



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO



Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Universidade Federal do Espírito Santo

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

## CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO CAROÇO E DA FIBRA DO AÇAÍ (*EUTERPE OLERACEA MART.*) VIA MÉTODOS CLÁSSICOS E INSTRUMENTAIS

PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF AÇAÍ SEED AND FIBER (*EUTERPE OLERACEA MART.*) THROUGH CLASSICAL AND INSTRUMENTAL METHODS

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL NÚCLEO Y LA FIBRA DE AÇAÍ (*EUTERPE OLERACEA MART.*) MEDIANTE MÉTODOS CLÁSICOS E INSTRUMENTALES

Matheus Maciel Santos<sup>1</sup>, Fernanda Souza Pasolini<sup>2</sup>, & Ana Paula Oliveira Costa<sup>3\*</sup>

<sup>123</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

<sup>1</sup> matheus.mac.santos@gmail.com <sup>2</sup> fernandapasolini@gmail.com <sup>3\*</sup> ana.o.costa@ufes.br

### ARTIGO INFO.

Recebido: 06.04.2023

Aprovado: 23.05.2023

Disponibilizado: 16.06.2023

**PALAVRAS-CHAVE:** Açaí; Resíduo e Caracterização.

**KEYWORDS:** Açaí; Residue and Characterization.

**PALABRAS CLAVE:** Asaí; Residuo y Caracterización.

\*Autor Correspondente: Costa, A. P. O.

### RESUMO

O açaí, fruto do açaizeiro (*Euterpe oleracea Mart.*), tem grande importância no setor agroindustrial brasileiro, sendo largamente consumido no país. A cultura do açaí gera como resíduos o caroço e a fibra, que geralmente são descartados sem tratamentos prévios. Existem poucos dados relativos à caracterização físico-química desses resíduos e possibilidades de reutilização ainda não foram definidas. Nesse contexto, este trabalho objetivou estudar a caracterização físico-química e térmica do caroço, da fibra e dos seus extrativos, por meio de análises como percentual absolutamente seco, extrativos em água, hidróxido de sódio e solvente orgânico, teor de cinzas, percentuais lignocelulósicos, densidade e análise termogravimétrica. O percentual absolutamente seco foi de 90% para a fibra e 85,1% para o caroço. O caroço apresentou maior quantidade de extrativos comparado à fibra, e ambos apresentaram baixos teores de extrativos solúveis em solvente orgânico. O teor de cinzas foi de 1,4% para a fibra e 3,41% para o caroço. Os teores de lignina obtidos para caroço e para a fibra foram 25,1% e 24,8%, respectivamente. A fibra apresentou teor de celulose de 46,2% e o caroço 18,6%. A densidade média do caroço foi de 1,27 g/cm<sup>3</sup>. Todos os resíduos apresentaram quatro etapas de degradação na TGA.

### ABSTRACT

The açaí tree fruit (*Euterpe oleracea Mart.*) has great importance in the Brazilian agroindustrial sector, being widely consumed in the country. The culture of açaí generates residues such as the seed and fiber, which are usually discarded without previous treatments. There are few data regarding the physico-chemical characterization of these residues, and the possibilities of waste reuse have

not been defined yet. In this context, this work aimed to study the physico-chemical and thermal characterization of the seed, the fiber and the extracts of these residues, through the analysis such as absolutely dried percentage, extracts in water, sodium hydroxide and in organic solvent, ash content, lignocellulosic percentages, density and Thermogravimetric Analysis. The absolutely dried percentage was 90.0% for fiber and 85.1% for seed. The seed showed a greater amount of extractives than fiber, and both showed low levels of extracts that are soluble in organic solvent. The ash content was 1.40% for fiber and 3.41% for seed. The lignin contents obtained for seed and fiber were 25.1% and 24.8%, respectively. The cellulose content was 46.2% for fiber and 18.6% for seed. The average seed density was 1.27 g / cm<sup>3</sup>. All residues showed four stages of degradation in the TGA.

### RESUMEN

Asaí, el fruto del árbol de açaí (*Euterpe oleracea Mart.*), es de gran importancia en el sector agroindustrial brasileño, siendo ampliamente consumido en el país. El cultivo genera como residuos la semilla y la fibra, que generalmente se desechan sin tratamiento previo. Hay pocos datos sobre la caracterización físico-química de estos residuos y aún no se han definido las posibilidades de reutilización. En ese contexto, este trabajo tuvo como objetivo estudiar la caracterización físico-química y térmica del núcleo, fibra y sus extractivos, a través de análisis como porcentaje absolutamente seco, extractivos en agua, hidróxido de sodio y solvente orgánico, contenido de cenizas, porcentajes lignocelulósicos, Densidad y Análisis Termogravimétrico. El porcentaje absolutamente seco fue de 90,0% para la fibra y 85,1% para la semilla. La semilla presentó mayor cantidad de extractivos en comparación con la fibra, y ambas presentaron bajos niveles de extractivos solubles en solvente orgánico. El contenido de cenizas fue del 1,40% para la fibra y del 3,41% para el núcleo. Los contenidos de lignina obtenidos para el núcleo y para la fibra fueron 25,1% y 24,8%, respectivamente. La fibra tenía un contenido de celulosa de 46,2% y el núcleo de 18,6%. La densidad de semilla promedio fue de 1,27 g/cm<sup>3</sup>. Todos los residuos mostraron cuatro etapas de degradación en el TGA.



## 1. INTRODUÇÃO

O açaizeiro (*Euterpe oleracea Mart.*) é uma palmeira nativa da Amazônia amplamente explorada para a extração de palmito e frutos. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), a região Norte produziu 1.395.141 toneladas do fruto no ano de 2019, correspondente a 99,8% da produção nacional. O Pará é o estado brasileiro que mais produz e consome o açaí, sendo responsável pela produção de 1.320.150 toneladas no ano de 2019. Os estados do Amazonas, Roraima e Rondônia também se destacam pela alta produtividade, juntos produziram 74.152 toneladas em 2019, o que gerou um aumento de 9,6% da produção em comparação ao ano anterior (IBGE, 2020).

A produção de açaí tem se espalhado por outras regiões do Brasil, como os estados do Espírito Santo e da Bahia, devido ao fato de ser uma planta de fácil cultivo e pelas semelhanças em termos climáticos. Segundo o IBGE (2020), os dois estados juntos produziram 1.295 toneladas do fruto no ano de 2019. As áreas mais propícias à plantação de açaí são aquelas que apresentam temperatura e precipitação mediana. No Espírito Santo, os municípios que se destacam pela maior produtividade são Linhares, São Mateus e Jaguaré, ao Norte do estado (Gasparini, Fonseca, Pastro, Lacerda, & Santos, 2015) e no estado da Bahia se destacam os municípios de Ilhéus e Itabuna.

A cultura do açaí se destaca entre as espécies vegetais produzidas no Brasil pela abundância no plantio e pela capacidade de produzir um alimento de alta fonte energética (Cordeiro, Paula, Sousa, & Amorim, 2017). O fruto tem potencial para ser utilizado por indústrias farmacêuticas, celulósicas e de produção de ração animal (Goulart et al., 2016).

O extrativismo do açaí gera como resíduos sólidos o caroço e a fibra. De acordo com a lei federal nº 12.305/10 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os caroços de açaí são resíduos de atividade comercial e sua coleta e destinação são de responsabilidade de seu gerador – no caso os batedores, não podendo ser coletados pelas empresas licitadas para a coleta de resíduos sólidos urbanos das cidades. Entretanto, os caroços costumam ser descartados a céu aberto, sem tratamento prévio. A falta de tratamento desses resíduos pode acarretar problemas ambientais, pois o descarte inadequado gera entulho nas ruas e em terrenos baldios, podendo levar à formação de depósitos clandestinos; e quando descartados em canais pode causar assoreamento e alagamentos (Oliveira, Passos, & Conceição, 2020). Isso pode gerar problemas relacionados às mudanças climáticas pelo aumento da emissão de gases de efeito estufa, principalmente metano (CH<sub>4</sub>) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>) (Sadh, Duhan, & Duhan, 2018).

