biocompósitos	Sementes de açaí secas e moídas	Foram observadas diferenças nas amostras com variação das concentrações de resina e tamanhos de partículas das sementes moídas. Partículas maiores resultaram em menor absorção, embora exibissem propriedades mecânicas superiores em comparação com as menores. Isso sugere que essas amostras podem ser apropriadas para usos não estruturais e aplicações internas, como divisórias e tetos.
Feitoza et al. (2022)	Empregar a biomassa das sementes de açaí na produção de biocarvão por meio do processo tradicional de pirólise e aplicação do material como adsorvente para remover catecol em solução aquosa	Carvão ativado	Caroços do açaí triturados	O teste do efluente mostrou uma alta capacidade de adsorção do carvão produzido, suficiente para efluentes industriais contendo fenóis (remoção >98%) e a remoção individual de catecol do efluente simulado atingiu 99,4% de remoção.
Guerreiro et al. (2022)	Investigar o potencial de adsorção de ácido acético em solução, usando dois tipos de biochar adsorvente: um in natura e outro impregnado a 400°C e 450°C, produzidos a partir de sementes de açaí	Carvão ativado	Caroços do açaí secos e moídos	O biocarvão produzido por craqueamento térmico a 450°C da matéria-prima impregnada com NaOH (2,0 M) demonstrou uma capacidade de adsorção superior.
Barros et al. (2021)	Verificar o teor lignocelulósico presente nas sementes de açaí	Fonte alternativa de celulose	Sementes de açaí secas e moídas	A semente de açaí revela um potencial significativo como fonte alternativa de celulose, com uma composição de 45,5% do tipo I.

