

Universidade do Estado do Pará  
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia  
Curso de Graduação em Engenharia de Produção  
Trabalho de Conclusão de Curso



CLEYCIANE DE LIMA CERDEIRA

**ANÁLISE DE PROCESSOS DO CANAL REVERSO DE RESÍDUOS DA  
PRODUÇÃO DE POLPA DE AÇAÍ NA REGIÃO METROPOLITANA DE  
BELÉM**

Belém-PA

2023

CLEYCIANE DE LIMA CERDEIRA

**ANÁLISE DE PROCESSOS DO CANAL REVERSO DE RESÍDUOS DA  
PRODUÇÃO DE POLPA DE AÇAÍ NA REGIÃO METROPOLITANA DE  
BELÉM**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC apresentado ao Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará como requisito avaliativo final do curso de Graduação em Engenharia de Produção.

Orientador (a): Prof. D. Sc. André Cristiano Silva Melo

Coorientador: Prof. D. Sc. Denilson Ricardo de Lucena Nunes.

Belém-PA

2023

CLEYCIANE DE LIMA CERDEIRA

**ANÁLISE DE PROCESSOS DO CANAL REVERSO DE RESÍDUOS DA  
PRODUÇÃO DE POLPA DE AÇAÍ NA REGIÃO METROPOLITANA DE  
BELÉM**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso – TCC,  
apresentado ao Centro de Ciências Naturais e  
Tecnologia da Universidade do Estado do Pará como  
requisito avaliativo final do curso de Graduação em  
Engenharia de Produção.

Orientador (a): Prof. D. Sc. André Cristiano Silva  
Melo

Coorientador: Prof. D. Sc. Denilson Ricardo de  
Lucena Nunes.

Banca Avaliadora:

---

Prof. Antonio Erlindo Braga Jr.

---

Prof. Vitor William Batista Martins

---

Prof. André Cristiano Silva Melo

---

Prof. Denilson Ricardo de Lucena Nunes.

Apresentado em: 03/ 02/ 2023.

Belém-PA

2023

**Resumo:** Este trabalho objetivou identificar as formas de revalorização dos Resíduos da Produção de Polpa de Açaí (RPPA) atualmente desenvolvidas e as que já têm sido estudadas em referenciais teóricos, bem como mapear os seus processos produtivos, tendo como intuito apontar as semelhanças e possibilidades de promover sinergias nesses processos. Para tanto, realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre as formas de recuperação de valor já propostas na literatura para esses resíduos, sendo utilizadas neste estudo apenas as que atualmente já se encontram desenvolvidas ou aplicadas. Como resultado, foram mapeados os processos de sete formas de recuperação de valor para os RPPA, concluindo-se que a abordagem de mapeamento de processos possibilita compreender a estruturação do canal reverso para estes resíduos, e a identificação de similaridades entre as etapas ou subprocessos que compõem os processos referentes às possíveis alternativas de revalorização. Ademais, evidencia-se a importância de promover pesquisas que avaliem detalhadamente as viabilidades econômicas e técnicas de negócios capazes de compor o canal reverso associado aos RPPA.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Economia Circular. Logística Reversa. Mapeamento de Processo. Recuperação de valor. Resíduos da Produção de Polpa de Açaí

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>7</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>8</b>
<b>3.1. O RPPA e suas formas de reaproveitamento</b>	<b>8</b>
<b>3.2. Formas de recuperação de valor de RPPA</b>	<b>9</b>
<b>3.2.1. Biojoias</b>	<b>9</b>
<b>3.2.2. Biomassa</b>	<b>9</b>
<b>3.2.3. Móveis Sintéticos</b>	<b>10</b>
<b>3.2.4. Carvão Ativado como elemento filtrante e condicionador do solo</b>	<b>10</b>
<b>3.2.5. Agregado para Concreto Permeável</b>	<b>10</b>
<b>3.2.6. Eco Pannel</b>	<b>11</b>
<b>3.2.7. Adubo e Compostagem</b>	<b>11</b>
<b>3.3. Mapeamento dos processos de recuperação de valor dos RPPA</b>	<b>12</b>
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>17</b>
<b>5. REFERÊNCIAS</b>	<b>19</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, em 2019, o Estado do Pará foi responsável por mais de 90% da produção nacional de açaí, tendo produzido 1.330.598 toneladas do fruto, causada pelo aumento das áreas cultivadas e crescimento da produtividade, sendo esta resultado das contínuas melhorias das técnicas de manejo (CONAB, 2019). O crescimento na produção de açaí se traduz no aumento do consumo a nível nacional, bem como no quantitativo de exportação do fruto nos últimos cinco anos, mas ainda havendo ampla possibilidade de expansão desta produção (TAVARES *et al.*, 2020). Os dados da Secretaria Municipal de Saneamento apontam que existem na Região Metropolitana de Belém (RMB) cerca de 10 mil pontos de venda de açaí (pequenos produtores de polpa de açaí ou batedores artesanais de açaí), que produzem uma média diária de 200 quilos de resíduos (caroços) por ponto de venda. Não obstante, conforme a estimativa da Associação dos Vendedores Artesanais de Açaí de Belém e Região Metropolitana - AVABEL, em média 280 quilos de caroços de açaí são resultados da extração da polpa todos os dias, em cada ponto de venda (AVABEL, 2019).

O principal aspecto ambiental negativo ocasionado pela produção de polpa de açaí é a disposição final inadequada dos seus resíduos (SILVA *et al.*, 2019; MIRANDA, 2018), fato que contribui para a degradação ambiental dos municípios em que tal produção ocorre. Assim, há necessidade de se buscar estratégias adequadas que mostrem a importância da recuperação de valor e do descarte ambientalmente correto dos resíduos gerados nessa produção, tanto à população quanto às indústrias, sejam esses resultados diretos de processos industriais da pós-extração do vinho (GUSI *et al.*, 2018; ASSUMPÇÃO; CAMPOS, 2018). Conforme Cordeiro *et al.* (2020), a gestão dos resíduos orgânicos potencializa o processo de tratamento e a disposição final desses resíduos, de forma a reduzir os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado (como a poluição de solos, rios e o meio ambiente como um todo, com o próprio caroço ou as substâncias nocivas que dele advém), bem como agrega valor à produção e gera emprego e renda. Nesse sentido, a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei Federal nº 12.305/2010) estabelece instrumentos para a melhoria da Gestão de Resíduos Sólidos (GRS) a nível nacional, mas os resultados obtidos com o estabelecimento desta Lei foram diferentes dos esperados (ARANTES; PEREIRA, 2021).