A utilização de fibras naturais como matéria-prima em diversos setores tem sido objeto de estudo por ser um material obtido a partir de fontes renováveis. Quando comparadas com as fibras sintéticas, as fibras naturais se sobressaem pelo reaproveitamento e diminuição da geração de resíduos, além de apresentarem excelentes propriedades, como por exemplo: serem biodegradáveis, possuem boa tenacidade, alta rigidez, menor custo de processamento e facilidade de processamento por causarem menor desgaste no maquinário (Junior, Novack, Botaro, Protásio, & Couto, 2013).



Sato et al. (2019) estudaram a utilização de biocarvão produzido a partir de caroço de açaí como condicionante de sólidos. Para a caracterização do resíduo, foram quantificados os teores de extrativos solúveis em solvente orgânico etanol-tolueno, lignina total e cinzas. Foram obtidos 2,3% de teor de extrativos em solvente orgânico, 37,2% de teor de lignina total, o qual foi um valor considerado satisfatório uma vez que a estrutura complexa da lignina confere rigidez ao material, afetando na estabilidade do biocarvão. O teor de cinzas de 2,51% foi considerado baixo, sugerindo alta eficiência energética por possuir grande quantidade de matéria orgânica. A pirólise desse resíduo resultou em biocarvão de caráter extremamente hidrofóbico, o que indicou a presença de compostos apolares na composição do caroço de açaí (Sato et al., 2019).

Oliveira et al. (2020) estudaram o pré-tratamento de caroço de açaí com solução de peróxido de hidrogênio 4% alcalinizada a pH 11,5 com hidróxido de sódio para a produção de açúcares fermentados e etanol. Foram feitas as análises do caroço de açaí para determinação dos teores de celulose, hemicelulose e lignina, obtendo valores de 40,3%, 18,3% e 16,2%, respectivamente. Após o pré-tratamento do caroço de açaí com solução de peróxido de hidrogênio 4% a 60°C foi obtido 5,95 g de glicose a partir de 100 g de caroço, o que foi considerado alta taxa de conversão. Quando submetido à hidrólise enzimática e fermentação, esse resíduo resultou em 80,1% de taxa de conversão. Isso se dá porque altos valores de lignina, celulose e hemicelulose indicam alta quantidade de carbono na estrutura celular, sendo esse uma fonte de fermentação e produção de etanol (Oliveira et al., 2020).

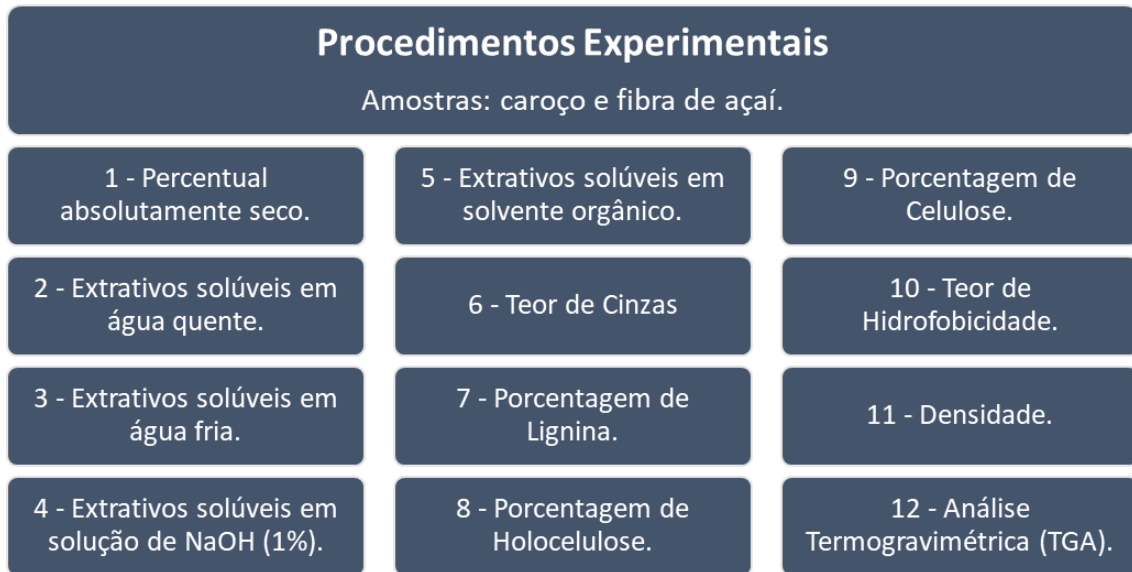
Nesse contexto, foi observada a necessidade de desenvolvimento de pesquisas visando o reaproveitamento dos resíduos agroindustriais da cultura do açaí. Uma ampla caracterização do caroço e da fibra do açaí são importantes sob o ponto de vista técnico-científico, uma vez que quando são conhecidas todas as propriedades referentes a esses materiais, podem ser propostas novas formas de reutilização a fim de gerar maior valor agregado ao resíduo, e assim transformá-lo em matéria-prima para novos segmentos industriais. Logo, o objetivo deste trabalho foi a caracterização da casca e da fibra do açaí utilizando métodos clássicos e instrumentais de análises químicas para determinação do perfil físico-químico e térmico.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram obtidos do comércio local 5 kg de açaí já despulpados. A amostra foi submetida à lavagem em água corrente para eliminação de resíduos sólidos, como areia e insetos. Em seguida, foi realizada a sanitização por imersão da amostra em solução de hipoclorito de sódio a 30 ppm por 15 minutos, com posterior enxágue em água corrente. Após o enxágue, as sementes foram secas em estufa, a 105°C por 10 horas, e em seguida foi realizada a separação manual do caroço e da fibra. Em todas as análises utilizou-se o caroço triturado. Os procedimentos foram realizados em triplicata, de forma que os resultados apresentados são correspondentes às médias aritméticas. As análises foram realizadas para o caroço e para a fibra do açaí e estão descritas nos itens de 2.1 a 2.12. Todas as análises realizadas são mostradas na Figura 1.



Figura 1. Análises realizadas para a fibra e para o caroço do açaí.



Fonte: Autores (2023).

### 2.1. PERCENTUAL ABSOLUTAMENTE SECO

Foram pesados cerca de 2 g de amostra (caroço/fibra) e transferidos para uma balança determinadora de umidade BEL modelo i-Thermo 163L a uma temperatura de 105°C, até peso constante.

### 2.2. EXTRATIVOS SOLÚVEIS EM ÁGUA QUENTE

Foram pesados cerca de 2 g de amostra (caroço/fibra) em um erlenmeyer e em seguida adicionados 200 ml de água destilada e mantido em banho termostático em ebulição na temperatura de 100 ± 5°C. A solução foi agitada manualmente a cada 15 minutos por 3 horas, depois filtrada a vácuo sob contínuas lavagens com 250 ml de água destilada quente. Por fim, amostra foi seca em estufa a 103°C por 18 horas. Os extrativos solúveis em água quente foram calculados através da Equação 1.

**Equação 1.** Cálculo de extrativos solúveis. Em que:  $M_i$  é a massa inicial da amostra (g) e  $M_f$  a massa final da amostra (g).

$$\% \text{ extrativos} = [(M_i - M_f) / M_i] * 100$$

### 2.3. EXTRATIVOS SOLÚVEIS EM ÁGUA FRIA

Foram pesados 2 g de amostra (caroço/fibra) e em seguida foram adicionados 200 ml de água destilada em temperatura ambiente. Durante a primeira hora de imersão, a solução foi agitada manualmente a cada 15 minutos. Após permanecer em repouso por 48 horas, filtrou-se a vácuo sob contínuas lavagens com 250 ml de água destilada e, por fim, secou-se a amostra em estufa a 103°C por 18 horas. Os extrativos solúveis em água fria foram calculados de acordo com a Equação 1.

