



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMPÓSITOS DE RESINA BENZOXAZINA / BIOMASSA EXTRAÍDA DO RESÍDUO DA LAVAGEM DO AÇAÍ: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

Aluno: José Aloisio Lopes de Carvalho

Orientadora: Profa. Dra. Cirlene Fourquet Bandeira

Co-orientador: Prof. Dr. Sergio Roberto Montoro

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

**Materiais e
Metodologia**

Resultados e discussão

Considerações Finais



Compósitos > dois ou mais materiais, que são unidos para se obter produtos com características desejadas, tais como:

Introdução

- **Melhor resistência mecânica e tenacidade**
- **Densidade menor.**

Objetivo

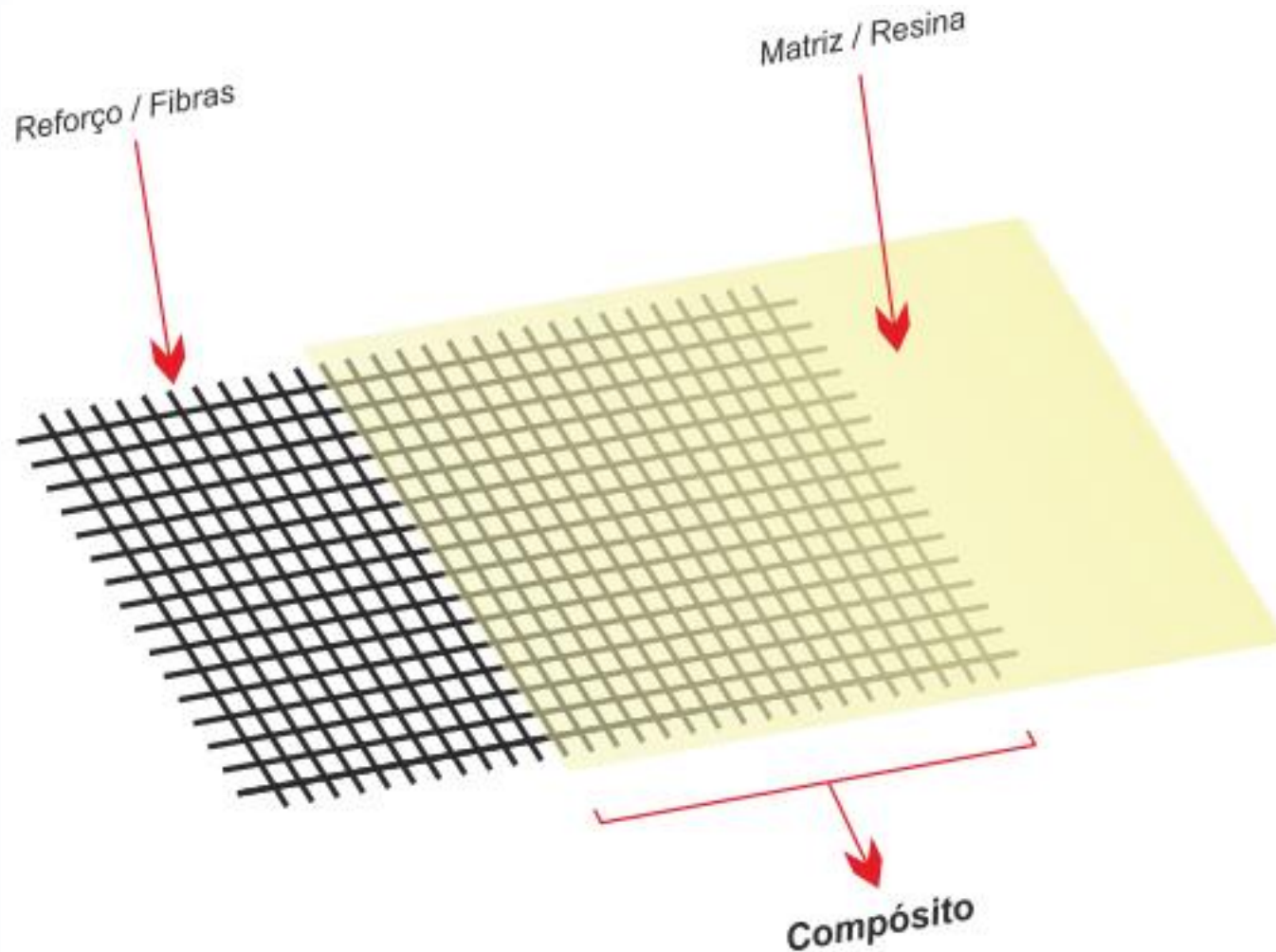
Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



Obs: Sem uma reação química entre eles.

- egípcios já faziam uso de materiais compósitos, eles usavam a palha para reforçar tijolos de barro.



- Fibras de sisal são utilizadas na construção civil.



Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

**COMPÓSITO POLIMÉRICO
ESCOLHIDO**



**SOLUÇÃO PARA RESÍDUO
INDUSTRIAL**



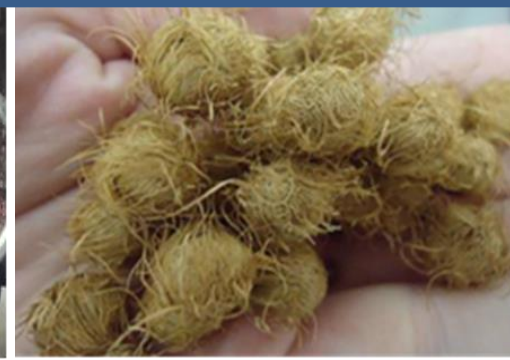
**RESÍDUO DA
AGRO
INDUSTRIA
DO AÇAÍ**

**RESINA DE ÚLTIMA GERAÇÃO
Usada na indústria aeronáutica**



**RESINA
BENZOAZINA**

**COMPÓSITOS DE RESINA BENZOAZINA + BIOMASSA
VEGETAL EXTRAÍDA DO RESÍDUO DA LAVAGEM DO AÇAÍ.**



O objetivo central da pesquisa neste trabalho é:

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



Benzoxazine Thermoset Resins



Uso de matriz com resina polimérica de última geração (Benzoxazina)

Busca para redução de resíduos no processo de extração do suco da polpa do açaí

Desenvolver/ caracterizar compósitos com matriz de resina benzoxazina reforçados com a biomassa obtida a partir do resíduo da lavagem do açaí.

Objetivo específico:

Introdução

Objetivo

Justificativa

7

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

**Tratamento da
biomassa do
resíduo da
lavagem do açaí**

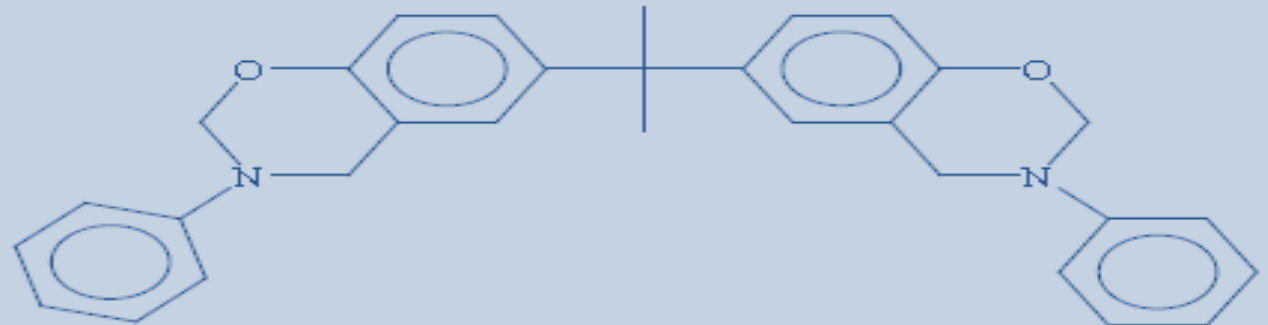
**Caracterização
da biomassa do
resíduo da
lavagem do açaí**

**Caracterização
da resina
benzoxazina**

**Preparar
compósitos
benzoxazina +
biomassa do
açaí**

**Caracterizar
compósitos
benzoxazina +
biomassa do
açaí**

**Avaliação do
desempenho
dos compósitos**



O trabalho justifica-se nos seguintes âmbitos:

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



- Reduz o impacto ambiental.
- recurso renovável, biodegradável e reciclável.
- ajuda na redução de resíduos nos aterros sanitários.



- estudos para o aproveitamento de resíduos.
- desenvolvimento de produtos com características melhoradas.
- inovação tecnológica.



- custo inicialmente baixo, < fibras sintéticas (vidro ou de carbono).
- fonte alternativa de renda.
- possibilidade de desenvolvimento tecnológico e industrial.

Classificação de compósitos poliméricos convencionais, segundo a disposição do reforço.

Introdução

Objetivo

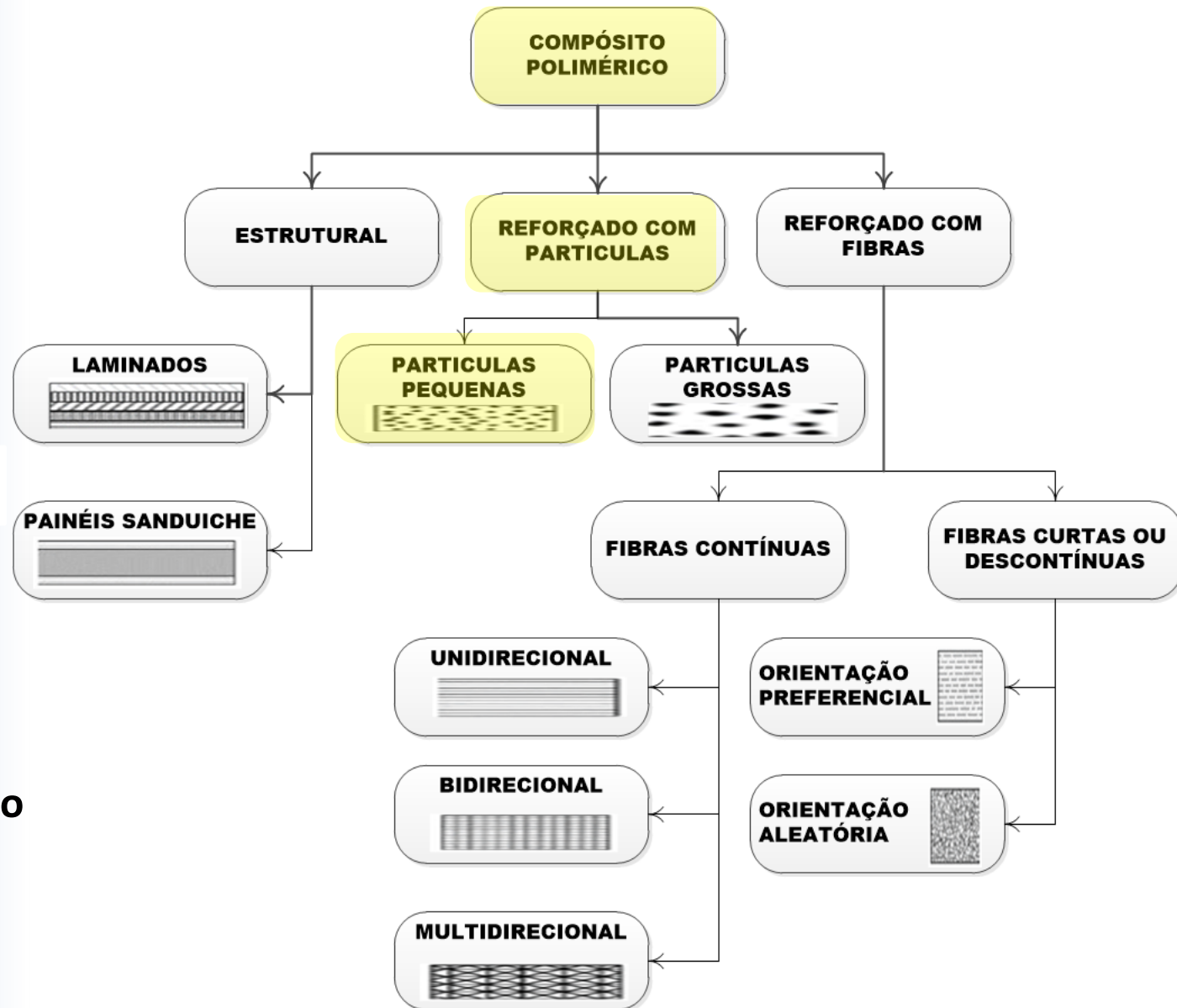
Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