Outrossim, Pozo, Bastos e Donaire (2019) realizaram um estudo na região de Guarulhos - SP, demonstrando que as Micro e Pequenas Empresas foram pouco influenciadas pela Lei Federal nº 12.305/2010, no sentido de tratar da destinação dos resíduos sólidos. Se nem as MPES

foram afetadas pela Lei, imagine os batedores artesanais de açaí, enquanto microempreendedores individuais.

Menezes, Couto e Socorro (2019) apontam a importância da atuação do poder público municipal em parceria com o setor empresarial, visando a inclusão dos batedores artesanais de açaí na economia circular e destinação adequada do resíduo específico de sua produção, ou seja, os resíduos da produção de polpa de açaí (RPPA). Contudo, na Região Metropolitana de Belém (RMB), ainda que a disposição final inadequada de resíduos sólidos venha ocasionando problemas ambientais nos últimos anos, essa temática continua bem distante das pautas tratadas nas secretarias municipais de meio ambiente, o que dificulta a implantação de uma gestão adequada de resíduos (BRITO *et al.*, 2020; CARDOSO *et al.*, 2020). Mendes *et al.* (2020) ressaltam que, com a reutilização dos RPPA, é possível aumentar a lucratividade e trazer benefícios aos municípios que os produzem e aos que beneficiam o fruto. Nesta perspectiva, este trabalho buscou identificar as várias formas de recuperação de valor ou revalorização dos RPPA atualmente desenvolvidas e as que já têm sido referenciadas, bem como mapear os processos logísticos associados, tendo como intuito apontar as semelhanças em alguns desses processos.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

De caráter exploratório, esse estudo buscou caracterizar o contexto de pesquisas em relação ao descarte incorreto dos RPPA e potencializar o desenvolvimento de mecanismos capazes de auxiliar a proposição de soluções para este problema. Para ser exequível, foi realizada uma pesquisa bibliográfica qualitativa aplicada – por meio de revisão bibliográfica em fontes primárias e secundárias - sobre as formas de recuperação de valor já propostas na literatura aos RPPA, dentre estas, sendo consideradas neste estudo apenas as que atualmente já se encontram bem desenvolvidas ou as já citadas com seus processos produtivos delineados nos artigos pesquisados desde o século passado até a atualidade.

Após o levantamento das informações, para identificar e analisar os processos semelhantes nas formas de recuperação de valor consideradas, foi realizado o mapeamento desses processos. Definiu-se a abordagem de mapeamento de processos com intuito de promover transparência aos procedimentos, atividades e tarefas desenvolvidos em cada alternativa de recuperação de valor identificada, e potencializar as suas padronizações e integração de etapas comuns, uma vez que, segundo Fonseca *et al.* (2017), com esse fluxograma é possível determinar e normalizar os processos gerais de logística reversa de resíduos e simultaneamente fortalecer as ferramentas de controle e promoção de melhorias desses processos.

Atualmente, uma das formas ambientalmente mais corretas para a revalorização dos RPPA é a biojoia em função da baixa quantidade de emissão de gás carbônico na sua produção comparado com os outros beneficiamentos (BENATTI, 2017). Contudo o caroço pode ser usado também como biomassa, biochar de açaí, agregado para permeabilização do concreto, eco painel e adubo e compostagem conforme será exposto posteriormente.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1 O RPPA e suas formas de reaproveitamento**

Consoante nos demonstra Souza *et al.*, (1996), o açaí é uma palmeira que pode atingir até 35 metros de altura e 20 cm de diâmetro. A produção do fruto ocorre o ano todo e, a partir de três anos de plantação, gera de 2 a 8 cachos por ano que precisam de, em média, 6 meses para alcançar a fase de colheita, produzindo até 24 kg de frutos prontos para extrair a polpa.

O levantamento da EMBRAPA de 2018 aponta que o açaí é composto por 83% de caroço, Maia (2020), por sua vez, afirma que o fruto possui um teor de umidade igual a 9,65% e 22,24% de teor de cinza (este resíduo é rico em minerais) o qual quando maduro é rico em componentes orgânicos, carbono, celulose, hemicelulose, cristais de insulina e lipídios.

Nesse sentido, Rosseto (2021) expõe que o RPPA é um subproduto de baixo custo que mostra elevado potencial de aplicabilidade e que ainda há muito para ser explorado. O reaproveitamento dos RPPA constitui o emprego de alguma alternativa de transformação desse resíduo - conforme destaca Nascimento *et al.*(2019) - com intuito de desenvolver novas utilizações tornando-os um produto com maior valor agregado por meio da reinserção destes no mesmo ou, como dita Almeida (2017), em outros ciclos de produção.

#### **3.2. Formas de recuperação de valor de RPPA**

Foram identificadas na literatura 7 formas de beneficiamento ou reaproveitamento de RPPA, considerando-se que estas possuem os processos bem mapeados e definidos, o que facilita a identificação de etapas semelhantes, identificação de potenciais sinergias e a, conseqüente, interligação dos processos e elos envolvidos. Tais formas de revalorização são caracterizadas em detalhes a seguir.

##### **3.2.1. Biojoias**

Atualmente, é uma das formas ambientalmente mais corretas para a revalorização dos RPPA. Segundo Benatti (2017), podem ser chamadas biojoias quaisquer acessórios de moda,

como colares, brincos, pulseiras, entre outros, fabricados a partir de matéria-prima natural, como sementes, fibras, coco, madeira etc. No caso dos RPPA, em Belém, o caroço do açaí tem sido usado principalmente empregado para produção de pulseiras e colares (FARIAS NETO; VASCONCELOS; SILVA, 2010).