Barros et al. (2021)	et al.	Elaborar e analisar massas alimentícias frescas do tipo talharim, substituindo parcialmente a farinha de arroz por farinha proveniente do caroço de açaí e da casca da bacaba	Subprodutos alimentícios	Caroços de açaí secos e triturados	Obtiveram uma massa alimentícia com teor proteico, lipídico e de carboidratos desejados, mantendo uma textura semelhante à de massas integrais.
Borges (2021)	et al.	Investigar as propriedades físico-químicas e tecnológicas da farinha obtida a partir do resíduo de açaí, bem como avaliar seu potencial como ingrediente no processo de fabricação do quibe.	Subprodutos alimentícios	Borra seca e triturada	A farinha derivada da borra demonstrou uma riqueza significativa em fibras alimentares, possibilitando sua utilização como substituto parcial do trigo na produção de quibe. Isso não apenas enriquece o valor nutricional, mas também aprimora o sabor, conferindo ao produto final uma textura mais robusta e agradável.
Braga (2021)	et al.	Analisar as alterações na superfície das fibras de açaí após passarem por processos de pré-tratamento químico e comparar a qualidade dos filmes nanoestruturados obtidos através de diferentes ciclos de nanofibrilação mecânica.	Filmes nanoestruturados	Fibras do caroço do açaí	Filmes provenientes de resíduos de açaí, fabricados a partir de fibras submetidas a 3 ciclos de moagem, são indicados para aplicações em embalagens que necessitam de rápida dissolução, como em alimentos instantâneos. Já as fibras de açaí passadas por 21 ciclos no moedor resultam em filmes apropriados para embalagens resistentes à água, sendo ideais para revestimentos secundários de papéis e cartões.
Cavalcanti et al. (2021)	et al.	Utilizar o caroço do açaí como reforço na produção de um compósito, utilizando uma matriz de resina biodegradável à base de óleo de mamona	Biocompósitos	Sementes de açaí trituradas	Como resultado dessa mistura, obteve-se um material de alta densidade, com potencial para substituir o consumo de diversos materiais sintéticos, como plásticos e derivados. Alternativa para dar uma destinação útil aos resíduos do processamento do açaí
Guedes (2021)	et al.	Analisar a velocidade de absorção e liberação de fósforo e calcular o índice de histerese em resíduos vermelhos provenientes da mineração de ferro, tratados com biocarvão de açaí e aditivos compostos comerciais.	Carvão ativado	Sementes de açaí secas e maceradas	Potencializou os ganhos provenientes da fertilização com fósforo durante o processo de recuperação de áreas impactadas s pela mineração de ferro.
Lima (2021)	et al.	Aprimorar a extração de inulina de sementes de açaí por meio do método de extração aquosa a quente e, posteriormente, desenvolver uma tecnologia para a purificação deste composto a partir dessa biomassa.	Carboidrato Inulina	Sementes de açaí secas e moídas	O processo de extração de inulina da PSA foi de aproximadamente 4,5%. E embora seja inferior a outras fontes, deve-se considerar relevante, já que é a partir de um resíduo sua obtenção.
Linan (2021)	et al.	Demonstrar os rendimentos de massa obtidos e as propriedades físico-químicas dos produtos lignocelulósicos extraídos das fibras do açaí.	Subprodutos Lignocelulósicos	Fibras do caroço do açaí	A biomassa residual do açaí pode ser eficientemente aproveitada para produzir derivados de alto valor agregado, como nanocristais de celulose e lignina. Esses materiais têm uma ampla gama de aplicações, incluindo compósitos poliméricos utilizados nas indústrias de embalagens, automotiva e aeronáutica.
Martins (2021)	et al.	Medir e analisar a composição fitoquímica do extrato do caroço de <i>Euterpe oleracea</i> , avaliando seu potencial como um inibidor de corrosão ambientalmente sustentável.	Inibidor de corrosão	de Extrato de caroço de açaí	O extrato bruto de açaí revelou ser uma promissora substância inibidora de corrosão para o aço carbono AISI 1020 em soluções corrosivas de pH neutro e temperatura ambiente.
Monteiro (2021)	et al.	Analisar a viabilidade de substituir 25% em massa de areia natural por caroço de açaí, desempenhando a função de enchimento, no processo de formulação de argamassas estruturais.	Insumo para construção civil	Caroços do açaí secos e moídos	As análises indicam que há possibilidade de utilização específica dessas argamassas em aplicações estruturais. Foi possível evidenciar a redução da densidade, retenção de água e características higroscópicas das pedras.
Muto (2021)	et al.	Demonstrar os efeitos miorelaxantes e sedativos do extrato de açaí em ratos Wistar por meio da observação da atividade locomotora espontânea e da eletrofisiologia motora.	Sedativo e miorelaxante	Extrato de sementes de açaí	Demonstra atividade miorelaxante, sedativa, efeitos depressores na respiração e no músculo cardíaco. Não excluímos a possibilidade de interação do medicamento com estruturas moleculares dos músculos estriados esqueléticos e cardíacos, ou mesmo uma combinação desses efeitos.

Araújo et al. (2020)	et al.	Analisar o emprego de resíduos provenientes de agroindústrias frutíferas, como casca de castanha-do-pará, caroço de acerola, caroço de açaí e casca de cupuaçu moídos, como substrato para o cultivo de mudas de açaizeiro solteiro.	Substrato	Caroços do açaí triturados	Os substratos de castanha-do-pará e caroço de acerola misturados tiveram um desempenho melhor em relação as cascas de cupuaçu e caroço do açaí, podendo substituir o substrato comercial.
Martins (2020)	et al.	Analisar o perfil polifenólico dos extratos provenientes das sementes de açaí com o objetivo de estudar sua composição e os efeitos biológicos associados.	Antibacteriano	Sementes do açaí moídas	O extrato demonstrou atividade antimicrobiana contra cepas de bactérias gram-positivas e <i>Candida albicans</i> . Esses resultados apontam para o potencial uso dos extratos de sementes em formulações cosméticas e farmacêuticas.
Rufino (2020)	et al.	Avaliar a inclusão do farelo de açaí nas dietas de poedeiras comerciais, avaliando a digestibilidade aparente dos nutrientes e a energia metabolizável aparente.	Alimentação animal	Sementes e cascas do açaí secas e trituradas	A utilização de dietas contendo farelo de açaí resultou em galinhas que aproveitaram melhor a proteína bruta, carboidratos não fibrosos e matéria mineral.
Barbosa (2019)	et al.	Verificar a viabilidade da utilização de partículas provenientes dos resíduos de açaí na indústria da construção civil ( <i>Euterpe oleracea</i> e <i>Euterpe precatoria</i> )	Insumo para construção civil	Sementes do açaí secas e moídas	As propriedades identificadas em amostras de resíduos de açaí, como teor de umidade, densidade e temperatura de degradação, sugerem seu potencial na fabricação de materiais compósitos utilizados na construção civil.
Cordeiro (2019)	et al.	Analisar a composição da cinza residual do caroço de açaí com o objetivo de avaliar sua viabilidade como matéria-prima na indústria da construção civil.	Insumo para construção civil	Cinza residual dos caroços do açaí	As cinzas do caroço de açaí residual são apropriadas como adição não reativa, aumentando resistência à compressão e densidade. No entanto, sua aplicação em elementos estruturais expostos à água deve ser cautelosa devido ao aumento na absorção de água em comparação com o concreto padrão.
Monteiro (2019)	et al.	Investigar as sementes de açaí como fonte de matéria-prima, analisando sua composição de carboidratos e desenvolvendo métodos catalisados por ácidos e enzimas para otimizar a produção de manose.	Açúcar manose	Sementes do açaí moídas	Obtiveram o rendimento de 96,8%, maior concentração de manose relatada para a hidrólise enzimática de um resíduo agrícola.