Introdução

Objetivo

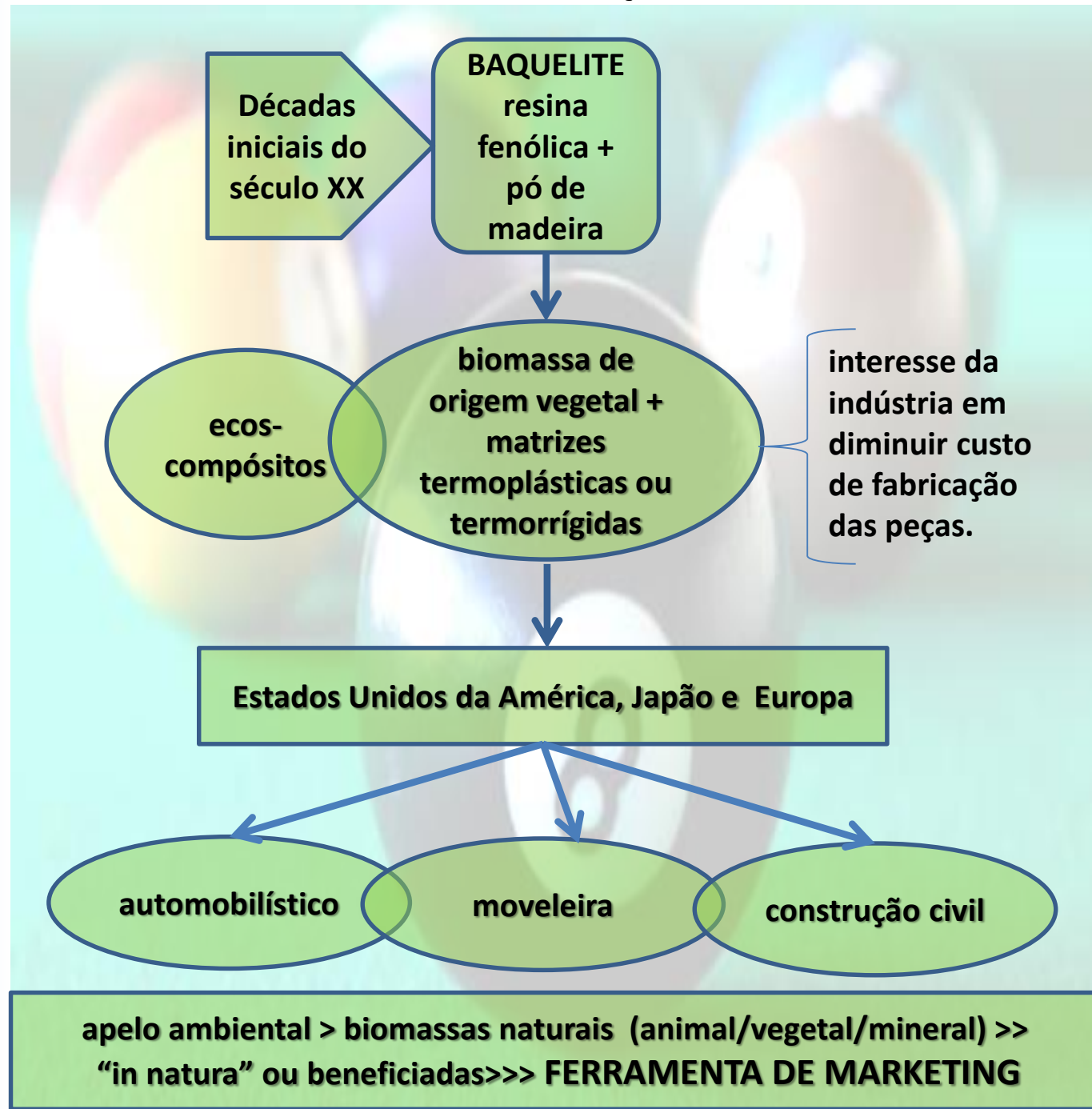
Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



OBJETIVO DO TRATAMENTO SUPERFICIAL NA BIOMASSA DE ORIGEM VEGETAL

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Procura-se melhorar a interface entre a resina e o reforço para maior aderência matriz/fibra.

- **Alteram as características como a hidrofiliicidade, rugosidade superficial entre outros.**
- **Transmitem melhor os esforços do carregamento da matriz para o reforço.**
- **provocam a exclusão total, ou parcial da hemicelulose e da lignina.**
- **Dentre estes tratamentos, os mais conhecidos são a extração alcalina, o tratamento hidrotérmico e o organosolv.**

TRATAMENTOS SUPERFICIAIS FEITOS NOS REFORÇOS DE ORIGEM VEGETAL

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Métodos físicos	Métodos Químicos	Métodos Biológicos	Métodos Combinados
Vapor	Ozonólise	Pré-tratamento por fungos (de composição branca, parda)	Explosão a vapor
Radiação	Hidrólise com ácido diluído (H_2SO_4 , HCl , HNO_3 , H_3PO_4)	Pré- tratamento Bioorganossolv (tratado com Ceriporiopsis subvermispara seguido de etanólise)	Hidrotérmico
Moinho de bola	Hidrólise com ácido concentrado (H_2SO_4)		SO_2 e Vapor
Moinho do tipo martelo	Ácido Acético		NO_2 e irradiação
Barra giratória	Hidrolise com ácido concentrado (H_2SO_4)		Alcalino e moinho de bolas
Umidificação	Amônia		Amônia a vapor (AFEX)
Água quente	SO_2		Explosão com CO_2
Pirólise	Designificação oxidativa		
	Processo Organossolv		

PROCESSAMENTO DOS COMPÓSITOS

Introdução

Objetivo

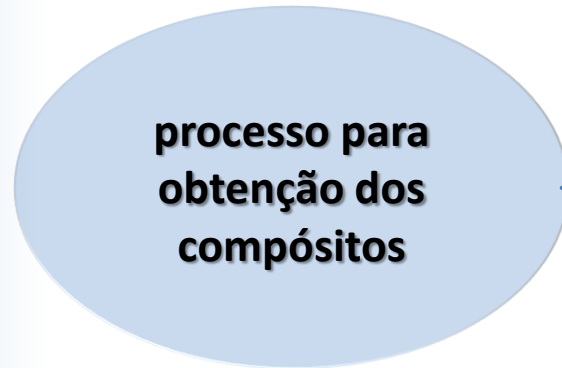
Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

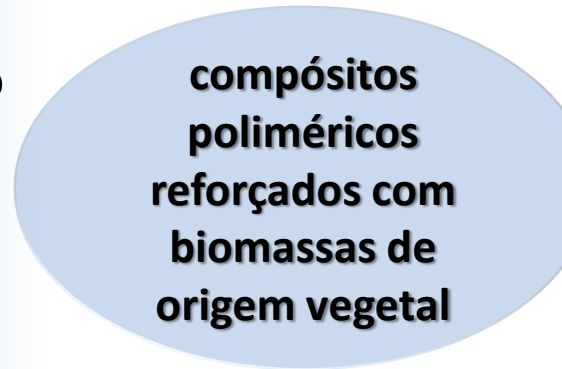
Considerações Finais



- de acordo com o tipo de matéria-prima e matriz utilizada.
- considera o tamanho e geometria da peça.
- microestrutura desejada.



- Processamento por pultrusão, laminação, filamento winding, branding ou moldagem.
- processamento manual ou mecânico.
- moldes abertos ou fechados.



- têm uma estrutura essencialmente hidrofílica incompatível com matrizes hidrofóbicas.
- poderá haver aglutinação das fibras.
- Podem sofrer termo-oxidação (>160°C) e escurecer.

O PROCESSO DE CURA DOS COMPÓSITOS

Etapas do processo de cura:

Introdução

(a) Etapa inicial: a partir de um monômero,

Objetivo

(b) Segunda etapa: ocorre a formação de oligômeros;

Justificativa

(c) Terceira etapa: ocorre a polimerização atingindo o ponto de gel;

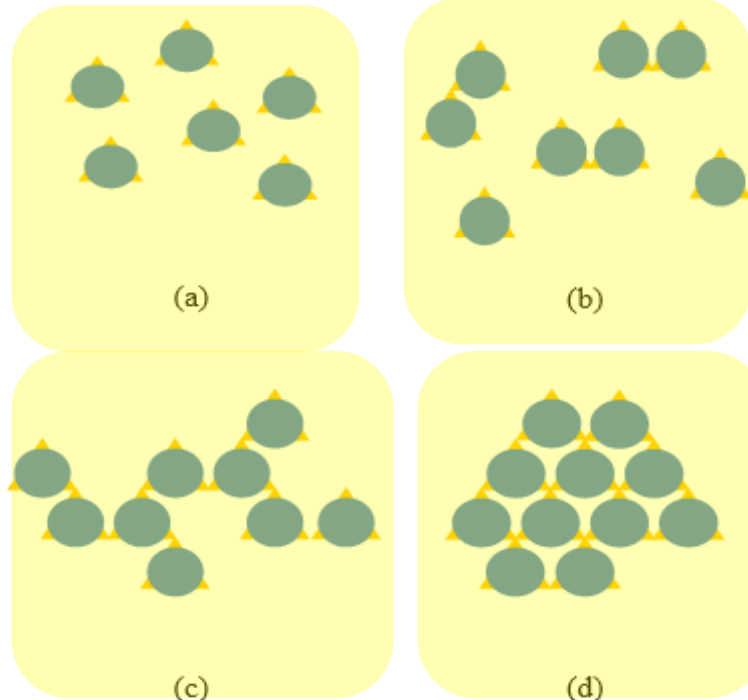
(d) Etapa final: cura.