Esse ornamento ainda possui inúmeras vantagens, pois é possível escolher uma gama de cores, tamanhos e formatos para o produto, tornando-o um atrativo comercial. Além do que, a matéria-prima é vendida em grande escala, com custo de aquisição baixo, havendo o aproveitamento total da semente e valor agregado de até 800% sobre o custo de fabricação das biojoias. No que tange o seu processo de fabricação, após a coleta e lavagem do caroço, de acordo com Benatti (2017), a produção apresenta as seguintes etapas padrão: secagem, retirada da casca, polimento, furação básica, além de tingimento, esmerilhamento, mudança de formato, entre outros processos de finalização mais específicos após a biojoia ser criada.

### **3.2.2. Biomassa**

Consistindo também em opção de matéria orgânica para obtenção de energia, o resíduo do açaí já é adotado por outros municípios do estado e grandes empresas locais na região enquanto biomassa, pois sua utilização enquanto tal é uma alternativa usada para geração de energia térmica, já que pode ser usada sem grandes modificações, como peletes - biocombustíveis gerados a partir do aquecimento do caroço, o que retira a umidade (SILVA; ALMEIDA; MONTEIRO, 2004) - ou em forma de carvão vegetal ativado quimicamente (COSTA; ALVES, 2019), o qual possui maior eficiência energética.

De acordo com Carneiro *et al.* (2013), o processo de obtenção da biomassa em forma de pelete, segue o processo de coleta do RPPA nos pontos de vendas do produto; lavagem destes em água corrente até que sejam eliminados todos os demais resíduos de polpa; e secagem, que pode ser feita de forma natural, sob o sol ou em fornos, para reduzir o teor de umidade, aumentando o poder calorífico e o rendimento energético da biomassa, ou em estufas, para ser usado como biocombustível em fornos de olarias, caldeiras, fogões industriais e gerar energia elétrica e mecânica (SILVA; ALMEIDA; MONTEIRO, 2004).

### **3.2.3. Móveis Sintéticos**

A madeira sintética é um compósito de matriz polimérica resinosa sintética, reforçada com fibras do açaí, produzida com a finalidade de substituir a madeira natural, diminuir a exploração de algumas espécies vegetais, além de agregar valor e dar um destino mais adequado aos RPPA (GOES; MORENO; TAVARES, 2015). Conforme os autores supracitados, o processo

de fabricação de móveis sintéticos passa pelas etapas de coleta, lavagem (com auxílio de uma peneira), secagem (em estufa a 100°C até estabilização da massa seca), moagem das fibras, mistura das fibras moídas com a resina poliéster e, enfim, moldagem e corte do móvel.

#### **3.2.4. Carvão Ativado/Biochar como elemento filtrante e condicionador do solo**

O carvão ativado possui maior eficiência energética do que o não ativado, no ativo há uma remoção de 94,85% do azul metileno dentro das condições trabalhadas (PESSÔA, 2019;). E os filtros compostos por carvão ativado do caroço de açaí são mais eficientes na remoção de turbidez da água (ROCHA, 2020; SILVA *et al.*, 2021).

Costa (2019) desenvolveu um leito filtrante de carvão ativado à base de caroço de açaí, como alternativa para a população ribeirinha do Pará. Para obtenção deste é necessário, após a coleta do caroço, lavá-lo em água corrente e posteriormente expô-lo ao sol para que haja a efetiva secagem da biomassa. Após isso, o caroço é calcinado no forno/estufa e se deve preparar o agente ativante, feito com hidróxido de sódio e água, adicionar à solução ativante no RPPA desidratado, secar em estufa, colocar no forno, resfriar, lavar novamente em água corrente, pulverizar e acoplar ao filtro (PESSOA, 2019).

#### **3.2.5. Agregado para Concreto Permeável**

O concreto permeável feito com caroços de açaí é uma aposta para solucionar os problemas de impermeabilidade dos grandes centros urbanos, somado com a reutilização de RPPA. A resistência do concreto permeável produzido com caroço de açaí também é uma característica que pode contribuir para que seu uso seja disseminado no ramo de construção civil, já que ele se encontra dentro dos parâmetros normativos da construção civil e sua utilização é ecologicamente viável (FERREIRA *et al.*, 2018). No processo de produção desse tipo de concreto, os caroços de açaí são recolhidos e posteriormente lavados para retirar o excesso de impurezas, sendo então colocados ao sol para secagem. Logo após, os caroços secos passam pelo processo de granulometria (SILVA *et al.*, 2018). Ainda segundo o autor, torna-se viável a troca de uma parcela do seixo pelo caroço e o nível de permeabilidade do concreto irá variar dependendo da quantidade de caroços incorporados.

#### **3.2.6. Eco Paineis**

O eco painel é outra forma vantajosa de se recuperar valor a partir dos RPPA, pois, além da disponibilidade abundante desse resíduo como matéria-prima, as fibras vegetais são materiais renováveis, seus resíduos agroindustriais são sustentáveis, o que permite a diminuição da taxa

de emissão de carbono, e a pressão sobre a floresta amazônica diminui (MESQUITA, 2013). Ainda segundo o autor, no âmbito econômico, este produto coloca a Amazônia no mercado de modulados, aquecendo a economia de forma sustentável, gerando emprego, renda e permanência dos povos tradicionais em seu *habitat* natural na Amazônia.

Segundo Alvim *et al.* (2017), a utilização desses produtos naturais apresenta ainda como vantagem menor depreciação de equipamentos, pois são menos abrasivos que os materiais sintéticos, além disso, não comprometem a saúde de quem está manipulando o produto. Para produzir o eco painel, após a coleta, lavagem e secagem do caroço, é necessário fazer a extração das fibras. Após esta etapa, de acordo com Mesquita (2013), ocorre o acondicionamento e adição de fibras naturais, tratadas e lavadas com água deionizada, secadas em estufa até atingir a umidade desejada, depois passam pela moagem, no qual as fibras são picadas num moinho, sendo, após isto, misturadas com a resina poliuretana (à base de óleo de mamona) e, a seguir, enviadas para a pré-moldagem, onde será formado o colchão de partículas que irá para prensagem e acondicionamento. Em seguida, os painéis produzidos permanecem por 72 horas em processo de estabilização até o procedimento de corte das peças.