Fonte: Autores (2023).

Foram incluídos estudos com diferentes tipos de aplicações, com uma maior ocorrência para o desenvolvimento de carvão ativado e biocompósitos. As publicações na língua inglesa são maioria com 22 publicações, e em português com quatro publicações (Barros et al., 2021; Borges et al., 202; Barbosa et al., 2019; Cordeiro et al., 2019). A maior frequência para estudos publicados ocorreu no ano de 2021.

Referente ao tipo de resíduo, após o beneficiamento da polpa, a semente fibrosa pode se desmembrar em três tipos de resíduos: borra, semente desfibrada e fibras. A borra é obtida pela decantação da água residual após a lavagem das sementes fibrosas. E pela secagem forçada da semente fibrosa, se obtém as fibras (SENAI, 2021). A semente do açaí foi a mais empregada no desenvolvimento de subprodutos. Ela corresponde a maior porção do fruto, e por consequência a maior problemática no descarte irregular.

#### 4. Discussão

Sabe-se que a agroindústria gera grande volume de resíduos, e atualmente há um grande interesse econômico e ambiental em agregar valor a esses subprodutos. Para isso, é crucial investir em pesquisa científica e tecnológica para uma utilização eficiente, econômica e segura desses resíduos. No caso específico do processamento do açaí, os resíduos sólidos estão diretamente relacionados à quantidade de produção e à comercialização do fruto, tornando sua gestão e valorização ainda mais relevantes (Oliveira et al., 2023; Reis et al. 2020; Serejo et al., 2020).

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) prevê que as empresas produtoras são responsáveis pela gestão adequada dos resíduos, desde a sua geração até a destinação final. Isso inclui a redução na geração de resíduos, a reutilização, a reciclagem e outras formas de destinação ambientalmente adequada. No entanto, nas regiões produtoras do açaí, a realidade diverge um pouco desse princípio, muitas vezes pela falta de estrutura e de fiscalização, criando um problema ambiental e também de saúde pública, com o incorreto descarte de sementes fibrosas ao longo de vias, terrenos baldios e canais de drenagem (Oliveira et al., 2022; Cardoso et al., 2023).

Esta revisão de estudos primários permite visualizar os principais métodos de reaproveitamento de resíduos da indústria de beneficiamento do açaí para diferentes segmentos. A parte mais promissora dos resíduos, com grande potencial para ser transformada em produtos de alto valor agregado, são os caroços. Esses materiais oferecem a flexibilidade de serem vendidos como produtos, empregados na fabricação de itens de maior valor ou incorporados aos métodos ecológicos de descarte dos resíduos industriais, proporcionando soluções versáteis para o mercado.