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



O COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS COMPÓSITOS

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Nos compósitos poliméricos com reforço de biomassa vegetal.

- matriz e reforço podem apresentar temperaturas de degradação diferentes.
- exposição ao calor acelera o processo de degradação.
- interfere na estabilidade do material .

As análises térmicas são fundamentais para definir a utilização ou não de um determinado material.

**Técnicas mais conhecidas:
TERMOGRAVIMETRIA (TGA)**

**CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL
(DSC)**

TGA - TERMOGRAVIMETRIA.

mede-se a mudança da massa em função da temperatura ou tempo, quando a amostra está submetida à uma programação controlada de temperatura.

Introdução

Objetivo

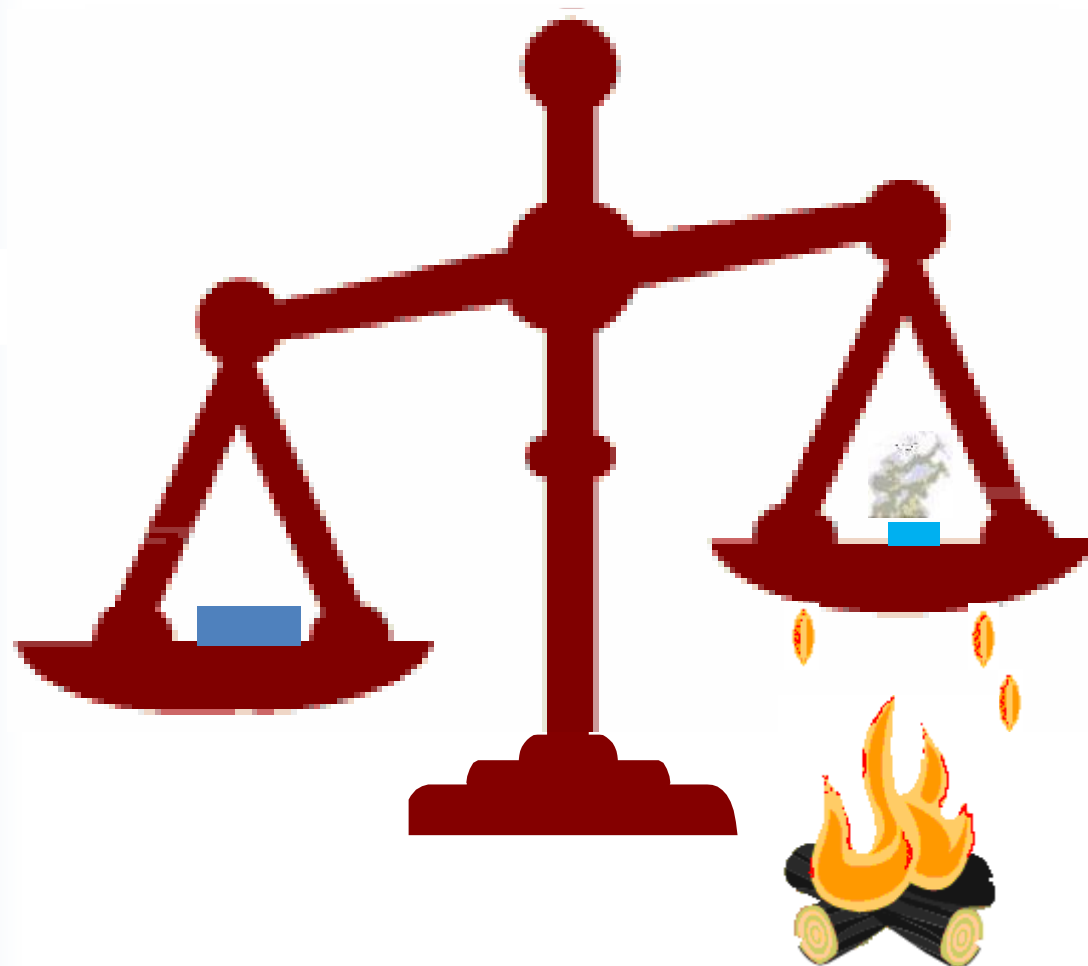
Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



DSC - CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL

mede-se a diferença de energia fornecida à substância e a um material de referência, em função da temperatura ou tempo, quando ambos são submetidos à uma programação controlada de temperatura.

Introdução

Objetivo

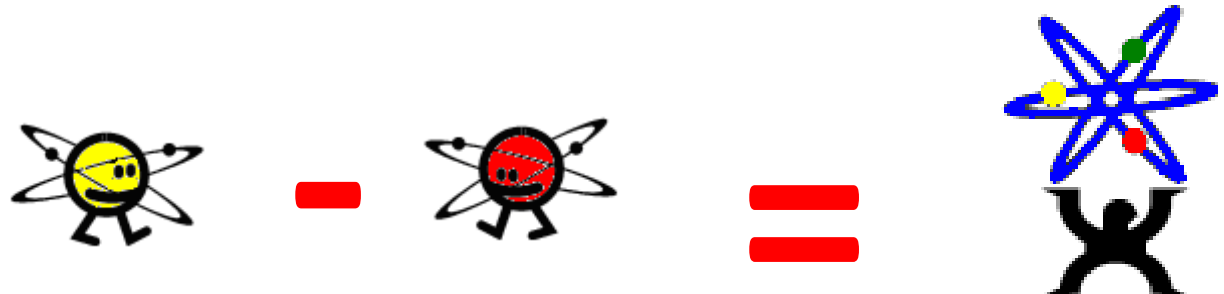
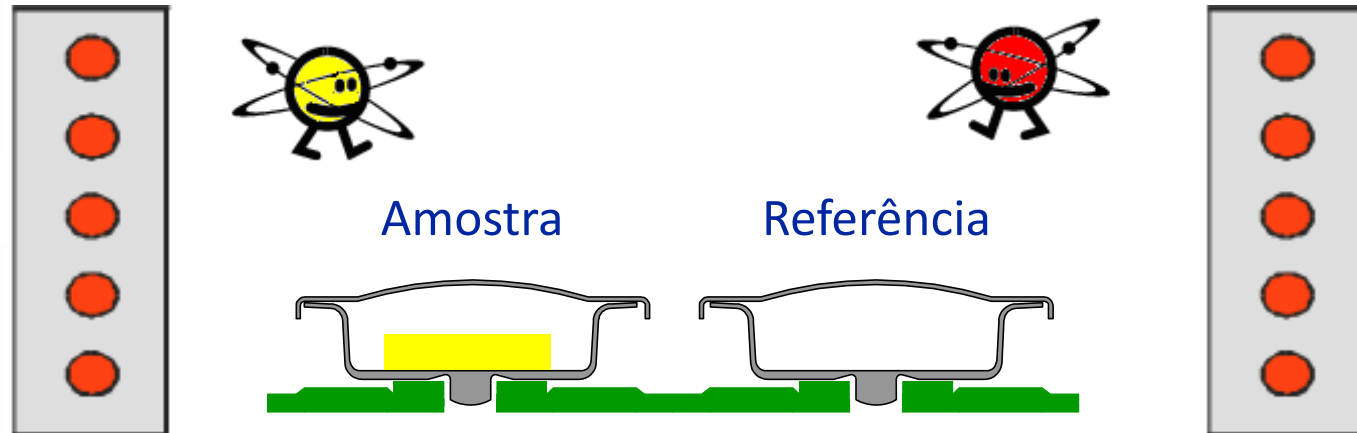
Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

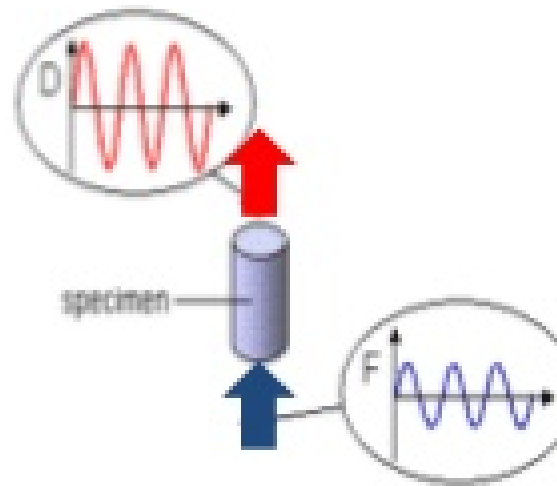
Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Análise Dinâmico-Mecânica (DMA).

Determinação das propriedades mecânicas de uma amostra sob uma carga oscilante e, em função da temperatura, tempo e frequência.



A biomassa do açaí

O açaizeiro (*Euterpe oleracea*) pode ser considerado como a palmeira de maior importância econômica, social e cultural da região norte do Brasil, onde o Estado do Pará se destaca como maior produtor e consumidor.