### 2.4. EXTRATIVOS SOLÚVEIS EM SOLUÇÃO DE NaOH 1% (M/V)

Foram pesados 2 g de amostra e em seguida foram adicionados 100 ml de solução de hidróxido de sódio (NaOH) 1% (m/v) em temperatura ambiente. A mistura foi agitada manualmente após 10, 15 e 25 minutos do início da extração. O tempo total de extração foi de uma hora, e ao final do procedimento a mistura foi filtrada a vácuo e lavada com 250 ml



de água destilada quente, 50 ml de ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH) 9% (m/v) e novamente 250 ml de água quente, e por fim foram secas em estufa a 103°C por 18 horas. Os extrativos solúveis em solução de NaOH 1% (m/v) foram calculados de acordo com a Equação 1.

### 2.5. EXTRATIVOS SOLÚVEIS EM SOLVENTE ORGÂNICO

Foram pesados separadamente 1 g de caroço seco e triturado e 2 g de fibra seca. Esses foram submetidas à extração utilizando um extrator soxhlet com 150 ml de solução de álcool etílico-tolueno (1:2) durante 6 horas. Ao final da extração, o solvente foi recuperado e o balão contendo o extrato foi seco em estufa a 103°C durante 24 horas. Os extrativos solúveis em solvente orgânico foram calculados através da Equação 2.

**Equação 2.** Cálculo de extrativos solúveis em solvente orgânico. Em que: Me é a massa do extrato (g) e Mi a massa inicial da amostra (g).

$$\% \text{ extrativos} = [(Me / Mi) * 100]$$

### 2.6. TEOR DE CINZAS

O teor de cinzas foi determinado a partir da amostra (caroço e fibra) isenta de umidade, que foi submetida a um processo de calcinação em um forno tipo mufla pré-aquecido em temperatura de 750°C, calcinada por 2 horas, resfriada, em seguida acondicionada em dessecador e sua massa final determinada por pesagem em balança analítica. Os resultados foram calculados por meio da Equação 3.

**Equação 3.** Cálculo do teor de cinzas. Em que: %C é o teor de cinzas, Mi é a massa inicial da amostra, Mf a massa final da amostra.

$$\%C = (Mf / Mi) \times 100$$

O equipamento utilizado no processo foi um forno tipo mufla digital da marca Quimis, modelo Q318M24, em temperatura de trabalho de 300 a 1200°C

### 2.7. PORCENTAGEM DE LIGNINA

Para determinação do teor de lignina e holocelulose, as amostras de caroço e da fibra foram preparadas da seguinte maneira. Primeiramente, foi feita a extração (da amostra de caroço e depois da fibra) com extrator do tipo soxhlet utilizando 150 ml de álcool 96° por 6 horas na temperatura de 80 ± 5°C. Em seguida, o papel filtro contendo cada amostra foi imerso em água quente durante 3 horas e depois foi seco em temperatura ambiente durante três dias.

Para a determinação da porcentagem de lignina cerca de 1 g de amostra (caroço/fibra) foi pesada em um erlenmeyer, resfriada a uma temperatura de 18 ± 2°C com 15 ml de solução de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 72% (v/v) e mantida em banho de gelo durante 2 horas. Foram adicionados 500 ml de água destilada, mantendo a solução em ebulição por 4 horas e em seguida deixada em repouso por 18 horas. A solução foi filtrada a vácuo e seca em temperatura ambiente por 48 horas. A porcentagem de lignina foi calculada através da Equação 4.





**Equação 4.** Cálculo da porcentagem de lignina. Em que:  $M_i$  é a massa inicial da amostra (g) e  $M_f$  a massa final da amostra (g).

$$\% \text{ lignina} = [(M_i - M_f) / M_i] * 100$$

### 2.8. PORCENTAGEM DE HOLOCELULOSE

Holocelulose é um termo empírico utilizado para se referir à mistura de hemicelulose e celulose. Foram pesadas 2 g de amostra (caroço/fibra) em um erlenmeyer, em seguida foram adicionados 100 ml de solução de hipoclorito de sódio (NaClO) 6% (v/v) e peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 50% (v/v) durante 6 horas em temperatura ambiente. Logo após, a amostra foi submetida à lavagem cáustica com 50 ml de solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,6% (m/v), filtrada e seca em temperatura ambiente por 48 horas. A porcentagem de holocelulose foi calculada através da Equação 5.

**Equação 5.** Cálculo da porcentagem de holocelulose. Em que:  $M_i$  é a massa inicial da amostra (g) e  $M_f$  a massa final da amostra (g).

$$\% \text{ holocelulose} = (M_f / M_i) * 100$$

### 2.9. PORCENTAGEM DE CELULOSE

Após a pesagem de 1 g de holocelulose, resultante do procedimento de determinação de holocelulose, foi adicionado 15 ml de solução de hidróxido de potássio (KOH) 24% (m/v) e mantido sob agitação mecânica por 15 horas em um erlenmeyer. Em seguida, a amostra foi lavada com solução de ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH) 1% (v/v) e com etanol (CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>OH), filtrada e seca em temperatura ambiente por 48 horas. A porcentagem de celulose foi calculada através da Equação 6.

**Equação 6.** Cálculo da porcentagem de celulose. Em que:  $M_i$  é a massa inicial da amostra (g) e  $M_f$  a massa final da amostra (g).

$$\% \text{ celulose} = (M_f / M_i) * 100$$

Sabendo-se que holocelulose é a mistura de hemicelulose e celulose, o teor de hemicelulose foi calculado por meio da Equação 7 pela subtração entre o teor de holocelulose e o teor de celulose.

**Equação 7.** Cálculo do teor de hemicelulose.

$$\text{teor de hemicelulose} = \text{teor de holocelulose} - \text{teor de celulose}$$

### 2.10. TEOR DE HIDROFOBICIDADE

Foi pesada 1 g de amostra (caroço/fibra) e em seguida foram adicionados 40 ml de uma solução de água destilada e hexano com proporção de (1:1) (v:v). A mistura foi submetida à agitação magnética por 3 minutos. Em seguida, a amostra imersa na solução foi deixada em repouso durante 5 minutos para separação das fases hidrofílicas e hidrofóbicas, e depois filtrada com papel filtro. O material transferido para a fase orgânica foi seco em estufa a 103°C por 18 horas. O teor de hidrofobicidade foi calculado através da Equação 7.



**Equação 7.** Cálculo do teor de hidrofobicidade. Em que:  $M_h$  é a massa do material transferido para fase orgânica (g) e  $M_i$  a massa inicial da amostra (g).

$$\% \text{ hidrofobicidade} = (M_h / M_i) * 100$$

### 2.11. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE

A densidade aparente do caroço foi determinada através da razão entre massa e volume. As amostras foram secas previamente em estufa a 105°C, por 2 horas. O diâmetro médio do caroço foi determinado com o auxílio de um paquímetro, pela média aritmética das suas medidas tridimensionais e o volume foi obtido por uma aproximação do caroço a uma geometria esférica. Desse modo, a densidade foi calculada por meio da Equação 8.

**Equação 8.** Cálculo da densidade. Em que:  $\rho$  é a densidade do caroço (g/cm<sup>3</sup>),  $M$  a massa (g), e  $D$  o diâmetro médio (cm).

$$\rho = 6 \times M / (\pi \times D^3)$$

### 2.12. ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

Foram pesados aproximadamente 10 mg de amostra de fibra, caroço triturado e dos extrativos solúveis em solvente orgânico e foram submetidos a um programa de aquecimento de 20°C/min sob atmosfera de nitrogênio (N<sub>2</sub>), na faixa de temperatura compreendida entre 20 e 600°C, utilizando-se o equipamento Shimadzu DTG-60.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. PERCENTUAL ABSOLUTAMENTE SECO

O percentual absolutamente seco obtido para o caroço foi de 85,1%. Esse valor está próximo ao resultado obtido por Martins, Konagano, Souza e Lopes (2020) que determinou o percentual absolutamente seco para o caroço de açaí (88,3%). Para a fibra, o valor determinado para o percentual absolutamente seco foi de 90%, o mesmo resultado obtido por Quirino (2010), que analisou a fibra de açaí nas mesmas condições. Os valores obtidos mostram que a fibra apresentou maior percentual absolutamente seco do que o caroço. Tal diferença pode estar relacionada à forma e ao volume da amostra analisada, e também aos processos de lavagem e secagem em que a amostra foi submetida antes dos experimentos. O caroço tem corpo esférico e a fibra tem a forma alongada e estreita, de modo que o processo de secagem empregado no tratamento inicial dado às amostras pode ter sido mais eficiente para a fibra do que para o caroço.