Os resultados da nossa pesquisa corroboram com revisão sistemática de Martins et al. (2021) que também identificou alternativas de revalorização de resíduos do açaí. Os autores identificaram alternativas potenciais e as classificou em grupos com quantificação por frequência: alimentos (5 ou 6%); artesanato (5 ou 6%), compósitos (21 ou 23%), geração de energia (21 ou 23%), medicina (5 ou 6%), substrato (21 ou 23%), tecnologia (5 ou 6%), e tratamento de água (7 ou 8%).

O carvão ativado produzido a partir das sementes de açaí, uma das aplicações mais frequentes nos estudos elegíveis, é ativado termicamente para criar uma estrutura porosa. Essa porosidade aumentada confere ao carvão ativado altas propriedades de adsorção, permitindo que ele remova impurezas, compostos orgânicos e poluentes de líquidos e gases. E ainda que Nobre et al. (2023) tenham destacado os carvões derivados do caroço de babaçu e castanha do Pará com melhor desempenho, não exclui a capacidade de adsorção do caroço de açaí em remoção de outras substâncias como visto por Feitoza et al. (2022), Guerreiro et al. (2022), e Guedes et al. (2021).

Outra destinação encontrada são a dos biocompósitos à base de semente de açaí. São materiais inovadores produzidos a partir da combinação com resinas biodegradáveis ou polímeros naturais. Esses compósitos são uma alternativa sustentável e ecológica aos materiais plásticos convencionais. As sementes do açaí possuem propriedades mecânicas significativas e alta densidade tornando-o um componente valioso para os biocompósitos (Araújo et al., 2023; Barbosa et al., 2022; Cavalcanti et al.,

2021). Semelhante as aplicações dos biocompósitos, o estudo de Braga et al. (2021) demonstrou reusos de fibras nanoestruturadas para a substituição do plástico em embalagens. Linan et al. (2021) sintetizaram produtos de alto valor agregado, nanocristais de celulose e lignina, que também podem ser empregados como compósitos. Esses materiais são biodegradáveis e, portanto, não contribuem para a poluição.

A aplicação como insumo para a construção civil trás as sementes processadas e transformadas em um pó fino ou cinzas residuais empregada como parte da composição do cimento Portland (Monteiro et al., 2021; Barbosa et al., 2019; Cordeiro et al., 2019, um dos principais componentes do concreto. A adição das sementes de açaí melhora algumas propriedades do cimento, como resistência e durabilidade. Também observados na revisão de Oliveira et al. (2022) com um melhor desempenho para a substituição de 10% de cimento por cinza.

O bio-óleo à base de semente de açaí é um produto obtido por meio do processo de pirólise das sementes. Esse processo termoquímico converte as sementes em um líquido rico em carbono, conhecido como bio-óleo. Esse processo pode ter aumento no rendimento com aumento na temperatura e ativações alcalinas (Valdez et al., 2023; Valois et al., 2023). O bio-óleo é uma fonte potencial de energia renovável e pode ser utilizado para produzir biocombustíveis avançados.

Outros estudos bem frequentes apresentam subprodutos alimentícios com alto valor nutricional, de fibras e carboidratos. Esses resíduos são processados para criar uma variedade de produtos, como farinha (Borges et al., 2021), macarrão (Barros et al., 2021) e até mesmo alimentos para animais (Rufino et al., 2020). Esses novos produtos podem oferecer uma alternativa saudável, consumível, com sabores e texturas semelhantes aos já comercializados. No mesmo contexto alimentício, observou-se um alto rendimento de extração do açúcar manose (Monteiro et al., 2019), um monossacarídeo, e a inulina (Lima et al., 2021), carboidrato complexo composto por cadeias de frutose. Podendo ser utilizados como adoçante natural e suplementos naturais, respectivamente.