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



Introdução

Objetivo

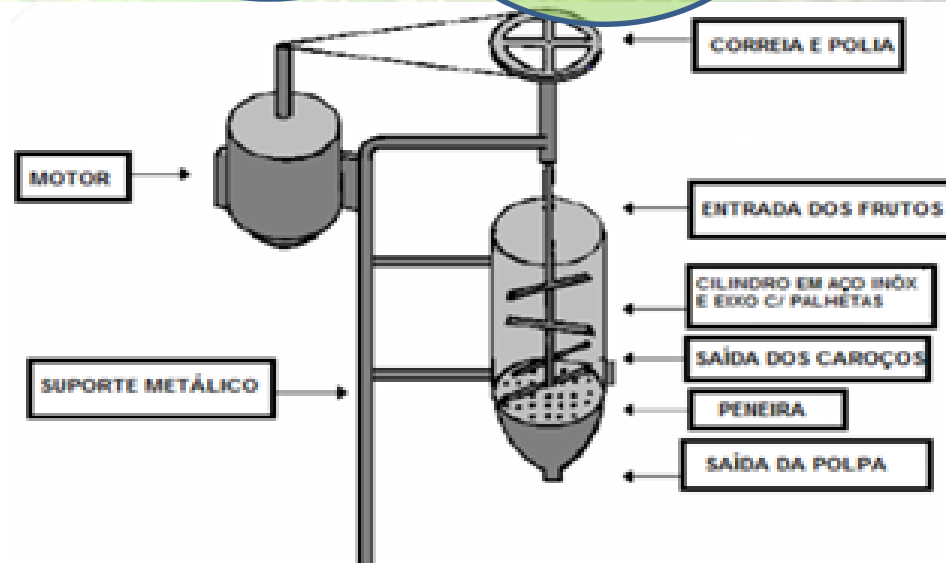
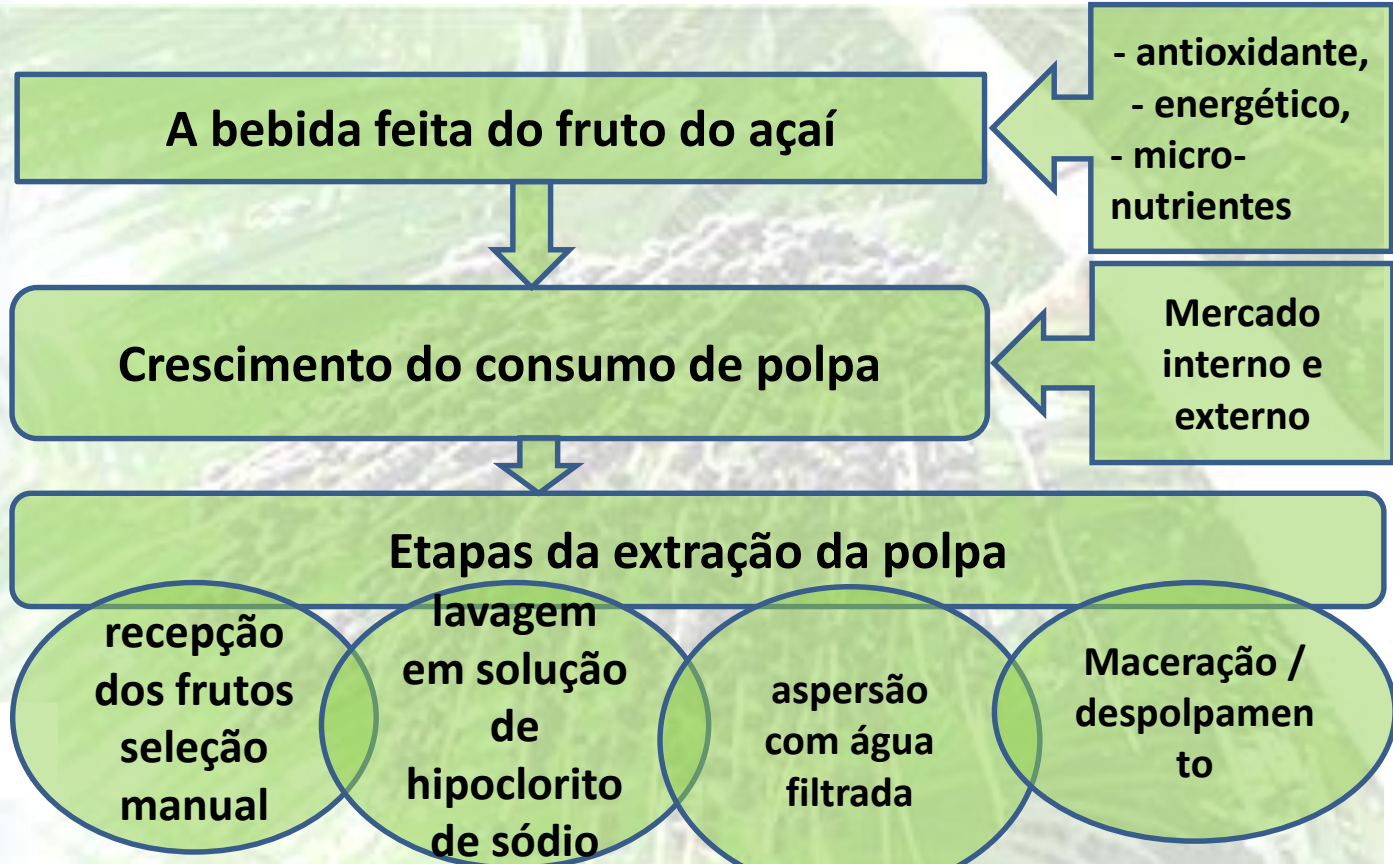
Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Resíduo gerado no processo de despulpamento.

Resíduo de lavagem

retirado no fundo da peneira com malha de 0,6 mm no processo de despulpamento mecânico do açaí realizado em máquinas elétricas.

é constituído por particulado de cascas, fibras mesocárpicas e caroços.

Aproveitamento dos resíduos da agroindústria do açaí:

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

fonte alternativa energia

- Queima em caldeiras.

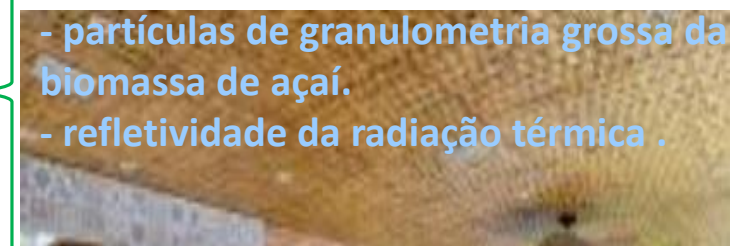


Produção de fertilizantes



forros eco-alternativos

- partículas de granulometria grossa da biomassa de açaí.
- refletividade da radiação térmica .



fibrocimentos

- fabricação de telhas, placas (ou painéis de vedação), pisos intertravados, concretos e pré-moldados de cimento Portland

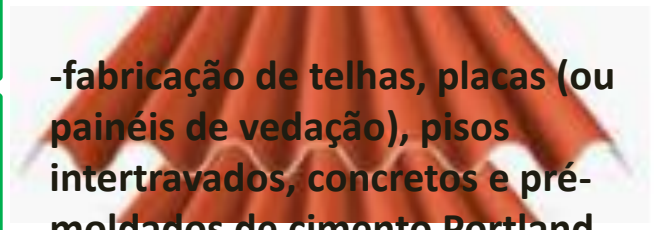


Gráfico do resíduo gerado com a extração da polpa de açaí em 2014 [t/ano]:

Introdução

Objetivo

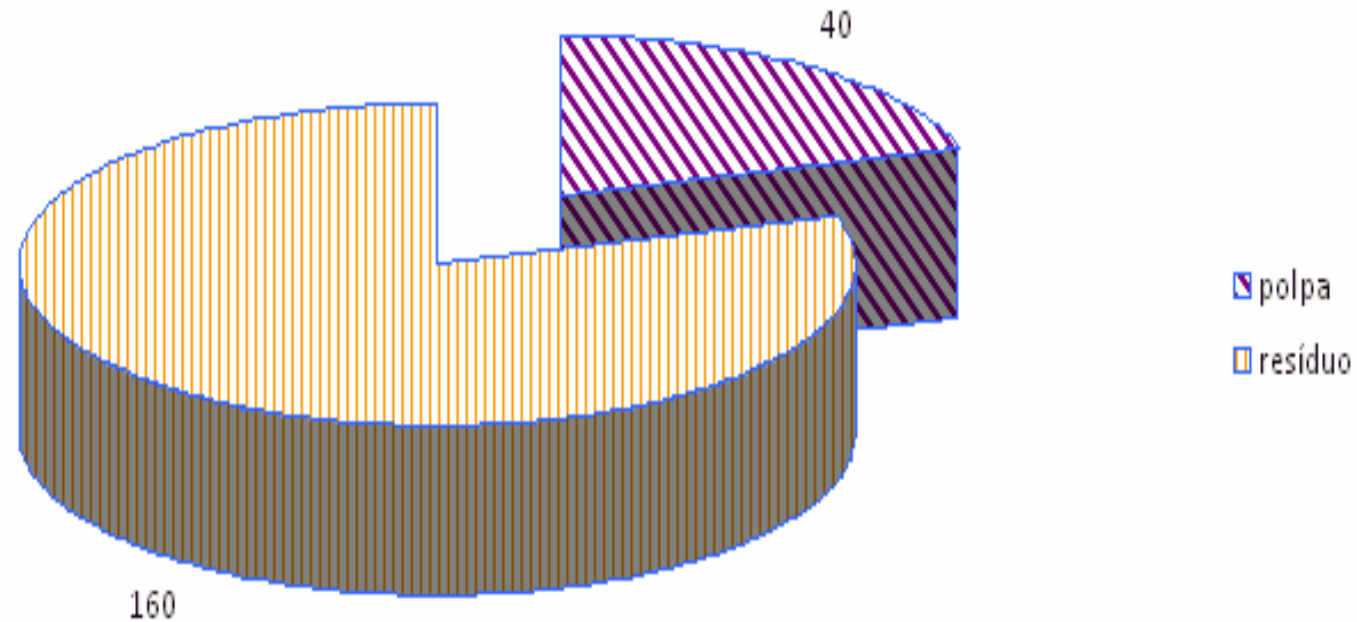
Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



A biomassa do açaí

Descarte do resíduo do açaí após processamento

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



A resina benzoxazina.

É uma resina termorrígida pertencente à classe das resinas fenólicas.

Introdução

Objetivo

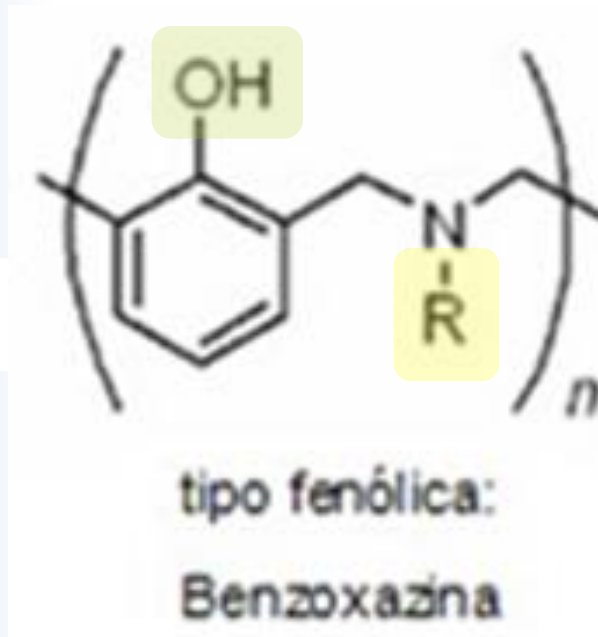
Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



- A presença de **radicais (R)** dos mais variados tipos, possibilita a fabricação de resinas benzoxazinas com diversos comportamentos mecânicos e térmicos.
- as características do produto resultante da reação são modificadas pela posição das hidroxilas (OH).
- A resina benzoxazina se apresenta em isômeros variados.

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Resinas Benzoxazinas – possuem propriedades que as fazem interessantes para uso em aplicações variadas:

boa estabilidade
térmica e
dimensional

são resistentes ao fogo, emitindo uma quantidade baixa de fumaça quando queimadas, resultando também em uma quantidade relativamente grande de carbono fixo, em aproximadamente 50 % em massa durante a pirólise

absorção de
umidade baixa

Propriedades que levam a utilização desta resina em aplicações diversas, desde materiais convencionais de consumo até em componentes para a indústria aeroespacial de alta tecnologia.

elevada
resistência
química

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

A resina benzoxazina.

Flexível aplicação em grande variedade de produtos.

Supera as propriedades das tradicionais resinas epóxi e fenólicas para utilização na indústria aeroespacial.

Não necessita de catalisadores, durante sua cura não geram subprodutos e podem ser armazenadas à temperatura ambiente.

tende a ser substituta das resinas termorrígidas epoxi e fenólicas usadas na preparação de compósitos com elevado desempenho.

Propriedades físicas e mecânicas da resina benzoxazina e outros polímeros de alto desempenho.