Porém, analisando os dados obtidos e as referências de literatura pode-se afirmar que o caroço e a fibra analisados neste experimento foram secos de forma eficiente e que, nessa condição, podem ser moídos de forma que não comprometam os testes de caracterização físico-químicos (Pereira, Anjos, & Magnago, 2019). Outro fato importante é que o teor de umidade está relacionado com a propriedade de biodegradação que o material apresenta, logo, quando esse tipo de material está seco devidamente, ocorrerá aumento da durabilidade e conseqüentemente seu estado de preservação será aumentado.

### 3.2. EXTRATIVOS SOLÚVEIS

O valor obtido para os extrativos solúveis em água fria para o caroço foi de 17,4% e para a fibra foi de 3,71%. A comparação desses resultados foi feita por meio de um teste de



hipóteses, considerando o cenário em que os desvios padrões populacionais são desconhecidos. A região crítica foi definida com graus de liberdade  $GL = 2$ , e com um nível de significância  $\alpha = 5\%$ . Desse modo os valores para rejeição da hipótese de igualdade das médias ( $H_0$ ) são  $t < -4,3127$  ou  $t > 4,3127$ . O valor de  $t$  calculado no teste foi de 29,23, estando na região de rejeição de  $H_0$ . Portanto consideramos, a um nível de significância de 5%, que os valores de extrativos solúveis em água fria para o caroço e para a fibra apresentaram diferenças significativas.

Os dados relativos ao teor de extrativos solúveis em água quente reproduziram as mesmas diferenças em relação ao comportamento do caroço e da fibra, sendo estes valores de 11,6% e 3,22%, respectivamente. A Tabela 1 apresenta os resultados das análises dos teores de extrativos para o caroço e fibra de açaí, com as respectivas médias e o desvio padrão (entre parênteses).

**Tabela 1.** Resultados dos teores de extrativos para o caroço e a fibra.

Amostra	Extrativos solúveis água fria (%)	Extrativos solúveis água quente (%)	Extrativos solúveis em hidróxido de sódio 1% (%)	Extrativos solúveis em solvente orgânico (%)
<b>Caroço</b>	17,4 (0,02)	11,6 (2,89)	18,5 (0,35)	10,7 (0,75)
<b>Fibra</b>	3,71 (0,811)	3,22 (0,477)	9,45 (2,459)	1,67 (0,139)

Fonte: Autores (2021).

A extração com água fria é utilizada para remoção de compostos como sais inorgânicos, resinas, açúcares e corantes, os quais influenciam na caracterização morfológica e proteção microbiológica da amostra (Moreira, Fazon, & Ribeiro, 2016), entre outros fatores. Já a extração com água quente, além de remover compostos inorgânicos, também remove o amido. Sendo assim, os resultados dessas duas análises sugerem maior presença desses componentes no caroço quando comparado com a fibra, o que é um indicador de que o caroço pode apresentar maior resistência contra a biodegradação natural.

Santos et al. (2020) determinaram o teor de extrativos na madeira de mogno africano utilizando água fria (3,91%) e água quente (4,97%). O caroço de açaí apresentou maiores teores de extrativos nas duas condições: água quente (11,6%) e fria (17,4%). Isso pode ser devido à sua estrutura morfológica, pois diferentemente da madeira mogno africano, o caroço é revestido pela polpa de açaí. A polpa, parte comestível do fruto, é composta por açúcares, amidos e corantes, substâncias que podem ser absorvidas pelo caroço e aumentar a percentagem de extrativos.

Junior et al. (2013) determinaram o teor de extrativos solúveis em água quente em fibras de bambu (7,4%). A fibra de açaí (3,22%) apresentou menor quantidade de açúcares e amido em sua estrutura. Esses dados sugerem que a fibra de açaí é uma alternativa mais eficiente para aplicação na produção de reforços poliméricos quando comparadas com a fibra de bambu, uma vez que alto teor de extrativos dificulta a aderência entre compósito e matriz.

Os dados relativos às análises dos teores de extrativos solúveis em solução de hidróxido de sódio 1% (m/v) são apresentados na Tabela 1, que para o caroço foi de 18,5% e para a fibra foi de 9,45%. O processo de extração utilizando solução de hidróxido de sódio 1% retira as





substâncias de caráter ácido, como graxas e óleos, proporcionando também a fragmentação da lignina e hemicelulose, juntamente com terpenos, fenóis e cresóis (Moreira, 2016; Pereira, 2019). Durante a análise foi observado o escurecimento das soluções contendo as amostras após 15 minutos, as quais inicialmente se apresentavam sem coloração. Esse comportamento pode ocorrer, pois quando são aplicados tratamentos alcalinos em materiais lignocelulósicos, ocorre a fragmentação das estruturas de lignina e hemicelulose. A lignina residual apresenta unidades de hidroxifenilpropano, componente com caráter fenólico que é responsável pelo escurecimento do meio reacional. Sendo assim, os dados obtidos para os teores de extrativos em solução de hidróxido de sódio 1% evidenciaram que houve fragmentação de materiais lignocelulósicos uma vez que houve variação de massa e também pelo escurecimento observado nas soluções.

Santos et al. (2020) determinaram o teor de extrativos solúveis em hidróxido de sódio 1% para a madeira de mogno africano (20,6%). O caroço de açaí (18,5%), apesar de próximo, contém menores quantidades de graxas e óleos quando comparados com a madeira de mogno.

As análises relativas à determinação dos teores dos extrativos em solvente orgânico (Tabela 1) mostraram que o caroço apresentou valor de 10,7% e a fibra 1,67%. Os compostos que são extraídos nessa análise são os ácidos, os ésteres graxos, os compostos fenólicos, as ceras, as gorduras e os compostos insolúveis em éteres, os quais podem influenciar nas propriedades de permeabilidade e dureza da amostra (Moreira et al., 2016). Sendo assim, a diferença entre os teores de extrativos em solvente orgânico para o caroço e a fibra sugerem que as amostras possuem diferentes comportamentos quanto à absorção de água e durabilidade. Uma vez que o caroço apresenta maior teor desses extrativos – os quais têm, em sua maior parte, caráter apolar – apresenta menor capacidade de absorção hídrica quando comparado com a fibra. Em contrapartida, como os extrativos são componentes de cadeia longa, eles apresentam maior resistência à quebra, aumentando a durabilidade do caroço.

Santos et al. (2020) analisaram o teor de extrativos em solvente orgânico utilizando um método semelhante ao empregado nesse trabalho para a madeira de mogno africano de alturas variadas, obtendo valor médio de 6,35%. Quando comparado esse dado com o obtido para o caroço de açaí, cujo valor foi de 10,7%, observou-se que a quantidade desse extrativo foi menor no mogno africano. Esse resultado pode estar relacionado com as substâncias extraídas nessa análise. O solvente orgânico extrai substâncias orgânicas de cadeia longa e caráter apolar, o que aumenta a impermeabilidade do material uma vez que a molécula de água tem caráter polar. Dessa forma, o caroço de açaí apresenta menor capacidade de absorção hídrica quando comparado com a madeira de mogno africano.

Ao fazer uma comparação com o valor dos extrativos solúveis em solvente orgânico obtido por Junior et al. (2013) analisando fibras de bambu cujo valor foi de 5,69%, observou-se que a fibra de açaí apresentou menor teor desse componente, sendo o teor obtido de 1,67%. Essa diferença pode estar relacionada às diferentes necessidades das amostras – enquanto a fibra de açaí é responsável por envolver o caroço, a fibra de bambu fornece sustentação à planta, indicando que a fibra de bambu apresenta maior rigidez quando comparada à fibra de açaí.