O extrato hidroalcóolico de semente de açaí revelou-se outra fonte promissora de substâncias bioativas com potencial significativo em diversas áreas da saúde. Nos estudos elegíveis foi identificada a presença de compostos fenólicos, proantocianidinas, e antocianinas que demonstram forte atividade antibacteriana (Martins et al., 2020), antioxidante (Martins et al., 2020) e antitumorais (Silva et al., 2023). Também é possível obter componentes com atividade miorelaxante e sedativa (Muto et al., 2021). Estes achados abrem portas para futuras pesquisas farmacêuticas e médicas, potencialmente conduzindo ao desenvolvimento de terapias inovadoras e naturais para doenças infecciosas, câncer e problemas musculares.

Martins et al. (2021) oferecem uma alternativa sustentável e eficaz para proteger superfícies metálicas contra danos causados pela corrosão, também utilizando extrato hidroalcóolico associado a compostos poliméricos. Aguiar et al. (2022) e Araújo et al. (2020) não tiveram sucesso para o uso como substrato, o que não exclui a possibilidade de estudos futuros com outros tipos de cultivo. E por fim, Barros et al. (2021) obtiveram alto rendimento de celulose, semelhante a outros resíduos agroindustriais, que poderiam competir com outras fontes disponíveis, como eucalipto.

Ainda que haja empresas cada vez mais dedicadas a investir em soluções sustentáveis e tecnologia avançada para melhorar a cadeia de valor do açaí, o crescimento dessas iniciativas tem sido gradual, devido, em grande parte, aos altos custos iniciais para tecnologias especializadas, falta de conhecimento técnico e complexidades logísticas (SENAI, 2021). Além disso, muitos estudos ainda estão em fase experimental limitado a laboratórios de pesquisa.

A valorização dos resíduos do açaí não é apenas uma solução prática, mas também estimula a inovação. Ao investir em pesquisas para desenvolver tecnologias sustentáveis de gestão de resíduos, as comunidades podem criar demandas e promover práticas mais ecológicas, aumentando também a economia nas regiões produtoras (Cardoso et al., 2023; Mendes et al., 2019). Além disso, ao adotar abordagens sustentáveis, as empresas e as comunidades envolvidas no processamento do açaí aumentam a conscientização ambiental.

Para assegurar a efetividade dessas práticas, é crucial implementar fiscalizações específicas para o gerenciamento dos resíduos do açaí e da agroindústria como um todo. A existência de regulamentações claras e fiscalizações rigorosas não apenas orienta as práticas da indústria, mas também garante o cumprimento das leis ambientais, promovendo um ambiente saudável e sustentável para as comunidades locais. Ao demonstrar os benefícios econômicos e ambientais da valorização dos resíduos, práticas inspiram outras indústrias a seguir o exemplo.

## 5. Conclusão

Este estudo revela que os resíduos da indústria de beneficiamento do açaí podem ser valorizados em vários segmentos, proporcionando alternativas competitivas às já existentes no mercado, bem como explorando tecnologias inovadoras inexploradas. Consequentemente, surgem oportunidades promissoras para negócios, investimentos e pesquisas, visando tanto a redução dos impactos ambientais quanto o aumento do valor na cadeia produtiva do açaí nas regiões produtoras.

Sugestões para futuros trabalhos incluem a realização de estudos técnico-econômicos mais aprofundados sobre a valorização dos resíduos, abordando tanto os aspectos científicos quanto as aplicações práticas. Portanto, sugere-se avaliar detalhadamente a viabilidade econômica de algumas das soluções propostas, considerando os custos de implementação, e também os benefícios financeiros e sociais a longo prazo.