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Resina	Resistên- cia à tração	Módulo de Elasticida- de	Módulo de Armazena- mento	Alongamento na ruptura	Massa específica	Tg (°C)
	(MPa)	(GPa)	(GPa)	(%)	(g.cm-3)	
Benzoxazina	44-64	4,3-5,2	1,8-2,2	1,0-2,4	1,22-1,25	150-260
Fenólica	35-62	2,7-4,8	-	1,5-2,0	1,24-1,32	~ 175
Epóxi	28-90	2,4	-	3-6	1,11-1,40	150-261
Bismaleimida	-	-	-	≤2,0	1,35-1,40	250-300

Energia liberada em W/g durante a queima das resinas.

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Polibenzoxazina

PEEK

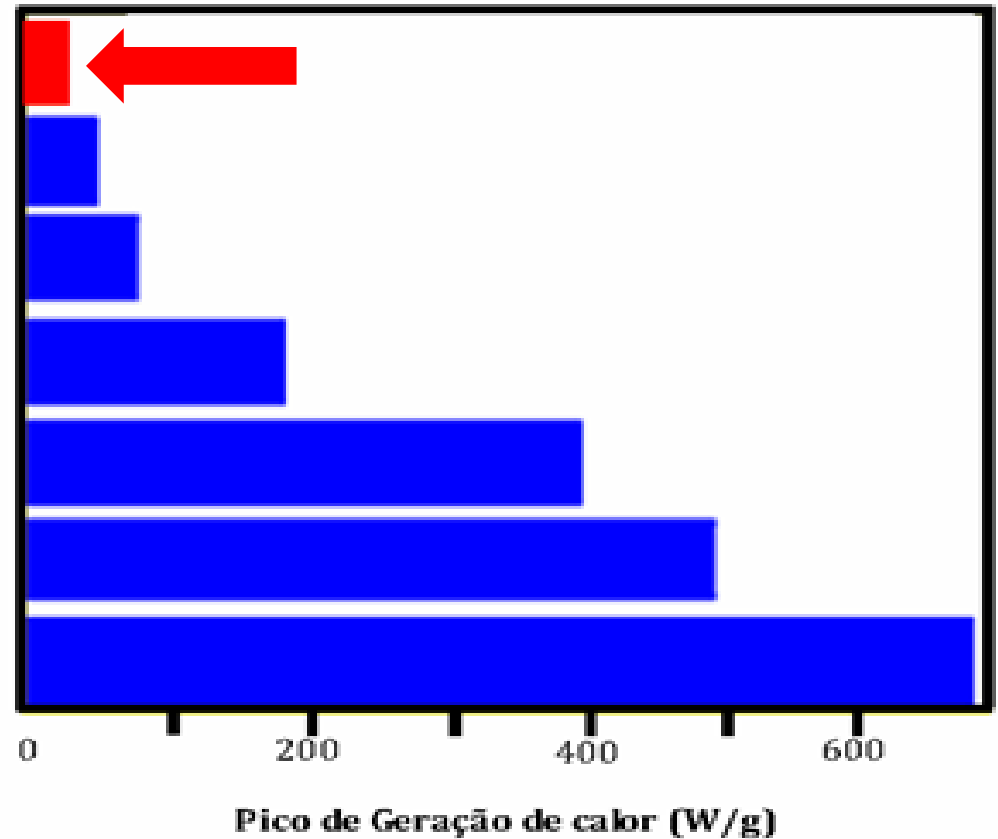
Fenólica

PEI

PPS

PSulf

Nylon 6



A resina benzoxazina utilizada.

Estrutura química da resina benzoxazina XU 35610.

Introdução

Objetivo

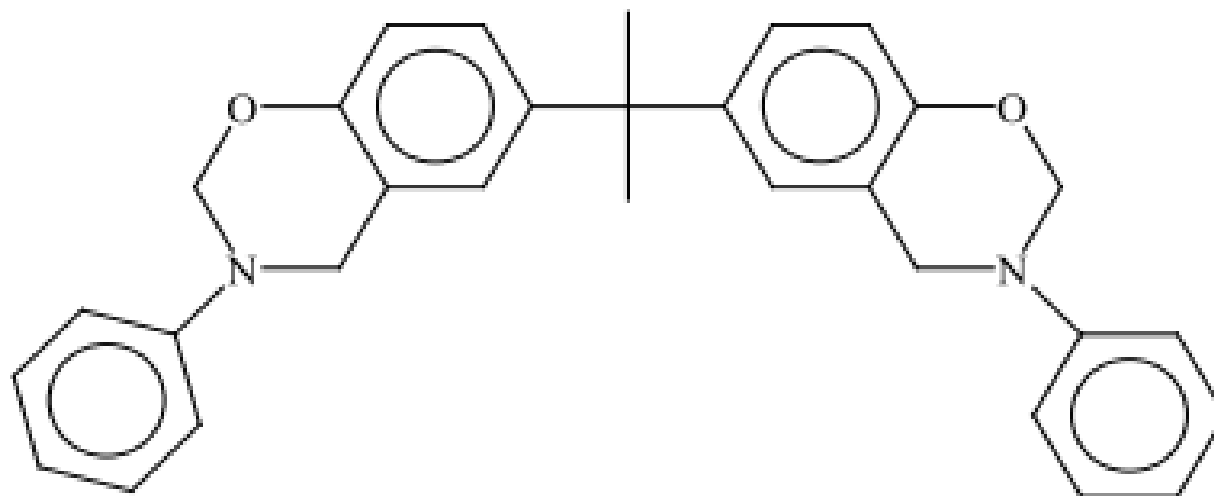
Justificativa

Revisão Bibliográfica

**Materiais e
Metodologia**

Resultados e discussão

Considerações Finais



Resina Benzoxazina - XU 35610 é um produto da HUNTSMAN Corporation China e foi doada generosamente pela Profa. Dra. Michelli Leali Costa (UNESP-FEG)

A resina benzoxazina.

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Referência e fabricante da benzoxazina	XU 35610 – Huntsman (China)
Aparência visual	amarelada
Viscosidade a 125 °C, cp	200-600
Tempo em gel a 200 °C, seg.	160-450
Ponto de fusão em °C	58 - 70
Solubilidade na metil etil cetona (MEK)	Acima de 75% em todo o conteúdo
Módulo de flexão MPa	5,342
Resistência à flexão MPa	138
Alongamento até ruptura %	2.3
Módulo de resistência a tração MPa	5,143
Resistência à tração MPa	57
Teste de Dureza K1c, MPa√m / G1c, J/m²	0.74 / 114
Temperatura de transição vítrea DSC, °C	161
Absorção de água fervendo em 48 h, %	0.7
Temperatura de “onset” °C	351

AÇAÍ

Introdução

Objetivo

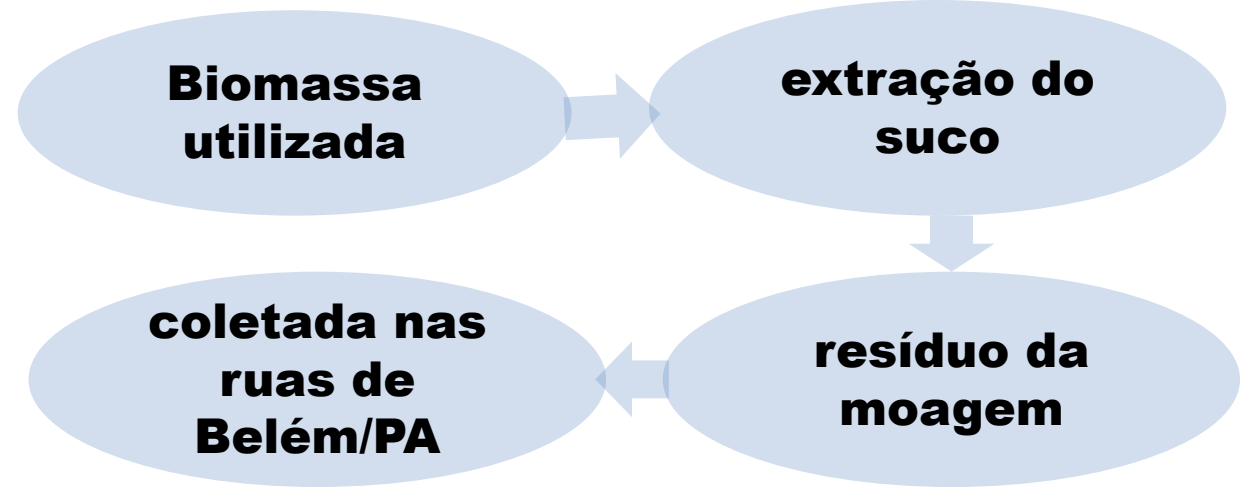
Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais





Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



Resíduo de lavagem do açaí peneirado com 50 MESH



Introdução

Objetivo

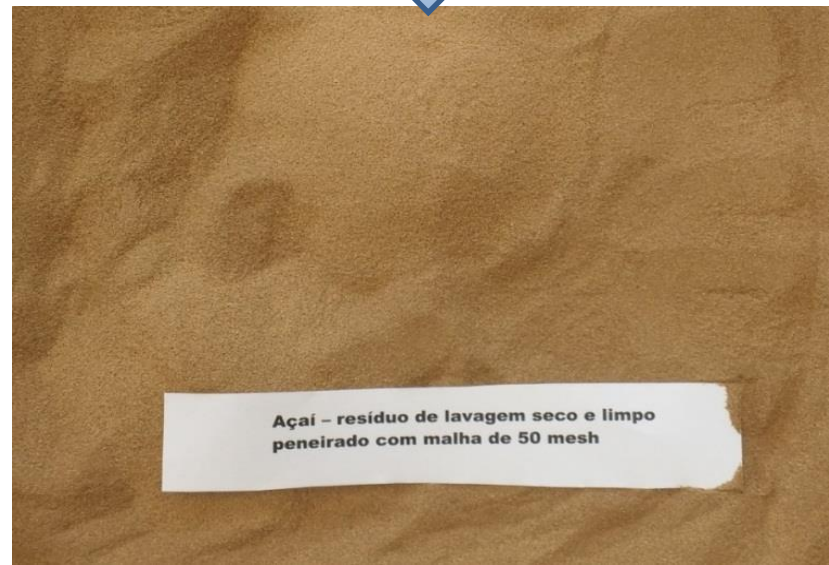
Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



TRATAMENTO HIDROTÉRMICO DA BIOMASSA DO AÇAÍ

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Consiste na autoclavagem, a 121°C, por 45 minutos em erlenmeyers com capacidade de 500 mL, contendo biomassa e água destilada na proporção de 1:10 em peso, respectivamente.