### **3.2.7. Adubo e Compostagem**

As fibras do caroço de açaí podem ser reaproveitadas na compostagem, por meio de um processo de decomposição, transformação em adubo e destinação às plantações de açaí e pupunha, retornando ao ciclo produtivo, como forma de matéria-prima. Ademais, essas destinações são parte dos processos de ecoeficiência, o qual contribui para diminuir o uso dos recursos naturais, redução dos impactos ambientais e enriquecimento do solo (TEIXEIRA *et al.*, 2005).

Na cidade de Barcarena-PA, a EMBRAPA realizou levantamentos em algumas comunidades sobre o lixo urbano e, em conjunto com pesquisadores, obteve um processo de agregação de valor que inicia a partir da chegada do lixo urbano, o qual chega diariamente na unidade de compostagem e reciclagem, onde é feita a separação dos materiais recicláveis e da matéria orgânica. A matéria orgânica é deslocada para o pátio de compostagem onde é colocada em medas (leiras), em forma de trapézio em conjunto com os outros materiais, como capim verde ou seco, folhas e caroço de açaí (TEIXEIRA *et al.*, 2005).

No processo de compostagem, a matéria orgânica passa pelas fases de bioestabilização e maturação, no qual o caroço de açaí toma mais tempo, já que é considerado material de difícil decomposição, sendo fundamental que haja as condições ótimas de umidade, oxigenação e

temperatura, para que ocorra de forma mais rápida e resulte em um produto próprio para ser usado na agricultura e em jardinagem (TEIXEIRA *et al.*, 2005).

Dessa maneira, pode-se ver diversas formas de tratamento e utilização do RPPA a serem desenvolvidas e empregadas nos mais variados setores da sociedade, como indústrias, comércios manufaturados, entre outros. No entanto o desconhecimento e a cultura local, junto à falta de incentivos governamentais à adoção de políticas ambientalmente adequadas e consciência populacional sobre poluentes torna difícil a adoção dessas metodologias.

Contrastando ao acima exposto, deve-se buscar a movimentação de campanhas sociais junto à ONG's e Autarquias governamentais para incentivar a adoção deste tipo de medidas, a fim de alavancar a busca por alternativas ao descarte irregular desta matéria orgânica e fomentar a valorização do Açaí como um todo, gerando uma onda de ufanismo e identificação com o que é da cultura local e que, por este motivo, deve ser razão de orgulho e respeito a cada um de seus substratos.

### **3.3. Mapeamento dos processos de recuperação de valor dos RPPA**

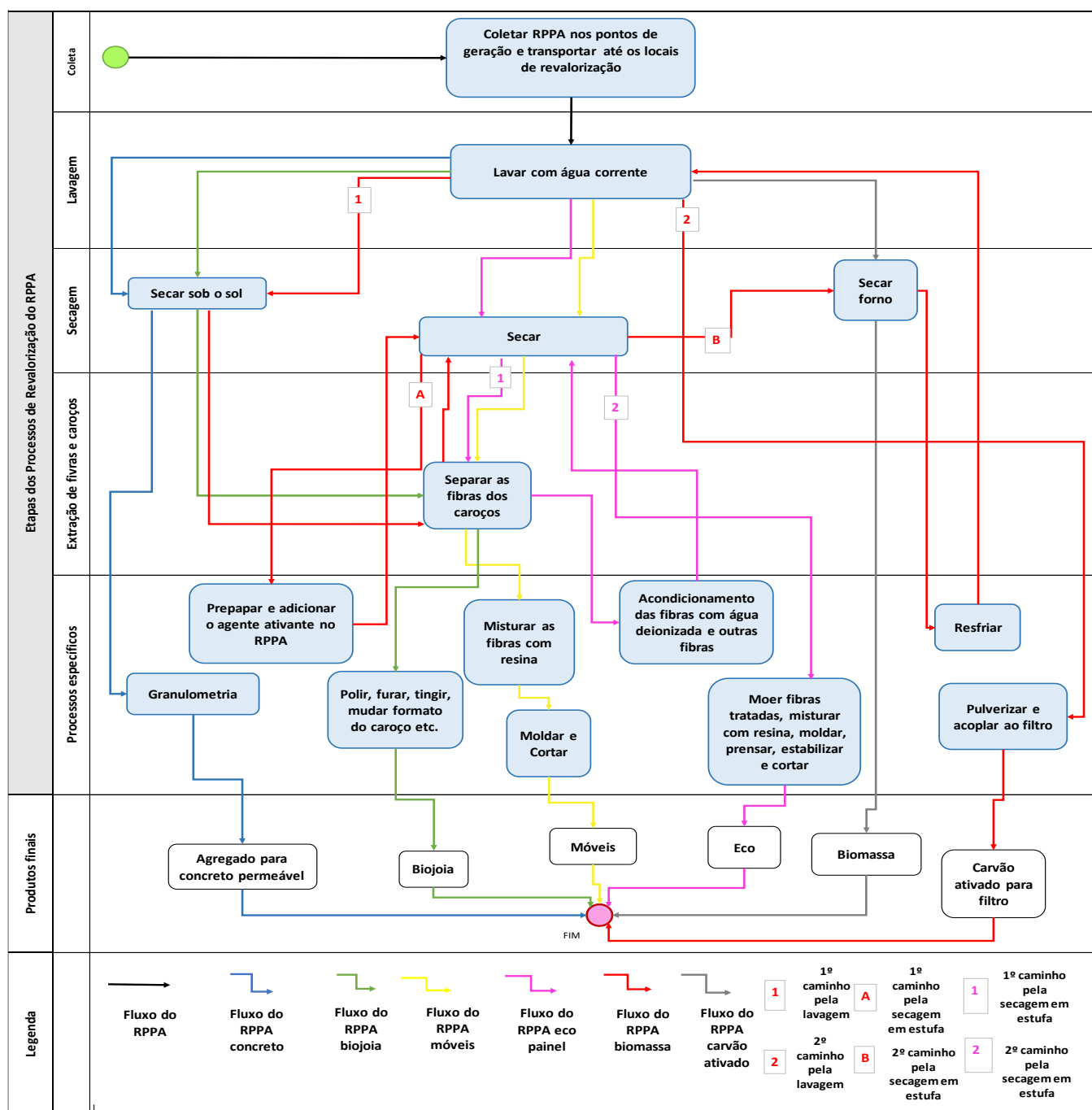
Como já ressaltado, as formas alternativas de recuperação de valor ou revalorização dos RPPA apresentadas neste trabalho já possuem seus processos produtivos delineados. Observa-se que os produtos obtidos a partir dos processos supracitados são distintos. Na Figura 1, é apresentado o mapa dos processos produtivos dos itens apresentados anteriormente, sendo ilustradas de forma integrada as etapas comuns entre as diferentes opções de revalorização, com intuito de normalizar, por exemplo, os processos de logística reversa desse resíduo.