## Referências

- Aguiar, L. V. B., Vasconcelos, A. S., Oliveira, S. D., Jr., Costa, C. L. S. C., Sales-Campos, C., & Chevreuil, L. R. (2022) Physico-chemical characterization of lignocellulosic wastes used in the cultivation of *Pleurotus ostreatus*. *Conjecturas*, 22 (14), 311-332.
- Araújo, C. S., Lunz, A. M. P., Santos, V. B., Neto, R. C. A., Nogueira, S. R., & Santos, R. S. (2020). Use of agro-industry residues as substrate for the production of *Euterpe precatoria* seedlings. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 50 (1), 1-9.
- Araújo, S. S., Santos, G. T. A., Tolosa, G. R., Hiranobe, C. T., Budenberg, E. R., Cabrera, F. C., Silva, M. J., Paim, L. L., Job, A. E., & Santos, R. J. (2023). Acai Residue as an Ecologic Filler to Reinforcement of Natural Rubber Biocomposites. *Materials Research*, 26 (suppl. 1), 1-13.
- Barbosa, A. M., Santos, G. M., Melo, M. M., Litaiff, H. A., Martorano, L. G., & Giacon, V. M. Evaluation of the use of açaí seed residue as reinforcement in polymeric composite. *Polymers and Polymer Composites*, 30, 1-10.
- Barbosa, A. M., Rebelo, V. S. M., Martorano, L. G., & Giacon, V. M. (2019). Caracterização de partículas de açaí visando seu potencial uso na construção civil. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 24 (3), 1-11.
- Barbosa, J. R., & Carvalho, R. N. C., Jr. (2022) Food sustainability trends - How to value the açaí production chain for the development of food inputs from its main bioactive ingredients? *Trends in Food Science & Technology*, 124, 86-95.
- Barros, S. K. A., Souza, A. R. M., Silva, F. S., Damiani, C., Silveira, M. F. A., & Silva, C. R. E. (2021). Elaboração de massa alimentícia fresca sem glúten enriquecida com farinha de resíduo de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). *Research, Society and Development*, 10 (6), 1-15.
- Barros, S. S., Oliveira, E. S., Pessoa-Jr, W. A., Rosas, A. L. G., Freitas, A. E. M., Lira, M. S. F., Calderaro, F. L., Saron, C., & Freitas, F. A. (2021). Waste açaí (*Euterpe precatoria* Mart.) seeds as a new alternative source of cellulose: Extraction and characterization. *Research, Society and Development*, 10 (7), 1-16.
- Braga, D. G., Abreu, J. L. L., Silva, M. G., Souza, T. M., Dias, M. C., Tonoli, G. H. D., Oliveira, C. F., Neto, Claro, P. I. C., Gomes, L. G., & Bufalino, L. (2021). Cellulose nanostructured films from pretreated açaí mesocarp fibers: physical, barrier, and tensile performance. *CERNE*, 27 (1), 1-14.
- Borges, M. V., Sousa, E. B., Silveira, M. F. A., Souza, A. R. M., Alves, V. M., Nunes, L. B. M., & Barros, S. K. A. (2021). Propriedades físico-químicas e tecnológicas da farinha do resíduo de açaí e sua utilização. *Research, Society and Development*, 10 (5), 1-11.
- Cardoso, H. H. L., Neto, Souza, I. V., Façanha, A. C. M., Santos, A. V. A., Silva, A. G., Pereira, C. E. R., Silvestre, R. C. M., & Jean, R. N. P. (2023). A disposição final de caroço de açaí no distrito administrativo de Icoaraci, Pará. *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente*, 14 (1), 221-236.
- Cavalcanti, B. P. B. C., Souza, G. L., Benevides Junior, A. Y. B., Ruschival, C. B., Quirino, M. G., & Castro, D. F. (2021). The usage of the acai stone as reinforcement for the modeling of plant polyurethane matrix composite material. *Mix Sustentável*, 7 (3), 19-28.
- Cordeiro, L. De N. P. C., Paes, I. De N. L., Souza, P. S. L., & Azevedo, C. M. (2019). Caracterização da cinza de caroço de açaí residual para adição ao concreto. *Ambiente Construído*, 19 (1), 45-55.
- Feitoza, U. S., Thue, P. S., Lima, E. C., Reis, G. S., Rabiee, N., Alencar, W.S., Mello, B. L., Dehmani, Y., Rinklebe, J., & Dias, S. (2022). Use of biochar prepared from the açaí seed as adsorbent for the uptake of catechol from synthetic effluents. *Molecules*, 27 (21), 1-14.
- Guedes, R. S., Pinto, D. A., Ramos, S. J., Dias, Y. N., Caldeira, C. F., Junior, Gastauer, M., Souza, P. W. M., Filho, & Fernandes, A. R. (2021). Biochar and conventional compost reduce hysteresis and increase phosphorus desorbability in iron mining waste. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 45, 1-16.
- Guerreiro, L. H. H., Baia, A. C. F., Assunção, F. P. C., Rodrigues, G. O., Oliveira, R. L., Duvoisin, S., Junior, Pereira, A. M., Sousa, E. M. P., Machado, N. T., Castro, D. A. R., & Santos, M. C. (2022). Investigation of the adsorption process of biochar açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) seeds produced by pyrolysis. *Energies*, 15 (17), 1-21.