“boneca” que consiste de uma rolha feita de algodão hidrófilo recoberto com gaze e amarrado com barbante

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Quantidade de
biomassa a ser
acrescida aos
compósitos

massa específica do resíduo de
lavagem do açaí *in natura*.

massa específica do resíduo de
lavagem do açaí após
tratamento hidrotérmico

Utilizada a norma ISO 1183-1:2019**Método de determinação de densidade através
de picnômetro líquido.**

$$\rho_a = \frac{m_a \cdot \rho_i}{m_{iv} - m_{ia}}$$

m_a = Massa, em gramas, da amostra;

ρ_i = Densidade do líquido de imersão, em gramas por centímetro cúbico.

m_{iv} = Massa, em gramas, do líquido de imersão necessário para encher o picnômetro vazio;

m_{ia} = Massa, em gramas, do líquido de imersão necessário para encher o picnômetro que contém a amostra.

$$d = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

CORPOS DE PROVA

Introdução

Objetivo

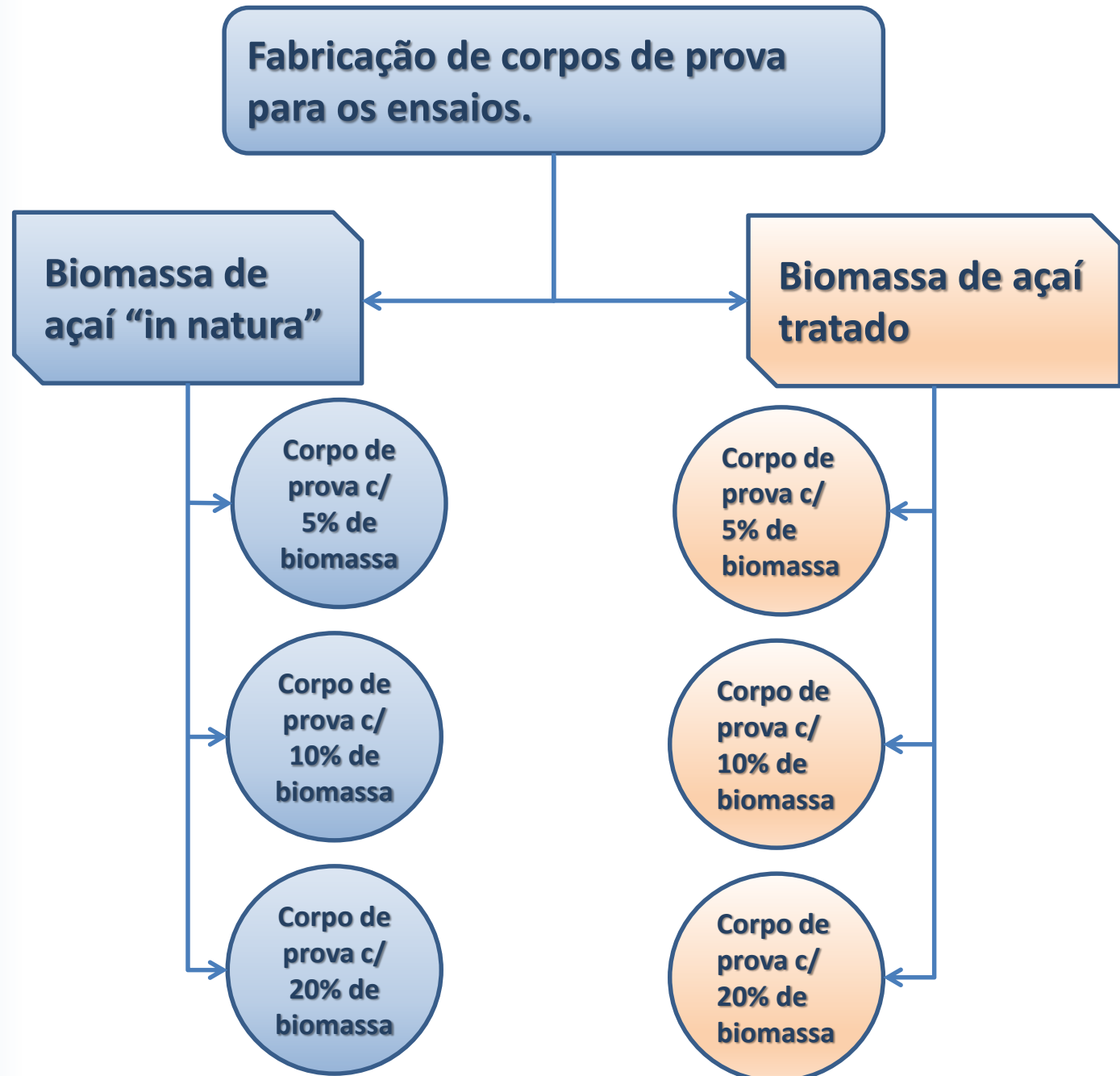
Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



Ciclo de Cura:

Introdução

(1)
Aquecimento
de 25°C >
40°C 2°C/min

(2)
Isoterma de
3 dias a
40°C

(3)
Aquecimento
de 40°C >
60°C a
2°C/min

(4)
Isoterma de 6
dias a
60°C

Objetivo

(5)
Aquecimento
de 60°C >
80°C a
2°C/min

(6)
Isoterma de
2 dias a
80°C

(7)
Aquecimento
de 80°C a
100°C a
2°C/min

(8)
Isoterma de
3 dias a
100°C

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

(9)
Aquecimento
de 100°C a
110°C a
2°C/min

(10)
Isoterma de
5h a
110°C

(11)
Aquecimento
de 110°C a
120°C a
2°C/min

(12)
Isoterma
de 18 h a
120°C

Resultados e discussão

(13)
Aquecimento
de 120°C a
150°C a
2°C/min

(14)
Isoterma de 1
dias a 150°C

(15)
Resfriamento,
em estufa, até
a temperatura
ambiente

(16)
Pós cura de
1 h a 170°C

Considerações Finais

Introdução

Objetivo

Justificativa

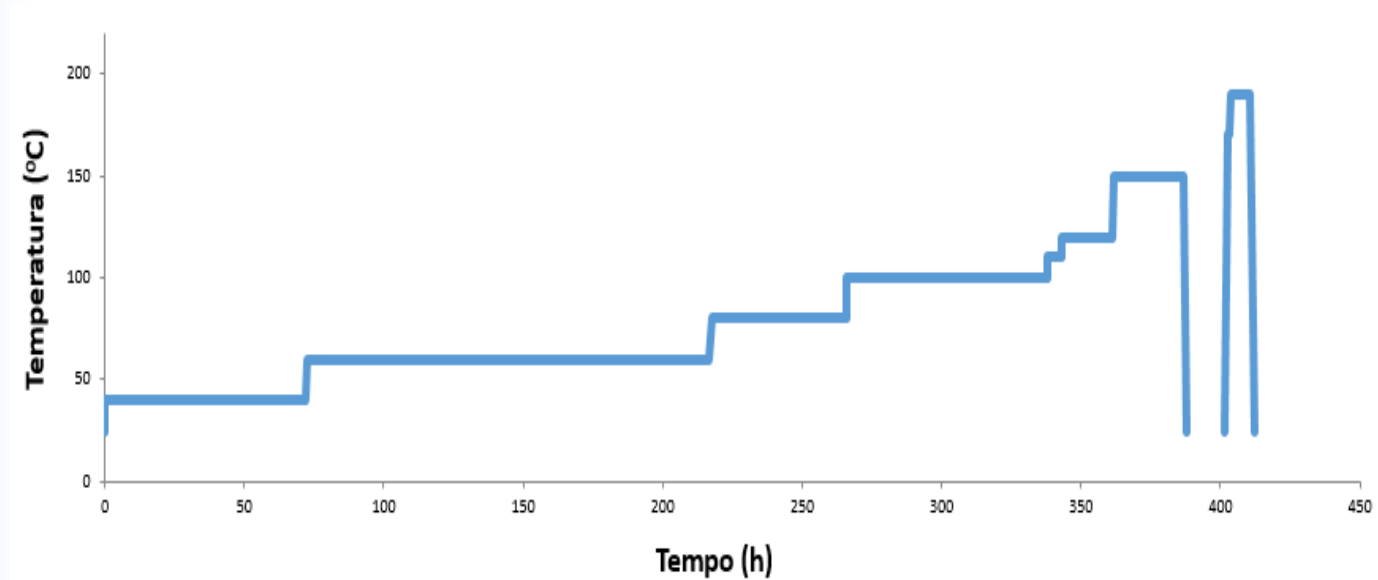
Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Gráfico do ciclo de cura utilizado.



MASSA ESPECÍFICA DA BIOMASSA DE AÇAÍ [g/cm³].

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Amostras	Massa específica da amostra <i>in natura</i> (g.cm ⁻³)	Massa específica da amostra tratada (g.cm ⁻³)
1	1,1077	0,9911
2	1,0596	0,9402
3	1,1689	1,0524
Média	1,1121	0,9946
Desvio Padrão	0,0548	0,0562
CV(%) *	4,93	5,65

A massa específica do açaí in natura ($\rho=1,1121$ g/cm³) é maior que o do açaí após o tratamento ($\rho=0,9946$ g/cm³).

Durante o tratamento hidrotérmico, possivelmente houve extração de componentes lignocelulósicos.

ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

Curvas de TGA e DTG (Termogravimetria Derivada) da biomassa de açaí *in natura*.