No Quadro 1 são apresentadas as etapas de coleta; lavagem; secagem; extração de fibras e caroços; subprocessos específicos; e os produtos finais, correlacionados com suas respectivas fontes. Por outro lado, por possuir processos diferentes dos demais, ao beneficiamento de adubo e compostagem foi destinado quadro em separado.

Observa-se que os subprocessos ou etapas de coleta e limpeza e secagem são comuns a todas as formas de revalorização. O subprocesso de coleta representa, basicamente, a busca ponto a ponto dos resíduos junto aos pontos de geradores e transporte até os locais de processamento. O subprocesso de lavagem corresponde à lavagem com água e auxílio de peneiras. E o subprocesso de secagem corresponde à extração de água (ou umidade) dos RPPA, que pode ser executada de modo natural (ao sol) ou forçado (estufa ou fornos).

Para a produção de biojoias, eco painéis e móveis sintéticos é necessário fazer a extração de fibras. Com relação aos subprocessos específicos, observa-se que as formas de recuperação de valor são distintas entre si, com exceção do subprocesso de mistura de resina e moldagem/corte, que é comum na produção do eco painel e da madeira sintética. Ressalta-se que para a reutilização do RPPA como biomassa não há nenhum subprocesso específico.

Figura 1 - Mapa de processos das formas de revalorização dos RPPA



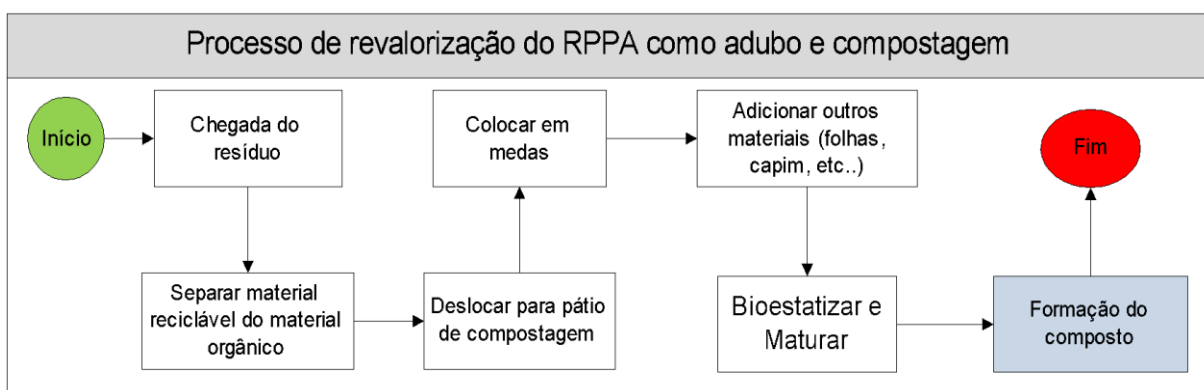
Fonte: Autores (2023).

**Quadro 1 - Etapas dos processos das formas de revalorização dos RPPA e suas respectivas fontes**

Etapas	Fontes
Coleta	Benatti (2017); Carneiro <i>et al.</i> (2013); Costa (2019); Silva <i>et al.</i> (2018); Alvim <i>et al.</i> (2017).
Lavagem	Benatti (2017); Carneiro <i>et al.</i> (2013); Goes; Moreno; Tavares (2015); Costa (2019); Silva <i>et al.</i> (2018); Alvim <i>et al.</i> (2017).
Secagem	Benatti (2017); Almeida; Monteiro (2004); Carneiro <i>et al.</i> (2013); Goes; Moreno; Tavares (2015); Costa (2019); Silva <i>et al.</i> (2018); Alvim <i>et al.</i> (2017).
Extração de fibras e caroços	Benatti (2017); Goes; Moreno; Tavares (2015); Pessoa (2019); Alvim <i>et al.</i> (2017).
Subprocessos específicos	Benatti (2017); Carneiro <i>et al.</i> (2013); Goes; Moreno; Tavares (2015); Pessoa (2019); Pessoa (2019); Silva <i>et al.</i> (2018); Mesquita (2013).
Produtos Finais	Benatti (2017); Farias Neto; Vasconcelos; Silva (2010); Silva; Almeida; Monteiro (2004); Costa; Alves (2019); Goes; Moreno; Tavares (2015); Oliveira (2020); Silva <i>et al.</i> (2021); Costa (2019); Ferreira <i>et al.</i> (2018); Mesquita (2013); Alvim <i>et al.</i> (2017);

Fonte: Autores (2023).

Com a análise das etapas de cada processo, notou-se, ainda, que as etapas do processo voltado à revalorização dos RPPA sob a forma de adubo e compostagem (Figura 2) são totalmente diferentes dos processos apresentados anteriormente (Figura 1) e, por isso, suas etapas foram mapeadas separadamente. Destaca-se que tal mapeamento considerou um contexto, no qual os RPPA são coletados juntamente com outros resíduos e direcionados para instalações de reciclagem. Dessa forma, após chegar nas instalações, os RPPA devem ser separados dos demais resíduos que compõem o lixo urbano e processados conforme as etapas apresentadas na Figura 2.

**Figura 2 - Processo de Revalorização do RPPA para Compostagem e Adubo**

Fonte: Autores (2023).

Mesmo que tenha sido realizado o mapeamento deste processo produtivo (Figura 2), as pesquisas voltadas ao reaproveitamento de RPPA demonstram que esse processo pode sofrer inúmeras mudanças, sendo importante considerar com qual resíduo orgânico os RPPA serão

misturados. Não obstante, ainda que esse processo precise passar por adaptações, é comprovada a viabilidade para revalorização dos RPPA para a compostagem e adubo (ARAÚJO, 2019).