IBGE (2022). Produção de açaí (cultivo). <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/acai-cultivo/br>

Lima, E. C. S., Manhães, L. R. T., Santos, M. B. S., & Sabaa-Srur, A. U. O. (2021). Optimization of the inulin aqueous extraction process from the açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) seed. *Food Science and Technology*, 41 (4), 884-889.

Linan, L. Z., Cidreira, A. C. M., Rocha, C. Q., Menezes, F. F., Rocha, G. J. M., & Paiva, A. E. M. (2021). Utilization of acai berry residual biomass for extraction of lignocellulosic byproducts. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6 (4), 323-337.

Lustosa, T. N. M., Vargas, J. A. C., Lustosa, J. L., Silva, B. P., Soares, A. S., Santos, V. F. S., Gomes, D. I., Alves, K. S., Oliveira, L. R. S., Maciel, R. P., & Mezzomo, R. (2022). Açaí seed as an additive in *Panicum maximum* cv. Mombasa ensiling for ruminant nutrition: An alternative to reduce environmental pollutants. *Cleane Waste Systems*, 3, 1-8.

Martins, G. R., Amaral, F. R. L., Brum, F. L., Mohana-Borges, R., Moura, S. S. T., Ferreira, F. A., Sangenito, L. S., Santos, A. L. S., Figueiredo, N. G., & Silva, A. S. Chemical characterization, antioxidant and antimicrobial activities of açaí seed (*Euterpe oleracea* Mart.) extracts containing A- and B-type procyanidins. *LWT*, 132, 1-11.

Martins, G. R., Guedes, D., Paula, U. L. M., Oliveira, M. S. P., Lutterbach, M. T. S., Reznik, L. Y., Sérvulo, E. F. C., Alviano, C. S., Silva, A. J. R., & Alviano, D. S. (2021). Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) seed extracts from different varieties: a source of proanthocyanidins and eco-friendly corrosion inhibition activity. *Molecules*, 26 (11), 1-13.

Martins, V., Bastos, L., Nunes, D., Melo, A., Ribeiro, K., Barbosa, T., & Ferraz, D. (2021). Potential revalorization means for the acai pulp production waste as guidelines for the structure of reverse channels: a literature review. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 13 (26), 84-102.

Mendes, F. B., Delmondes, K. L., Hassan, D., & Barros, J. H. T. (2019, outubro). *Economic, Social and Environmental Perspectives on Organic Residues from Brazilian Amazonian Fruits (Acre)*. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, San Francisco, USA.

Menezes, G. K. A., Couto, L. L., & Flores, M. S. A. (2018, novembro). *Gestão dos resíduos de caroços de açaí como instrumento de desenvolvimento local: o caso do município de Ananindeua-PA*. XIV CODS – Colóquio Organizações, Desenvolvimento e Sustentabilidade, Amazonas.

Miranda, D. P. A., Lasmar, D. J., Oliveira, C. M. C., & Miranda, I. P. A. (2022) A importância de uma política de resíduos na agroindústria do açaí do Amazonas (*Euterpe precatoria* Mart.). *Research, Society and Development*, 11 (13), 1-11.

Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., & Prisma-P Group. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4 (1), 1-9.

Monteiro, A. F., Miguez, I. S., Silva, J. P. R., & Silva, A. S. (2019). High concentration and yield production of mannose from açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) seeds via mannanase-catalyzed hydrolysis. *Scientific Reports*, 9, 1-12.

Monteiro, G. P., Azevedo, A. R. G., & Marvila, M. T. (2021) Effect of the addition of the natural and treated açaí stone in structural mortars. *Materials Science*, 8 (4), 608-621.

