



OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS DE POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE REFORÇADOS COM BIOMASSA DA CASCA DA *Bertholletia excelsa*

JAIRO DE OLIVEIRA SILVA

ORIENTADORA: **Dra. Cirlene Fourquet Bandeira**

VOLTA REDONDA
Julho - 2024

1



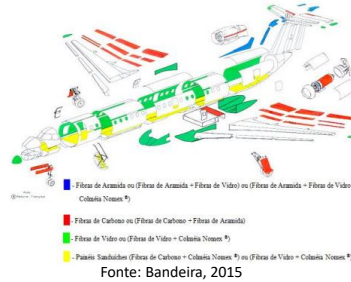
ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO:

1. INTRODUÇÃO
2. OBJETIVOS
3. JUSTIFICATIVA
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
5. MATERIAIS E MÉTODOS
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO
7. CONCLUSÕES

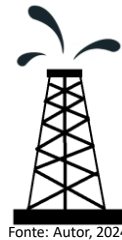
2

1. INTRODUÇÃO:

- ☞ Necessidade do mercado
- ☞ Problemas ambientais
- ☞ Compósitos “verdes”
- ☞ Compósitos poliméricos com reforço de biomassa
- ☞ Diminuição do uso de derivados de petróleo
- ☞ Reinserção de resíduos do agronegócio



Fonte: Adaptado de Portal Macaúba, 2024 Isto é dinheiro, 2021



Fonte: Autor, 2024



Fonte: Adaptado de WMAMBIENTAL, 2022

2. OBJETIVO:

Geral

Desenvolver materiais compósitos nas proporções 10%, 20% e 30% m/m, utilizando polietileno (PE) com reforço de biomassa vegetal oriunda da casca da castanha do Pará.

Específico

Caracterizar os materiais produzidos comparando os resultados com o polímero puro e reinserir, na cadeia produtiva, os resíduos da agroindústria.



3. JUSTIFICATIVA:

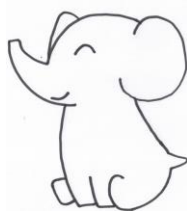
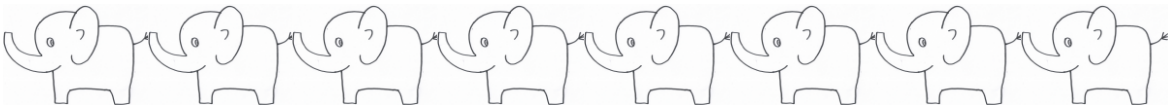
- Ambiental** Diminuir o descarte e promover a reciclagem
- Econômico** Aumentar o valor agregado do material outrora inservível e gerar renda
- Social** Melhorar as condições de vida e dar emprego a uma fatia mais pobre da população

5



4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

Polímeros



6



Classificação

- Quanto à origem
 - ✓ Naturais – obtidos diretamente da natureza (ex. celulose);
 - ✓ Sintéticos – obtidos através de processos de polimerização (ex. resina epóxi);
- Quanto ao grau de cristalinidade
 - ✓ Amorfos – arranjo molecular aleatório;
 - ✓ Semicristalino – Aproximadamente 20% do total das moléculas, tem a forma cristalina.

7



- Quanto à estrutura química
 - ✓ Homogêneos – Na cadeia principal possui apenas átomos de carbono;
 - ✓ Heterogêneos – Na cadeia principal possui, pelo menos, um heteroátomo.
- Quanto ao comportamento térmico
 - ✓ Termoplásticos – Quando aquecido o polímero amolece e pode ser remoldado;
 - ✓ Termorrígidos (ou termofixos) – Durante o primeiro aquecimento sofrem um processo de cura, não podendo ser amolecido novamente por outro aquecimento, o que não permite reciclagem direta.

8



- Quanto ao comportamento mecânico
- ✓ Plásticos – Estes materiais são sólidos à temperatura de utilização que é, normalmente, próxima à ambiente;
- ✓ Elastômeros – Os materiais apresentam capacidade de deformação elevada (mínimo 2x seu tamanho original) com retorno ao comprimento original após cessar o esforço.
- ✓ Fibras – Para serem consideradas como tal, o material orientado, no sentido longitudinal (ou eixo principal da fibra) deve apresentar a condição geométrica que determina L/D (Comprimento/ Diâmetro) ≥ 100 .