### 3.3. TEOR DE CINZAS

No geral, as cinzas são compostas por resíduos inorgânicos que são remanescentes da queima da matéria orgânica de uma determinada amostra, e são constituídas principalmente por elementos como potássio, sódio, cálcio, silício e magnésio, podendo apresentar em menores quantidades elementos como alumínio, cobre, ferro, manganês e zinco. Com o conhecimento do teor de cinzas de um material, pode-se avaliar seu potencial energético, em que quanto maior o teor de cinzas menor é o potencial energético, devido à menor quantidade de matéria orgânica.

Para determinação do teor de cinzas foram realizados experimentos em triplicata. O resultado obtido para a fibra foi de 1,4%, com desvio padrão de 0,043, e para o caroço foi de 3,41% com desvio padrão de 0,004.

Comparando os valores do teor de cinzas da fibra e do caroço, observa-se que a fibra apresentou um percentual menor, como o esperado, visto que a fibra é constituída, em sua maioria, por celulose, hemicelulose e lignina, caracterizando assim um maior potencial energético frente ao caroço.

### 3.4. TEORES LIGNOCELULÓSICOS

#### 3.4.1 TEOR DE LIGNINA

O valor do teor de lignina determinado para o caroço foi de 25,1% e para a fibra foi de 24,8%. A comparação desses resultados também foi feita por meio de um teste de hipóteses, considerando o cenário em que os desvios padrões populacionais são desconhecidos. A região crítica foi definida com graus de liberdade  $GL = 3$ , e com um nível de significância  $\alpha = 5\%$ . Desse modo os valores para rejeição da hipótese de igualdade das médias ( $H_0$ ) são  $t < -3,1825$  ou  $t > 3,1825$ . O valor de  $t$  calculado no teste foi de 0,22, estando dentro da região de aceitação de  $H_0$ . Portanto consideramos, a um nível de significância de 5%, que os valores dos teores de lignina para o caroço e para a fibra não apresentaram diferenças significativas.

Pereira et al. (2019) estudaram os processos químicos da extração de celulose em resíduos lignocelulósicos da bananicultura. Através dessa revisão bibliográfica foi observado que, de modo geral, as concentrações dos constituintes lignocelulósicos na biomassa variam muito de uma espécie vegetal para outra, ou até mesmo, dentro da mesma espécie. A Tabela 2 apresenta os resultados das análises dos teores lignocelulósicos para o caroço e fibra de açaí, com as respectivas médias e desvio padrão (entre parênteses).

Tabela 2. Resultados dos teores lignocelulósicos para o caroço e fibra.

Amostra	Teor Lignina (%)	Teor de Holocelulose (%)	Teor Hemicelulose (%)	Teor de Celulose (%)
Caroço	25,1 (2,08)	76,7 (2,15)	58,1	18,6 (1,44)
Fibra	24,8 (1,06)	73,0 (1,20)	26,8	46,2 (5,30)

Fonte: Autores (2023).

Ao comparar o teor de lignina no trabalho de Oliveira et al. (2020) para o caroço de açaí cujo valor foi de 18,3%, é possível observar que o caroço analisado no presente trabalho apresentou maior quantidade desse componente (25,1%). Essa diferença pode estar relacionada ao fato de que o resíduo estudado neste trabalho é proveniente de uma plantação



cultivada no estado da Bahia, enquanto Oliveira et al. (2020) utilizaram amostras providas do estado do Pará. As diferenças em termos de condições geográficas, tempo e temperatura em que as amostras foram cultivadas conferem necessidades biológicas diferentes para uma mesma espécie, resultando em quantidades diferentes de um mesmo componente.

Ao analisarmos o teor de lignina para a fibra cujo valor foi de 24,8% observou-se que esse foi superior ao determinado por Quirino (2010) quando analisou fibras de açaí da espécie *Euterpe oleracea* cujo valor foi de 10,2%. Esse resultado sugere que os teores de lignina podem variar entre espécies diferentes, uma vez que para o presente estudo foi utilizada a espécie *Euterpe oleracea*. Esse dado confirma a hipótese sugerida por Pereira et al. (2019), de que os materiais lignocelulósicos podem variar para o mesmo material estudando espécies diferentes.

É importante analisarmos a lignina, pois se trata de um polímero amorfo, altamente complexo e ramificado, que apresenta caráter fenólico. O teor de lignina está diretamente relacionado com a dificuldade de degradação do material (Oliveira et al., 2020), logo os dados obtidos nessa análise indicam que caroço e a fibra apresentam potencial para serem usados na síntese de novos materiais por apresentarem alto teor de lignina e, conseqüentemente, alto teor de durabilidade. Além disso, os dados também sugerem que devido ao fato desses serem bastante próximos, o teor de lignina determinado para ambas as amostras não deve variar a durabilidade química devido à presença desse componente.

### 3.4.2 TEOR DE HOLOCELULOSE

Foram feitas medidas relativas à determinação do teor de holocelulose do caroço e da fibra de açaí, cujos valores foram de 76,7% e 73%, respectivamente (Tabela 2). A análise desses resultados sugere que essa diferença pode ser atribuída aos diferentes percentuais de celulose e hemicelulose nas amostras, uma vez que holocelulose é um termo empírico usado para se referir à mistura de hemicelulose e celulose (Mesquita, 2013).

Quando se compara os valores determinados em relação ao teor de holocelulose para o caroço (76,7%) com os dados obtidos por Oliveira et al. (2020) que foram de 56,5% em relação ao caroço de açaí, foi possível perceber que os valores determinados neste trabalho foram superiores. Em relação ao teor de holocelulose obtido para a fibra de açaí (73%) foi observado o mesmo comportamento apresentado pelo caroço, esse foi superior ao valor de 67,6% determinado por Junior et al. (2013) analisando fibras naturais de bambu utilizando um método semelhante.

A hemicelulose é formada por uma classe heterogênea de polissacarídeos de baixo peso molecular, sendo o principal deles a xilose (Pereira et al., 2019). A desconstrução da hemicelulose para seus açúcares constituintes fornece dados acerca do teor de carbono na biomassa analisada, o que é um indicativo para o potencial uso dessa biomassa na produção de biocombustível (Oliveira et al., 2020).

Utilizando a equação 7, o teor de hemicelulose obtido para o caroço foi de 58,1% e para a fibra o valor foi de 26,8%, (Tabela 2). Esses dados sugerem diferentes quantidades desse componente nas amostras analisadas, indicando maior teor de carbono no caroço.



### 3.4.3 TEOR DE CELULOSE

Os valores obtidos para os teores de celulose do caroço e da fibra de açaí mostraram-se diferentes, conforme apresentados na Tabela 2. O valor determinado do teor de celulose para o caroço foi de 18,6%, e para a fibra foi determinado um teor de 46,2%. A principal característica da celulose é fornecer rigidez à parede celular, logo, os dados obtidos sugerem que a fibra apresenta maior dureza quando usada para produção de compósitos devido à maior quantidade desse componente.

Quando comparados o teor de celulose obtido para o caroço no trabalho realizado por Oliveira et al. (2020) de 40,3%, observou-se que o caroço analisado neste trabalho apresentou quantidade inferior de celulose, cujo valor foi de 18,6%. Essa diferença pode ser explicada porque a composição química de materiais lignocelulósicos varia de acordo com a região de cultivo, tipo de solo e condições climáticas (Mesquita, 2013).

A celulose, formada por monômeros de glicose, é amplamente utilizada como matéria-prima na fabricação de papel. Além disso, é empregada como agente de reforço de compósitos, na síntese de acetato de celulose para indústria de fármacos, de membranas semipermeáveis para extração de metais pesados, e na fabricação de biocombustíveis. Dessa forma, a extração da celulose apresenta-se como importante alternativa para agregar-se valor aos resíduos lignocelulósicos (Pereira et al., 2019).