Muto, N. A., Hamoy, M., Lucas, D. C. R., Teixeira, B. B., Almeida, A. F. S., Navegantes, T. C., Sá, V. S. S. F., Moraes, B. P., Medeiros, J. P. V., Santos, Y. A., Rocha, C. Q., Mello, V. J., & Rogez, H. (2021). Myorelaxation, respiratory depression and electrocardiographic changes caused by the administration of extract of açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) stone in rats. *Toxicology Reports*, 8, 829-838.

Negrão, A. G., Moura, A. G. A. F., Azevedo, R. C. M., Rodrigues, E. R. P., & Pinheiro, T. M. S. (2021). Mapeamento do descarte irregular do caroço do açaí no bairro do Jurunasno município de Belém/PA. *Brazilian Journal of Development*, 7 (6), 63284-63294.

Nobre, J. R. C., Queiroz, L. S., Castro, J. P., Pego, M. F. F., Hugen, L. N., Costa, C. E. F., Pardauli, J. J. R., Nascimento, L. A. S., Rocha, G. N., Filho, Zamian, J. R., Souza, E. C., & Bianchi, M. L. (2023) Potential of agro-industrial residues from the Amazon region to produce activated carbon. *Heliyon*, 9 (7), 1-14.

Oliveira, M. G., Sousa, D. L., Souza, M. R., Teixeira, M. R., & Cordeiro, L. N. P. (2022). Análise bibliográfica da (re) utilização do caroço de açaí na indústria da construção civil. *Brazilian Journal of Development*, 8 (4), 26852-26867.

SENAI. (2021). Valorização de resíduos da indústria do açaí: oportunidades e desafios. <https://senaicetiqt.com/wp-content/uploads/2021/12/Valoriza%C3%A7%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-da-cadeia-do-a%C3%A7a%C3%AD.pdf>

Silva, M. A. C. N., Wolff, L. A. S., Borges, K. R. A., Vale, A. A. M., Azevedo-Santos, A. P., Xavier, M. A. P., Barbosa, M. C. L., Nascimento, M. D. S. B., & Carvalho, J. E. (2023). Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) byproduct reduces tumor size and modulates inflammation in Ehrlich mice model. *Journal of Functional Foods*, 103, 1-13.

Souza, M. T., Silva, M. D., Carvalho, R. (2010). Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein*, 8 (1), 102-106.

Rufino, J. F., Cruz, F. G. G., Dias, F. J., Brasil, R. J. M., Silva, A. R. P., & Melo, P. L. G. (2020). Açaí meal on diet digestibility for commercial laying hens. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 42, 1-5.

Valdez, G. D., Valois, F. P., Bremer, S. J., Bezerra, K. C. A., Guereiro, L. H. H., Santos, M. C., Bernar, L. P., Feio, W. P., Moreira, L. G. S., Mendonça, N. M., Castro, D. A. R., Duvoisin, S., Borges, L. E. P., & Machado, N. T. (2023). Improving the Bio-Oil Quality of Residual Biomass Pyrolysis by Chemical Activation: Effect of Alkalis and Acid Pre-Treatment. *Energies*, 16 (7), 1-18.

Valois, F. P., Bezerra, K. C. A., Assunção, F. P. C., Bernar, L. P., Paz, S. P. A., Santos, M. C., Feio, W. P., Silva, R. M. P., Mendonça, N. M., Castro, D. A. R., Duvoisin Junior, S., Gomes, A. R. Q., Sousa, V. R. C., Monteiro, M. C., & Machado, N. T. (2023). Improving the Yield and Quality of Bio-Oil from Açaí Seeds Pyrolysis by Activation with KOH: Effect of Temperature and Molarity. *Energy and fuel technology*, 1-37.

Whittemore, R., & Knafl, K. (2005). The integrative review: updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, 52 (5), 546-553.

Zavarize, D. G. (2021). Insights on preparation and characteristics of KOH-doped carbons derived from an abundant agroindustrial waste in Brazil: Amazon açaí berry seeds. *Bioresource Technology Reports*, 13.