No processo de compostagem, os RPPA são misturados a outros resíduos orgânicos, o que evidencia que os benefícios desta técnica vão além do simples reaproveitamento somente dos RPPA. Ressalta-se que a utilização de outros resíduos orgânicos implica na variação da quantidade de RPPA a ser revalorizada, porém estudos demonstram que podem ser revalorizadas quantidades significativas de RPPA em relação a quantidade de adubo produzido (SILVA, 2020).

Assim como apresentado ao processo de revalorização de RPPA para compostagem e adubo, os processos apresentados na Figura 1 devem ser adaptados, atentando-se às necessidades técnicas para sua execução e aos benefícios econômicos, ambientais e sociais causados com tais revalorizações. Outrossim, tem-se observado a crescente quantidade de estudos que apontam novas formas de recuperação de valor aos RPPA, bem como visam melhorias nas formas de reaproveitamento já difundidas (SILVA, NASCIMENTO OLIVEIRA LIRA; MELICIANO, 2020; SILVA *et al.*, 2020; SOUZA *et al.*, 2021).

Conforme mencionado anteriormente, com a abordagem de mapeamento de processos, ficou claro que as diferentes formas de revalorização dos RPPA apresentam subprocessos ou etapas comuns entre si, sobretudo nas etapas iniciais, sendo, contudo, ainda possível identificar atividades comuns até em subprocessos específicos. Ainda a partir das informações apresentadas nas Figuras 1 e 2, foi possível propor o Quadro 2, no qual são apresentadas as etapas mais e menos comuns entre os processos alternativos para revalorização dos RPPA identificados por esta pesquisa.

**Quadro 2 - Etapas comuns entre os processos alternativos para revalorização dos RPPA**

Etapas ou Subprocessos									Produto
Coletar	Transportar	Lavar	Secar	Extrair (Fibras e Caroços)	Misturar Resina	Moldar	Cortar	Específicos p/ Produto	
X	X	X	X					X	Concreto Permeável
X	X	X	X	X				X	Biojoia
X	X	X	X	X	X	X	X	X	Móveis Sintéticos
X	X	X	X	X	X	X	X	X	Eco Painéis
X	X	X	X					X	Biomassa
X	X	X						X	Carvão Ativado
								X	Compostagem e Adubo
<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Fonte: Autores (2023).

Baseado nas informações sobre etapas comuns, geradas no Quadro 2, torna-se possível inferir sobre possibilidades de empreender para a proposição de negócios que irão compor o canal reverso de RPPA, considerando-se contextos de grandes volumes (e economias de escalas) desses resíduos, como nas etapas iniciais dos processos de revalorização considerados neste estudo, que são claramente comuns (coletar, transportar, lavar e secar), mas também em subprocessos um pouco mais específicos. Assim, logo no início do canal reverso seria possível propor empreendimentos que consistiriam em elos associados à recuperação de valor básica dos RPPA, ou seja, a disponibilização de RPPA limpos, a maior parte secos e em quantidades necessárias ao pleno atendimento às demandas voltadas à produção de produtos específicos. A partir do elo responsável pela secagem seria possível definir os demais elos que comporiam o canal reverso para produções mais específicas, porém, considerando-se ainda a identificação de atividades comuns dentro de etapas mais específicas de alguns dos processos de recuperação de valor considerados.

Ainda na Figura 1, nota-se que alguns processos específicos voltados aos produtos finais, como eco painel e madeira sintética, possuem entre seus subprocessos específicos atividades que, apesar de não exatamente comuns, são muito semelhantes (mistura de resina, moldagem e corte). Tal fato também indica ainda potencial viabilidade para que esses produtos finais, frutos de duas diferentes alternativas de revalorização de RPPA, sejam processados em uma única planta de recuperação de valor, possibilitando a formação de mais um elo para composição do canal reverso de RPPA. A partir da visão de quais formas de revalorização passam por menos etapas de processamento ou mesmo as que têm subprocessos produtivos específicos em comum, é possível inferir quais destas apresentam potencialmente menos gastos de tempo e energia (FONSECA *et al.*, 2020). É válido ressaltar que cada processo produtivo possui seus subprocessos e, por isso, a afirmação de qual forma de revalorização é mais eficiente, sob a perspectiva econômica e ambiental, só será possível de se definir a partir do mapeamento dos subprocessos de cada alternativa de revalorização a ser considerada.

Conforme apresentado na Figura 1, observa-se que a alternativa de recuperação de valor do RPPA biomassa é a que apresenta a menor quantidade de subprocessos até o produto final, sendo necessário apenas a coleta, lavagem e secagem do resíduo. Ressalta-se que tal alternativa de recuperação de valor do RPPA já tem sido aplicada a nível regional e tem-se desenvolvido diversas pesquisas que visam aprimorá-la (AREDE *et al.*, 2020; SERRÃO *et al.*, 2021).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme o exposto, foram mapeados os processos de sete formas de recuperação de valor para os resíduos da produção de polpa de açaí (RPPA). No mapeamento foram estabelecidas cinco etapas de processo, sendo a coleta do resíduo, limpeza, secagem, extração de fibras e processos específicos, até chegar ao produto final. Os processos de todas as alternativas de revalorização apresentadas neste estudo, com exceção de compostagem e adubo, apresentaram etapas ou subprocessos comuns tanto no início desses processos como em subprocessos específicos, caso do eco painel e madeira sintética.

O mapeamento do processo voltado ao reaproveitamento dos RPPA como compostagem e adubo esclareceu que tal forma de recuperação de valor apresenta etapas totalmente diferentes das demais alternativas, do início ao fim do seu processo, mas essas particularidades não inviabilizam a sua implementação como negócio, já que vêm sendo desenvolvidas técnicas para seu aprimoramento. Parte importante desse processo é a utilização dos RPPA em conjunto com outros resíduos orgânicos, o que contribui de forma mais ampla à gestão de resíduos.