### 3.5. TEOR DE HIDROFOBICIDADE

Os resultados referentes às análises de hidrofobicidade para o caroço e para a fibra do açaí estão apresentados na Tabela 3. Os teores de hidrofobicidade obtidos foram de 98,3% para o caroço e 92,5% para a fibra. Os dados sugerem que o caroço apresentou maiores propriedades hidrofóbicas em comparação com a fibra, o que pode estar relacionado às diferenças entre as estruturas das amostras. O caroço apresenta corpo de maior volume e espessura quando comparado à fibra, que possui forma estreita e fina. Essa estrutura morfológica do caroço dificulta a absorção hídrica, aumentando assim o teor de hidrofobicidade em relação ao da fibra.

Comparando-se o valor de hidrofobicidade obtido para a fibra do açaí, utilizada neste trabalho, com o teor de hidrofobicidade de fibras de coco de 38,6%, obtido por Annunciado, Sydenstricker e Amico (2005), utilizando-se métodos semelhantes de análise, observou-se que a fibra de açaí apresentou um teor de hidrofobicidade 2,4 vezes superior ao relatado na literatura. Esse é um dado que caracteriza a fibra de açaí com um alto valor de hidrofobicidade, o que sugere um potencial uso dessa fibra natural em materiais adsorventes em derramamento de óleos em corpos d'água (Annunciado et al., 2005).

A Tabela 3 apresenta os resultados dos teores de hidrofobicidade para o caroço e a fibra de açaí, com as respectivas médias e desvio padrão (entre parênteses).

**Tabela 3.** Resultados do teor de hidrofobicidade para o caroço e a fibra.

Amostra	Teor de hidrofobicidade (%)
Caroço	98,3 (2,08)
Fibra	92,5 (0,52)

Fonte: Autores (2023).



### 3.6. DENSIDADE

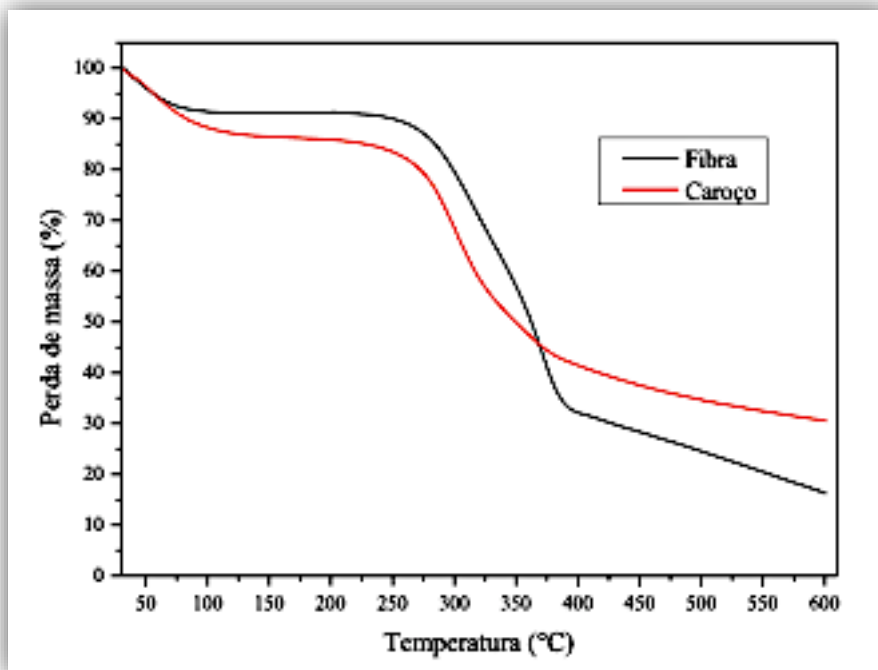
O diâmetro médio de cada caroço foi obtido pela média de suas medidas tridimensionais, obtidas por meio de um paquímetro. Após a determinação do diâmetro e a pesagem do caroço em balança analítica, utilizou-se a Equação 8 para o cálculo da densidade. O resultado obtido foi uma densidade média de 1,27 g/cm<sup>3</sup> para o caroço do açaí, com um desvio padrão de 0,123.

A análise da densidade do caroço do açaí é fundamental para que suas propriedades físicas, químicas, térmicas e mecânicas sejam compreendidas, pois essas propriedades são influenciadas pelos espaços vazios existentes entre as partículas do material (Barbosa, Rebelo, Martorano, & Giacón, 2019). Além disso, essa característica influencia no transporte e no armazenamento do material, pois quanto mais denso for o material menor será o volume ocupado por uma determinada massa (Faustino, Santana, Cerqueira, Ataíde, & Cardoso, 2019).

### 3.7. ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

Na Figura 2 são mostradas as curvas de TGA em que são descritas a percentagem de perda de massa em função da temperatura durante o aquecimento da amostra até 600°C. Na Figura 3 são mostradas as curvas de DTG que representam a primeira derivada das curvas de TGA e refletem a variação da massa em relação ao tempo, sendo expressas em função da temperatura. Na Tabela 4 são apresentados os dados resultantes da interpretação dos gráficos de TGA e DTG, nos quais são evidenciadas as principais etapas de degradação com as respectivas porcentagens de perda de massa para cada faixa de temperatura analisada.

Figura 2. Curvas de TGA da fibra e do caroço de Açaí.

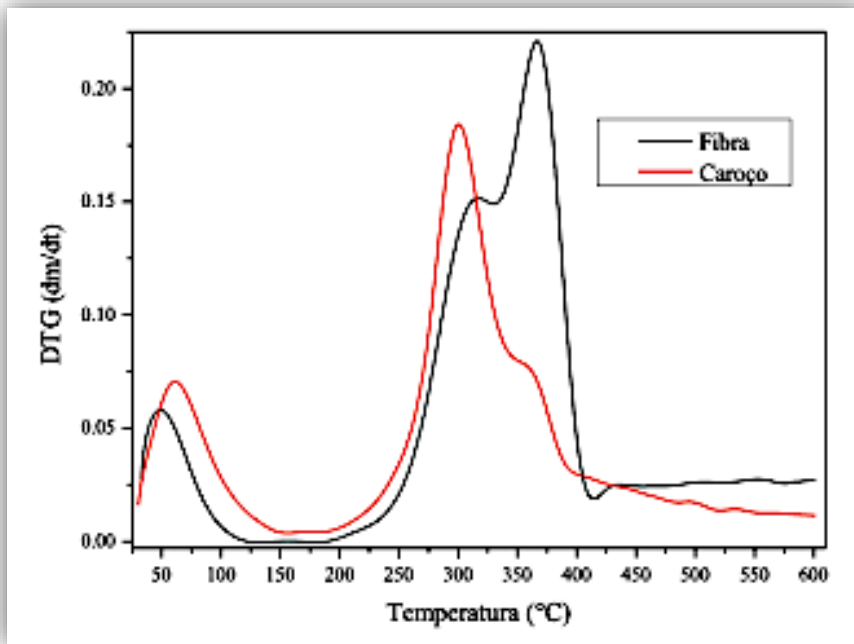


Fonte: Autores (2023).





Figura 3. Curvas de DTG da fibra e do caroço de Açaí.



Fonte: Autores (2023).

Tabela 4. Resultados da Análise Termogravimétrica do caroço e da fibra.

Amostras	Faixa de Temperatura (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Perda de massa (%)
Fibra	30 - 120	50	9
	190 - 330	315	25
	330 - 415	365	35
	415 - 600	-	15
Caroço	30 - 155	60	14
	185 - 350	300	36
	350 - 400	360	9
	400 - 600	-	10

Fonte: Autores (2023).

Nas Figuras 2 e 3 é possível observar que a fibra apresentou quatro etapas de perda de massa, no qual a primeira etapa ocorreu na faixa que vai da temperatura ambiente até a de 120°C, com perda de 9% de massa que corresponde à perda de umidade. A segunda etapa ocorreu na faixa de temperatura de 190°C a 330°C, em que houve uma perda de 25% de massa, relacionada à decomposição da hemicelulose e à quebra das ligações da celulose. A terceira etapa ocorreu na faixa de temperatura de 330°C a 415°C, com perda de 35% de massa, que é decorrente da decomposição final da celulose, e decomposição parcial da lignina. A quarta etapa ocorreu na faixa de 415°C a 600°C, com perda de 15% de massa, relacionada à decomposição final da lignina e resíduos (Martins, Mattoso, & Pessoa, 2009).