Introdução

Objetivo

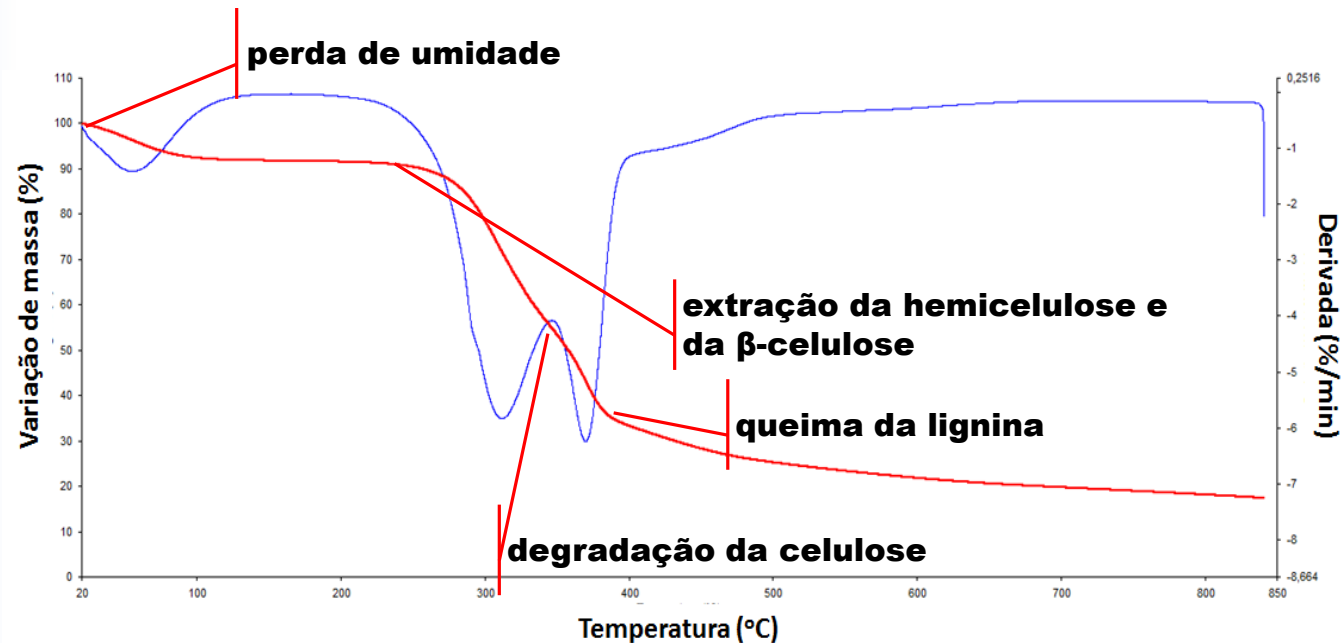
Justificativa

Revisão Bibliográfica

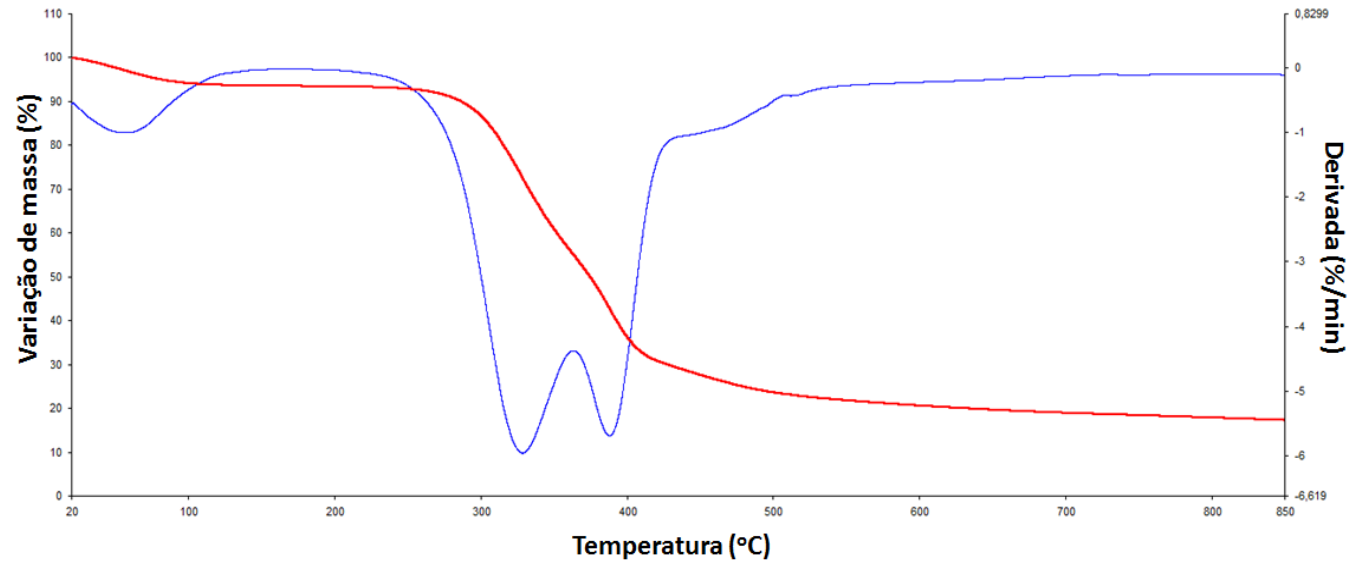
Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais



No caso das amostras *in natura*, a perda foi de **8,3%**.

Curvas de TGA e DTG da biomassa de açaí tratada.

No caso das **amostras tratadas** apresentou uma umidade de **6,4%** devido à extração parcial dos componentes mais higroscópicos presentes nos materiais lignocelulósicos que são as hemicelulose e as β -celuloses.

A degradação das biomassas ocorre em temperaturas acima de ($\sim 200^{\circ}\text{C}$), o que permite sua utilização com a resina benzoxazina para fabricação do compósito que apresenta temperatura de cura máxima em torno deste mesmo valor.

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)

Curvas de DSC das biomassas de açaí **tratada** e *in natura*.

Introdução

Objetivo

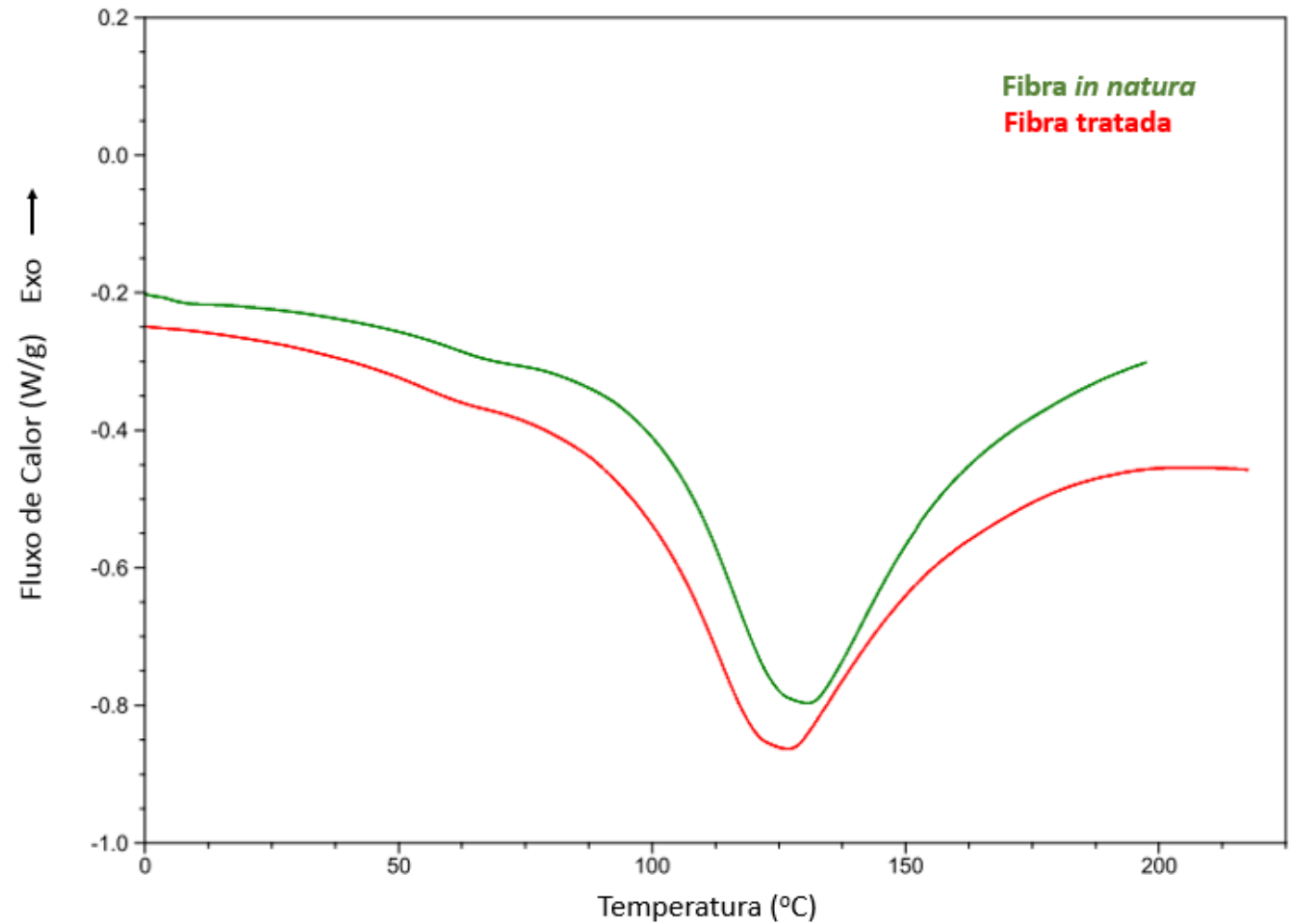
Justificativa

Revisão Bibliográfica

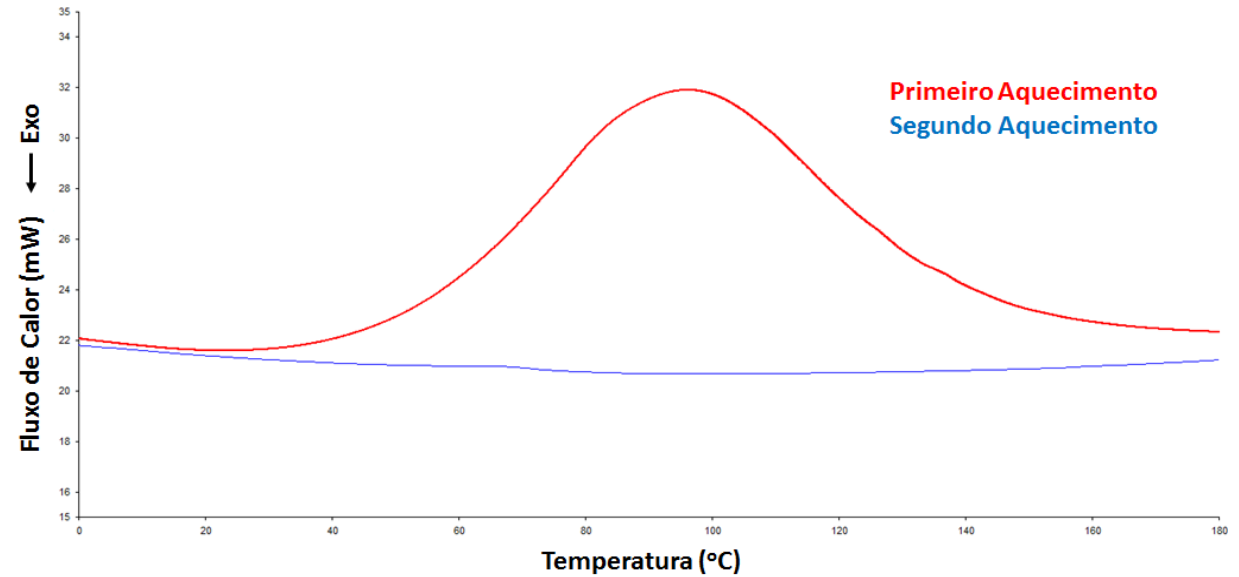
Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