Face ao exposto, conclui-se que a abordagem de mapeamento de processos permitiu auxiliar a estruturação do canal reverso para os RPPA, a partir da identificação de similaridades entre as etapas ou subprocessos que compõem os processos referentes às possíveis alternativas de revalorização deste resíduo aqui consideradas. Tais similaridades potencializam ações integradas e sinérgicas que permitem a proposição de negócios baseados em tais ações. Conforme expresso, foram identificadas, logo no início dos processos, 4 etapas comuns a seis das sete opções de revalorização apresentadas e, desta forma, infere-se que seja viável o desenvolvimento de negócios capazes de executar os subprocessos de coleta, transporte lavagem/limpeza e secagem dos RPPA, para que estes sejam distribuídos, já pré-processados, para organizações que executem somente os subprocessos específicos associados ao reaproveitamento dos RPPA para produção de novos produtos.

Ademais, ressalta-se a dificuldade em se encontrar bibliografias atualizadas sobre a temática como grande fator de desgaste nesta pesquisa o que evidencia a importância de promover pesquisas voltadas ao desenvolvimento de técnicas e estratégias mais sustentáveis para reaproveitamento dos RPPA, bem como para o aprimoramento das formas que já são aplicadas e de estudos que avaliem detalhadamente as viabilidades econômicas e técnicas de negócios capazes de compor o canal reverso associado a este resíduo.

## REFERÊNCIAS

- ALVIM, I. R., *et al.* Canais reversos dos resíduos da produção de polpa de açaí na cidade de Castanhal-PA: uma abordagem orientada por processos. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, Ponta Grossa, PR, Brasil, 7, 2017.
- ARANTES, M. V. C.; PEREIRA, R. S. Análise Crítica dos 10 Anos de Criação e Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil. **Revista Linceu Online**, **11**, 48-66, 2021.
- ARAÚJO, R. C. C. **Parâmetros físico-químicos da compostagem de resíduos agroindustriais na região de Carajás-PA**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas, PA, Brasil, 2019.
- AREDE, R. S. C. *et al.* Potencial energético do resíduo do despulpamento do açaí sob diferentes condições de estocagem. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, **63**, 2020.
- ASSUMPÇÃO, J. J.; CAMPOS, L. M. S. Gestão da Cadeia de Suprimentos Verde: Tendências e Desafios *Green Supply Chain Management: Trends And Challenges*. **Produção Online: Revista Científica eletrônica de engenharia de produção**, **18**, n. 4, 1470-1494, 2018.
- AVABEL. **Lista de estabelecimentos com selo de qualidade 2018**. Recuperado em fevereiro de 2021, de <<http://www.avabel.com.br/institucional/>>ENATTI, L. P. **Inovação nas técnicas de acabamentos decorativos em sementes ornamentais brasileiras**. São Paulo: Blucher, 2017.
- BRITO, D. A. C. *et al.* Manejo de resíduos sólidos e de águas pluviais: o (des) controle social em Belém, Pará. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, **8**, n. 2, p. 103-118, 2020. <http://dx.doi.org/10.9771/gesta.v8i2.42221>
- CARDOSO, E. L., *et al.* Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos no município de Belém, Pará, Brasil: vantagens e desafios da sua implementação. **Sistemas & Gestão**, **15(2)**, 93-102, 2020. <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2020.v15n2.1612>
- CARNEIRO, J. S. *et al.* Estudo de viabilidade do aproveitamento energético da queima de caroços de açaí produzidos no município de Castanhal-PA. **Amazônia em Foco**, **2**, p.47-63, 2013.
- CORDEIRO, N. K. *et al.* Gestão de resíduos agrícolas como forma de redução dos impactos ambientais. **Revista de Ciências Ambientais**, **14**, n. 2, p. 23-34, 2020. <http://dx.doi.org/10.18316/rca.v14i2.5593>
- CONAB (ed.). **Açaí (fruto)**. Florence Rio Serra: Florence Rios Serra, 2019. 9 p.
- COSTA, L. S.; ALVES, R. C. M. **Utilização do Caroço de Açaí como Leito Filtrante no Tratamento de Água de Abastecimento e no Tratamento de Água de Abastecimento E Residuária**. Paraná: Atena Editora, 2019. <https://doi.org/10.22533/at.ed.52419110417>
- EMBRAPA. **Sistemas de Produção do Açaí**. ed., dez./2018.
- EMBRAPA. **Embrapa disponibiliza Sistema de Produção do Açaizeiro para Amazônia Ocidental**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/40670503/embrapa-disponibiliza-sistema-de-producao-do-acaizeiro-para-amazonia-ocidental>. Acesso em: 20 jan. 2023.
- FARIAS NETO, J. T. VASCONCELOS, M. A. M., & SILVA, F. C. F. **Cultivo, processamento, padronização e comercialização do açaí na Amazônia**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2010.
- FERREIRA, R. S. *et al.* Análise das propriedades mecânicas do concreto permeável com incorporação de sementes de açaí. **Anais do Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis**, Coimbra, Portugal, 2018.
- FONSECA, J. D. *et al.* Modeling, analysis and multi-objective optimization of an industrial batch process for the production of tributyl citrate. **Computers & Chemical Engineering**, **132**, 106603, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.106603>
- FONSECA, E. C. C. *et al.* Proposta de mapa de processos de logística reversa de pós-consumo sob a ótica da política nacional de resíduos sólidos. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, **12(1)**, 83, 2017. <https://doi.org/10.15675/gepros.v12i1.1601>
- GOES, R., MORENO, S., & TAVARES, F. Produção e avaliação das propriedades físicas e mecânicas de “madeira sintética” processada a partir do resíduo do beneficiamento do açaí. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, **1**, n. 2, p. 13199-13204, 2015.

GUSI, C. F. *et al.* Estudo da destinação dos resíduos sólidos urbanos em São Francisco de Sales/MG. **Revista Eletrônica Organizações e Sociedade**, **7(8)**, 45-63, 2018.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; MEDEIROS-COSTA, J.T. **Palmeiras do Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1996

MENDES, R. C. *et al.* Sustentabilidade na produção de resíduos: proposta de reaproveitamento dos resíduos sólidos em uma fábrica de açaí. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, **9(3)**, p. 763-780, 2020. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e32020763-780>

Maia, E. S. **Composição Química e benefícios nutricionais dos caroços de açaí (Euterpe precatória), guaraná (Paulinia cupana) e tucumã (Astrocaryum aculeatum) na alimentação animal**. 2020

MENEZES, G. K. A., COUTO, L. L., & SOCORRO, A. F. M. Manejo dos caroços de açaí como possibilidade de desenvolvimento local no município de Ananindeua-PA. **Universidade e Meio Ambiente**, **4(1)**, p. 20-33, 2019.