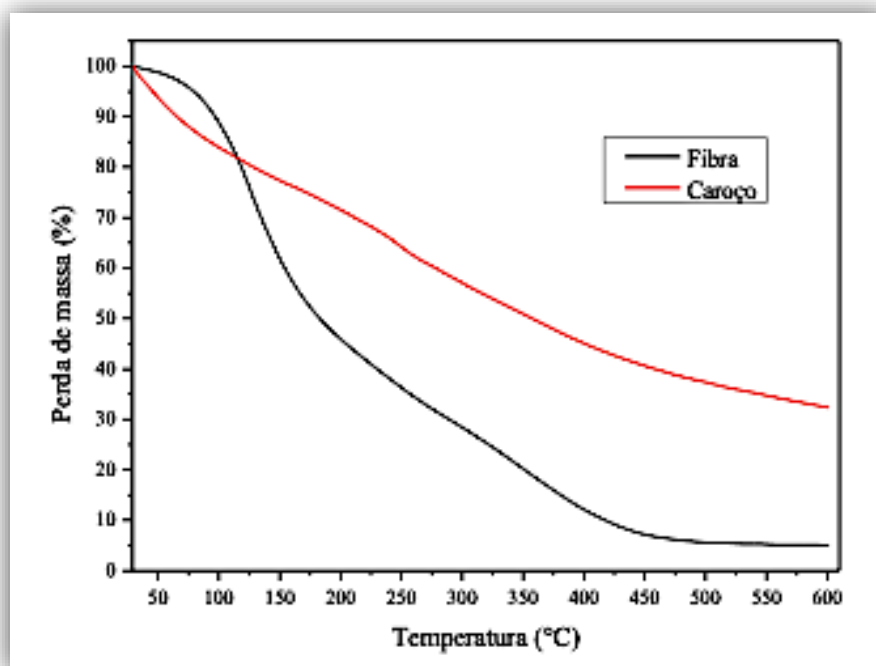


Em relação ao caroço, também é possível observar, nas Figuras 2 e 3, quatro etapas de degradação, sendo que a primeira etapa ocorreu na faixa que vai da temperatura ambiente até a de 155°C, com perda de 14% de massa, correspondente à perda de umidade. A segunda etapa ocorreu na faixa de temperatura de 185°C a 350°C, em que houve uma perda de 36% de massa, relacionada à degradação da hemicelulose e à quebra das ligações da celulose. A terceira etapa de perda de massa ocorreu na faixa de temperatura de 350°C a 400°C, com perda de 9% de massa, que é decorrente da decomposição final da celulose, e decomposição parcial da lignina. A quarta etapa ocorreu na faixa de 400°C a 600°C, com perda de 10% de massa, relacionada à decomposição final da lignina e resíduos (Martins et al., 2009).

Analisando a faixa de temperatura compreendida entre 185°C a 350°C atribuída à degradação da hemicelulose (dados mostrados na Figura 3 e Tabela 4) é possível afirmar que existe maior porcentagem de hemicelulose no caroço (36%) do que na fibra (26%). Em relação à quantidade de celulose, que degradou na faixa de temperatura compreendida entre 330°C a 415°C, é possível concluir que o caroço possui menor quantidade de celulose (9%) do que a fibra (35%). Esses dados estão em conformidade com os dados apresentados na Tabela 2, que mostram os resultados da extração dos teores lignocelulósicos, no qual o caroço apresentou 58,1% de hemicelulose, enquanto a fibra apresentou 26,8%. E a fibra apresentou 46,2% de celulose enquanto o caroço apresentou 18,6%.

Os resultados obtidos referentes à análise termogravimétrica dos extrativos solúveis em solvente orgânico para a fibra e para o caroço são mostrados nas Figuras 4 e 5. Os dados resultantes da interpretação desses são mostrados na Tabela 5.

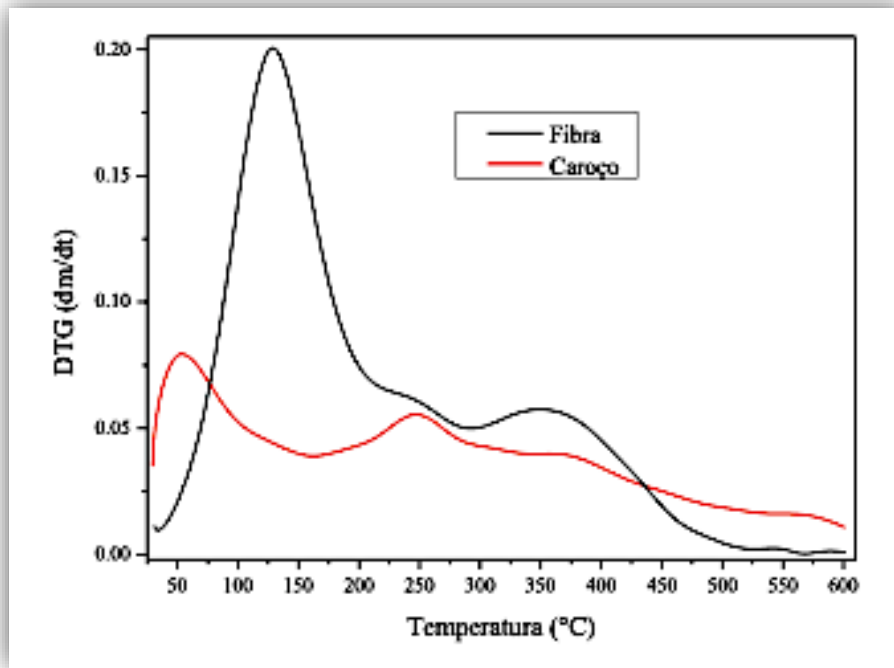
Figura 4. Curvas de TGA dos extrativos orgânicos da fibra e do caroço de Açaí.



Fonte: Autores (2023).



Figura 5. Curvas de DTG dos extrativos orgânicos da fibra e do caroço de Açai.



Fonte: Autores (2023).

Tabela 5. Análise Termogravimétrica dos extrativos solúveis em solvente orgânico para a fibra e caroço.

Amostras	Faixa de Temperatura (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Perda de massa (%)
Extrativos Fibra	30 - 220	130	58
	220 - 290	245	12
	290 - 520	350	24
	520 - 600	-	1
Extrativos Caroço	30 - 160	55	24
	160 - 345	245	25
	345 - 550	380	17
	550 - 600	-	2

Fonte: Autores (2023).

Pela análise dos gráficos de TGA (Figura 4) e de DTG (Figura 5) e os dados da Tabela 5, pode-se observar quatro etapas de degradação para os extrativos da fibra. A primeira etapa ocorreu entre a temperatura ambiente e 220°C, com perda de 58% de massa. A segunda etapa ocorreu entre 220°C e 290°C, com perda de 12% de massa. A terceira etapa ocorreu entre 290°C e 520°C, com perda de 24% de massa. A etapa final ocorreu entre 520°C e 600°C, com perda de 1% de massa.

Em relação aos extrativos do caroço pode-se observar que também houve quatro etapas de perda de massa, no qual a primeira etapa ocorreu entre a temperatura ambiente e 160°C com



perda de 24% de massa. A segunda etapa ocorreu entre 160°C e 345°C com perda de 25% de massa. A terceira etapa ocorreu entre 345°C e 550°C com perda de 17% de massa. A última etapa ocorreu entre 550°C e 600°C com perda de 2% de massa.

De forma geral pode-se afirmar que a primeira etapa de perda de massa, tanto em relação aos extrativos da fibra como do caroço, observada na Figura 5, sugere que uma grande parte da massa dos extrativos perdida inicialmente pode estar relacionada à presença dos solventes utilizados na extração e também pela presença de umidade. Os solventes utilizados foram Tolueno e Etanol, com pontos de ebulição de 110,6°C e 78,3°C, respectivamente. Pela análise da Figura 4 observa-se que até a temperatura de 110°C, houve uma perda de 16% de massa dos extrativos orgânicos da fibra, e 17% dos extrativos do caroço.