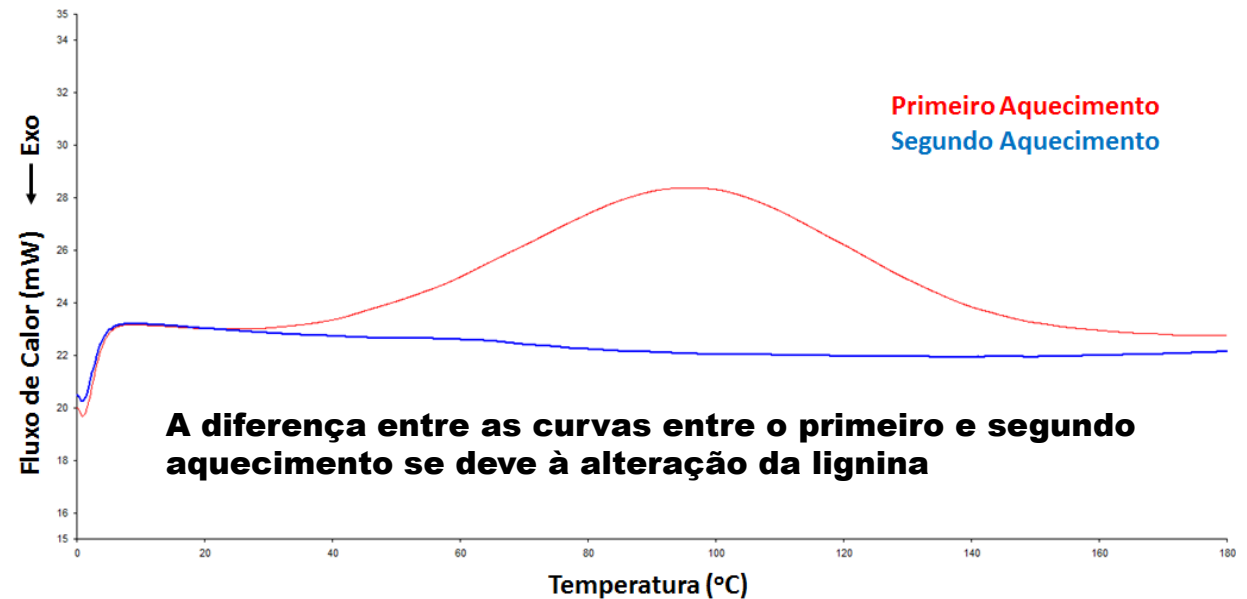
Considerações Finais



Curvas de DSC das biomassas de açaí *in natura*.



Curvas de DSC das biomassas de açaí *tratada*.



Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Número de onda (cm ⁻¹) Literatura	Atribuição	Polímero	Número de onda (cm ⁻¹) <i>In natura</i>	Transmitância (%) <i>In natura</i>	Número de onda (cm ⁻¹) Tratado	Transmitância (%) Tratado
3336-3386	estiramento O-H	celulose, hemi-celulose	3337	95,13	3337	97,31
2920-2935	estiramento simétrico ou assimétrico do CH ₂	Hidrocarbo-netos	2922	96,89	2905*	98,95
2884-3000	estiramento C-H em grupos metílicos e metilênicos	lignina	2921	96,89	2905	98,39
2050-2150	estiramento R-N=C=S em isocianetos	---	2050	98,26	2050	99,06
1709-1738	estiramento C=O em cetonas não conjugadas, carbonilas e grupos éster	hemi-celulose, lignina	1716	95,88	---	---
1656	estiramento C=O não conjugados	lignina, água absorvida	1656	96,40	---	---
~1600	estiramento C=C do anel aromático	Lignina	---	---	1594	97,67
1500-1513	vibrações do esqueleto aromático	lignina	1508	95,56	1507	97,72
1450-1460	estiramento C-H em grupos metílicos e metilênicos	lignina	1457	95,20	---	---
1422-1430	vibrações do esqueleto aromático combinados com deformação C-H no plano	lignina	1422	95,39	1422	97,19
1365-1380	deformação angular de C-H; grupo fenólico OH	celulose, hemi-celulose, lignina	1371	94,91	---	---
1280-1320	deformação angular de C-H	celulose	1319	95,30	1320	97,18
1266-1270	vibrações do anel G, influenciadas por estiramento C=O	lignina	---	---	1264	96,96
1221-1230	estiramento C-C, C-O, C=O em grupos éster conjugado	lignina	1231*	92,47	---	---
1000-1075	estiramento O-H	hemi-celulose, lignina	1030	86,78	1027	91,85
875-960	deformação O-H Banda larga	celulose	897	93,17	895	95,63

MICROSCOPIA ÓTICA – MO

Microscopia óptica analisada na **BIOMASSA DE AÇAÍ** pela técnica de luz transmitida.

Introdução

Objetivo

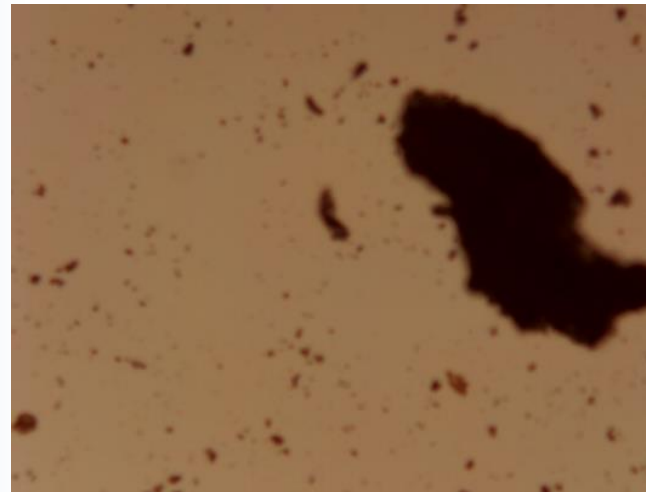
Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

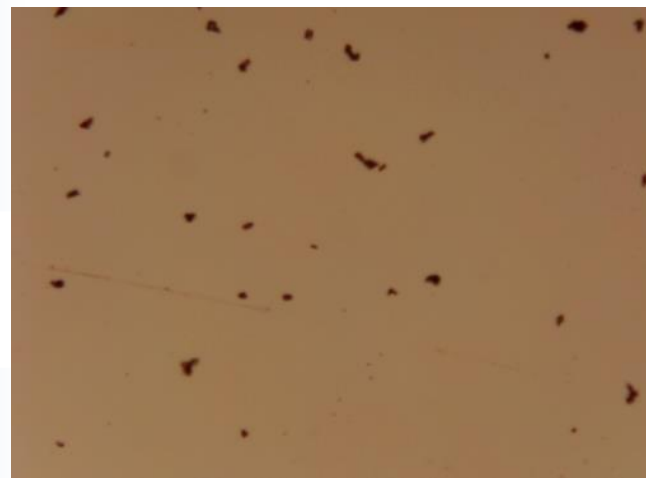
Resultados e discussão

Considerações Finais



- **biomassa de *açaí in natura*.**
- área média de $332,81 \pm 1815,27 \mu\text{m}^2$,
- área mínima de $1,41 \mu\text{m}^2$.
- máxima de $44676,22 \mu\text{m}^2$

O tratamento hidrotérmico contribuiu para homogeneizar os tamanhos de partícula e melhorar a dispersão no meio.



- **biomassa de *açaí tratada*.**
- área média de $1262,76 \pm 8158,81 \mu\text{m}^2$,
- área mínima de $1,41 \mu\text{m}^2$
- área máxima de $121748,46 \mu\text{m}^2$

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Amostra	T _g (°C)	Cura (%)
Benzoxazina curada	148,01	100
Compósito com 5% de açaí in natura	153,08	100
Compósito com 10% de açaí in natura	156,05	100
Compósito com 20% de açaí in natura	162,08	100
Compósito com 5% de açaí tratado	155,72	100
Compósito com 10% de açaí tratado	158,06	100
Compósito com 20% de açaí tratado	163,44	100

ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

Para resina benzoxazina XU 35610 curada e compósitos.

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

Amostra	No. de Picos	Ti (°C)	Tf (°C)	Tonset (°C)	Tendset (°C)	Perda de massa (%) (30-950°C)	Resíduo (%) a 950 °C
Benzoxazina curada	3	214	634	254	542	55,8	44,2
Compósito com 5% de açaí in natura	3	214	633	255	546	61,7	38,3
Compósito com 10% de açaí in natura	3	208	637	261	552	58,5	41,5
Compósito com 20% de açaí in natura	4	210	640	259	545	61,1	38,9
Compósito com 5% de açaí tratado	3	213	636	261	552	55,9	44,1
Compósito com 10% de açaí tratado	3	204	654	259	548	56,8	43,2
Compósito com 20% de açaí tratado	4	207	639	262	541	60,8	39,2

4º evento de degradação > compósitos 20% de biomassa (in natura ou tratados) > pode ser decomposição da biomassa que está em maior quantidade.

Valores de Tg obtidos das curvas de DMA das amostras de benzoxazina pura curada e dos compósitos com biomassa de açaí **tratada** e *in natura*.

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

	E'	E''	Tan δ
Benzoxazina curada	142,2	148,0	163,9
Compósito com 5% de biomassa de açaí <i>in natura</i>	142,2	149,9	169,6
Compósito com 10% de biomassa de açaí <i>in natura</i>	143,8	150,3	172,3
Compósito com 20% de biomassa de açaí <i>in natura</i>	149,5	155,8	179,6
Compósito com 5% de biomassa de açaí tratada	144,7	152,8	172,9
Compósito com 10% de biomassa de açaí tratada	148,7	153,3	173,2
Compósito com 20% de biomassa de açaí tratada	154,1	159,2	183,6

Tan δ - resultante da correlação entre o módulo elástico e o de armazenamento(+representativo no compósito).

Tg aumenta com a biomassa acrescida ao compósito, tanto *in natura* quanto tratado, quando comparados com a benzoxazina pura (163,9°C).

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos neste trabalho, destacam-se as seguintes conclusões:

- **O material extraído durante o tratamento hidrotérmico foi, em sua maioria, hemicelulose;**
- **A extração dos materiais lignocelulósicos se deu de forma parcial pelo método utilizado;**
- **É possível utilizar a biomassa de açaí na fabricação do compósito visto que a mesma apresenta temperatura de início de degradação em torno de ~200°C.**
- **A resina apresenta em sua composição dois componentes, além do solvente (2-butanona), sendo este material, provavelmente, um tenacificante.**
- **As temperaturas de início e final de decomposição não variaram de forma significativamente com a inserção da biomassa.**
- **Os ensaios de DSC mostraram que o valor de Tg são maiores com o aumento do percentual de reforço no compósito. Fato confirmado pelas análises de DMA.**
- **Sendo assim, o acréscimo desta biomassa, além de diminuindo a quantidade de matriz polimérica a ser utilizada, o que contribui com o o meio ambiente através da reciclagem, expande a faixa de aplicabilidade em relação à temperatura de trabalho do material e diminui o custo da peça final.**

Introdução

Objetivo

Justificativa

Revisão Bibliográfica

Materiais e
Metodologia

Resultados e discussão

Considerações Finais

TRABALHOS FUTUROS

Introdução

Como proposta de trabalhos futuros, têm-se:

Objetivo

➤ **A cura deve ser feita em estufa a vácuo para melhorar o tempo de cura do material;**

Justificativa

➤ **Devem ser realizados ensaios de tração e flexão;**

➤ **Os ensaios de impacto devem ser feitos;**

Revisão Bibliográfica

➤ **Os teores de biomassa e de vazios devem ser determinados;**

Materiais e
Metodologia

➤ **Fazer os ensaios de densidade via picnometria de hélio.**

Resultados e discussão

Considerações Finais



UniFOA

**MUITO
OBRIGADO!**