MESQUITA, A. L. **Estudos de processos de extração e caracterização de fibras do fruto do açaí (euterpe oleracea mart.) da amazônia para produção de ecopainel de partículas homogêneas de média densidade**. Tese de Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil, 2013.

MIRANDA, L. D. V. A. **Descarte e destinação dos caroços de açaí em Macapá e Santana no Estado do Amapá**. Dissertação de Mestrado em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Macapá, AP, Brasil, 2018.

NASCIMENTO, M. D. R. *et al.* REAPROVEITAMENTO DO CAROÇO DO AÇAÍ COMO ALTERNATIVA NA PRODUÇÃO DE BEBIDA AROMÁTICA. In: COINTER, 4., 2019, Belém. **IV Congresso Internacional das Ciências Agrárias**. Teresina: Cointer, 2019. p. 1-6.

NOTIBRAS. Brasília, 17 mar. 2022. Disponível em: <https://www.notibras.com/site/consumo-de-acai-vira-novo-verdugo-da-amazonia/>. Acesso em: 21 jan. 2023.

PESSOA, T. S. **CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE BIOCÁRVÃO OBTIDO A PARTIR DO ENDOCARPO DO AÇAÍ PARA ADSORÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS**. 2019. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

POZO, H; BASTOS, R. T. C.; DONAIRE, D. Como as Micro e Pequenas Empresas tratam os seus Resíduos Sólidos Frente à Lei Federal Nº 12.305/10. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, **8(1)**, 61-80, 2019. <https://doi.org/10.5585/geas.v8i1.13764>

ROCHA, L. M. O. **Eficiência do carvão ativado do caroço do açaí (Euterpe oleracea) como mídia filtrante em Sistema de Recirculação para Aquicultura (SRA)**. Orientador: Maria de Lourdes Souza Santos; Breno Gustavo Bezerra Costa. 2020. 78 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1147>. Acesso em: 10 de dezembro de 2023.

ROSSETTO, R. **VALORIZAÇÃO DO AÇAÍ - NOVAS TECNOLOGIAS PARA MELHOR APROVEITAMENTO DO FRUTO E RESÍDUOS**. 2021. 125 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

SERRÃO, A. C. M. *et al.* Análise do processo de pirólise de sementes de Açaí (Euterpe Oleracea, Mart): Influência da temperatura no rendimento dos produtos de reação e nas propriedades físico-químicas do Bio-Óleo. **Brazilian Journal of Development**, **7(2)**, p. 18200-18220, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-453>

SILVA, I. P. *et al.* Caroço de açaí na alimentação de suínos criados no Sul do Amazonas. **Cadernos de Agroecologia**, **15**, n. 2, 2020.

SILVA, L. L. *et al.* A utilização do caroço do açaí como fonte orgânica de energia. **Revista Ensino, Saúde e Biotecnologia da Amazônia**, **2 (esp.)**, 2020.

SILVA, E. D. **Monitoramento das características físico-químicas do adubo obtido da compostagem com caroço de açaí e casca de mandioca potencializada pela ação da mosca soldado negra (Hermetia sp.)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas, PA, Brasil, 2020.

SILVA, V. P. *et al.* Mapeamento de pontos de disposição irregular de resíduos sólidos na avenida Bernardo Sayão, em Belém-Pará. **Brazilian Journal of Development**, **5**, n. 12, p. 31137-31146, 2019. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n12-216>

- SILVA, R. F. *et al.* Estudo da permeabilidade do concreto poroso com a incorporação de sementes de açaí. **Anais do Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis**, Coimbra, Portugal, 3, 2018.
- SILVA, I. T. D.; ALMEIDA, A. D. C.; MONTEIRO, J. H. A. Uso do caroço de açaí como possibilidade de desenvolvimento sustentável do meio rural, da agricultura familiar e de eletrificação rural no Estado do Pará. **Proceedings of the 5th Encontro de Energia no Meio Rural**, Campina, São Paulo, Brasil, 2004.
- SILVA, S. D. P.; PEREIRA, L. C.; NOBRE, J. R. C.; MELO, V. L. M.; WEILER, E. Broetto; FANTINEL, R. A.; SANTOS, F. D.; SILVA, L. B. O.; MARCHESAN, J.; LOIOLA, T. M. USO DO CARVÃO DE CAROÇO DE AÇAÍ (*EUTERPE OLERACEAE MART.*) ATIVADO QUIMICAMENTE COMO MEIO FILTRANTE DE ÁGUA. **Produtos Florestais Não Madeireiros: tecnologia, mercado, pesquisas e atualidades**, [S.L.], p. 388-402, 2021. Editora Científica Digital. <http://dx.doi.org/10.37885/210504779>.
- SOUSA, A. A. O. *et al.* Adsorção do corante básico Verde Malaquita via carvão ativado a partir do caroço de açaí. **Research, Society and Development**, **10**, n. 2, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12871>
- SOUZA, A. G.; SOUSA, N. R.; SILVA, S. E. L.; NUNES C.D.M.; CANTO, A. C.; CRUZ, L A. A. **Fruteiras da Amazônia**. Brasília: Embrapa–SPI, 1996
- SEDEP - Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e de Pesca. **Panorama Agrícola do Pará de 2015 a 2019 – Açaí**. Recuperado em janeiro de 2021, de: <http://www.sedap.pa.gov.br/content/a%C3%A7a%C3%AD>
- TAVARES, G. S. *et al.* Análise da produção e comercialização de açaí no estado do Pará, Brasil. **International Journal of Development Research**, **10(04)**, p. 35215-35221, 2020.
- TEIXEIRA, L. B. *et al.* Processos de compostagem usando resíduos das agroindústrias de açaí e de palmito do açazeiro. **Embrapa Amazônia Oriental-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2005.



Centro de Ciências Naturais e Tecnologia Curso de  
Graduação em Engenharia de Produção

Tv. Enéas Pinheiro, n° 2626 - Marco  
CEP: 66095-100 Belém - PA

[www.uepa.br](http://www.uepa.br)