#### 4. CONCLUSÃO

O percentual absolutamente seco obtido foi de 85,1% para o caroço e de 90% para a fibra. É desejável que materiais lignocelulósicos tenham teor de umidade menor que 15% para posteriores análises, portanto o processo de secagem empregado nas amostras foi adequado, eliminando possíveis interferências em análises subsequentes.

A análise do teor de extrativos apresentou maior quantidade de extrativos no caroço quando comparado à fibra de açaí, isso sugere que fibra tenha maior potencial uso para produção de materiais como compósitos ou reforços poliméricos, uma vez que o alto teor de extrativos dificulta a adesão das partículas entre matriz e reforço. O resultado da análise do teor de cinzas obtido foi de 1,4% para a fibra e 3,41% para o caroço, demonstrando o potencial desses resíduos para geração de energia, pois apresentaram baixo teor de cinzas.

Os teores de lignina obtidos para caroço e fibra, 25,1% e 24,8% respectivamente, não apresentaram diferenças significativas, o que sugere que ambas amostras apresentam o mesmo potencial de uso para síntese de novos materiais. O alto teor de hemicelulose para o caroço (58,1%) quando comparado ao teor obtido para a fibra (26,8%) indica que o caroço apresenta maior teor de carbono em sua composição. Essa característica sugere que o caroço poderá ser utilizado para a síntese de biocarvão, uma vez que é desejável alta quantidade de carbono em matérias-primas utilizadas para esse fim. A fibra apresentou maior teor de celulose (46,2%) em comparação com o caroço (18,6%). Isso indica que a fibra pode ser explorada para extração da celulose e posterior aplicação nos mais diversos ramos da indústria, como fabricação de papel, adesivos e bioplásticos. Os teores de hidrofobicidade entre caroço e fibra mostraram-se aproximados, sendo de 98,3% e 92,5%, respectivamente. Esse resultado indicou que ambas as amostras podem ser utilizadas como materiais adsorventes em derramamento de óleos em corpos d'água, entretanto seriam necessários posteriores estudos para aplicação do caroço para esse fim.

A densidade média do caroço foi de 1,27 g/cm<sup>3</sup>, sendo possível compreender, com esse valor, outras propriedades físico-químicas e mecânicas, além de ser possível prever condições de transporte e armazenamento do material. A fibra do açaí apresentou estabilidade térmica até 190°C, e o caroço apresentou estabilidade térmica até 185°C e ambos os processos de degradação ocorreram em quatro etapas. O processo de degradação dos extrativos do caroço e da fibra também ocorreu em quatro etapas. Os extrativos solúveis em solvente orgânico da fibra e do caroço apresentaram comportamento térmico semelhante ao comportamento de óleos vegetais, pois foi possível observar faixas de degradação que correspondem à decomposição de ácidos graxos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anunciado, T. R., Sydenstricker, T. H. D., & Amico, S. C. (2005). Experimental investigation of various vegetable fibers as sorbent materials for oil spills. *Marine Pollution Bulletin*, 50(11), 1340-1346. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.04.043>
- Barbosa, A. de M., Rebelo, V. S. M., Martorano, L. G., & Giacon, V. M. (2019). Caracterização de partículas de açaí visando seu potencial uso na construção civil. *Revista Matéria*, 24(3), 1-11. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620190003.0750>
- Cordeiro, T. R., Paula, C. C. de A., Sousa, D. R., de, & Amorim, M. S. (2017). Aproveitamento do Caroço do Açaí Como Fonte de Energia Térmica Para as Olarias do Município de Bragança Pará. *Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, Campo Grande, MS, Brasil, 8, 8p. Recuperado de <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/XI-050.pdf>
- Faustino, F. C., Santana, J. A. Jr., Cerqueira, D. A., Ataíde, C. H., & Cardoso, C. R. (2019). Evaluation of the Pyrolytic Potential of Agro-Industrial Wastes from Rice and Corn. *Revista Virtual de Química*, 11(6), 1882-1893. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20190131>
- Gasparini, K. A. C., Fonseca, M. D. S., Pastro, M. S., Lacerda, L. C., & Santos, A. R. dos. (2015). Agroclimatic zoning of acai crop (*Euterpe oleracea Mart.*) for the state of Espírito Santo. *Revista Ciência Agronômica*, 46(4), 707-717. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150057>
- Goulart, L., Brandes, R., Souza, L., Carminatti, C. A., Mikowski, A., Michél, M. D., Oliveira, E. M., & Recouvreux, D. O. S. (2016). Preparação e Caracterização do Biocompósito Amido Termoplástico/Fibras de Açaí. *Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*, Natal, RN, Brasil, 22, 8529p. Recuperado de <https://docplayer.com.br/66348964-Preparacao-e-caracterizacao-do-biocomposito-amido-termoplastico-fibras-de-acai.html>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2020). *Produção agrícola municipal*. Recuperado de <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>
- Junior, M. G., Novack, K. M., Botaro, V. R., Protásio, T. de P., & Couto, A. M. (2013). Caracterização Físico-Química de Fibra e Polpas de *Bambusa vulgaris* Schrad Para Utilização em Compósitos Poliméricos. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 33(1), 33-42. Recuperado de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0255-69522013000100004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0255-69522013000100004)
- Martins, L. H. da S., Konagano, E. M. H., Souza, R. L. L. da S., & Lopes, A. S. (2020). Análise físico-química de diferentes resíduos agroindustriais para possível utilização na indústria. *Brazilian Journal of Development*, 6(2), 6936-6948. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-116>
- Martins, M. A., Mattoso, L. H. C., & Pessoa, J. D. C. (2009). Comportamento térmico e caracterização morfológica das fibras de mesocarpo e caroço do açaí (*Euterpe oleracea Mart.*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(4), 1150-1157. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000400032>
- Mesquita, A. de L. (2013). *Estudos de processos de extração e caracterização de fibras do fruto do açaí (Euterpe oleracea Mart.) da Amazônia para produção de ecopainel de partículas de média densidade* (Tese de doutorado). Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil. Recuperado de <https://proderna.proesp.ufpa.br/ARQUIVOS/teses/Antonio.pdf>
- Moreira, E. L., Fazon, H., & Ribeiro, E. S. (2016). Variação dos Teores de Extrativos de Três Espécies Florestais. *Revista Biodiversidade*, 15(2), 163-172. Recuperado de <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/3969>
- Oliveira, J. A. R. de, Passos, M. F., & Conceição, A. C. da. (2020). Alkaline Hydrogen Peroxide Pretreatment of Açaí Seeds Waste (Asw) for Fermentable Sugars and Ethanol Production. *International Journal of Advances in Engineering & Technology - IJAET*, 13(2), 49-56. <http://dx.doi.org/10.7323/ijaet.2020.v13i2.003>
- Pereira, N. R. L., Anjos, F. E., dos., & Magnago, R. F. (2019). Lignocellulosic Residues of Banana Cultivation: a review of the cellulose extraction chemical processes. *Revista Virtual de Química*, 11(4), 1165-1179. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20190080>
- Quirino, M. G. (2010). *Estudo de matriz polimérica produzida com resina natural e fibra da semente de açaí (Euterpe precatória)* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil. Recuperado de <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/3472>
- Sadh, P. K., Duhan, S., & Duhan, J. S. (2018). Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresources And Bioprocessing*, 5(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>
- Santos, L. H. de O., Alexandre, F. S., Mendoza, Z. M. dos S. H. de., Souza, É. C. de., Borges, P. H. de M., Mariano, R. R., Diaz, L. M. G. R., & Nunes, C. A. (2020). Características Químicas e Físicas da Madeira de Mogno Africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). *Nativa*, 8(3), 361-366. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i3.9526>
- Sato, M. K., Lima, H. V., de., Costa, A. N., Rodrigues, S., Pedroso, A. J. S., & Maia, C. M. B. de F. (2019). Biochar from acai agroindustry waste: study of pyrolysis conditions. *Waste Management*, 96(1), 158-167. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.07.022>