9



Propriedades mecânicas

O comportamento mecânico → resposta a uma solicitação

O comportamento mecânico não é linear.

As solicitações dependem de:

- ☞ Fatores estruturais tais como peso molecular, composição química, orientação molecular ou reforços, cristalinidade, etc.;
- ☞ Outras variáveis tais como temperatura, velocidade de deformação, intemperismo, tipo ou tipos de solicitação, condições de manufatura das amostras, etc.

10



Principais propriedades mecânicas

- ☞ Modulo Elasticidade (E);
- ☞ Resistência;
- ☞ Coeficiente de Poisson (ν);
- ☞ Fluência;
- ☞ Relaxação;
- ☞ Resistencia à Fadiga;
- ☞ Resistencia ao Impacto;
- ☞ Temperatura máxima e mínima de uso à exposição contínua;
- ☞ Peso especifico;
- ☞ Absorção de umidade;
- ☞ etc.

} **Importantes
para os
termoplásticos**

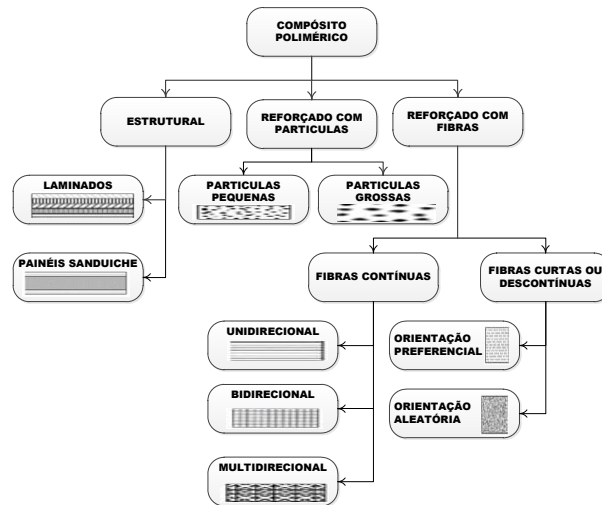
11



Compósitos

MATRIZ + REFORÇO ➡ MATERIAL COM MELHORES PROPRIEDADES

12



Fonte: CARVALHO, 2019 Adaptado de KARAK, (2012).

13

Polietileno

O polietileno (PE) foi descoberto em 1933 por Reginald Gibson e Eric Fawcett em pesquisas realizadas na indústria britânica Imperial Chemical Industries (ICI).

Um dos polímeros mais produzido e consumido no mundo.

135 milhões de t/ano

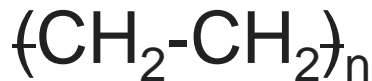
14

Características Gerais

- ☞ Termoplástico;
- ☞ Simples quimicamente;
- ☞ Semicristalino;
- ☞ Flexível;
- ☞ Inerte à maioria dos produtos químicos comuns;
- ☞ Apresenta uma natureza parafínica

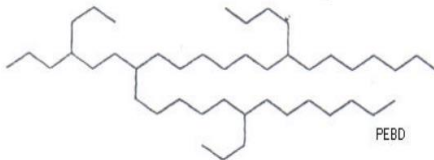
Uso

- ☞ Fabricação de embalagens;
- ☞ Filmes plásticos;
- ☞ Sacos;
- ☞ Garrafas;
- ☞ Cabos;
- ☞ Geomembranas;
- ☞ etc;



15

Polietileno de Baixa densidade (PEBD ou LDPE)



Fonte: Adaptado de WOLF, 2004

- polimerização por adição,
- cristalinidade em torno de 50% a 60%,
- tenacidade,
- alta resistência ao impacto e flexibilidade,
- boa estabilidade e processabilidade,
- propriedades elétricas excelentes,
- temperatura de fusão (T_m) entre 110 e 115 °C,
- Longas ramificações.

Propriedades	Método ASTM	Valores
Densidade (g.cm ⁻³)	D 792	0,912-0,925
Temperatura de fusão cristalina (°C)	_____	102-112
Índice de refração (n _D)	D 542	1,51-1,52
Tração no escoamento (Mpa)	D 638	6,2-11,5
Alongamento no escoamento (%)	D 638	100-800
Resistência à tração (Mpa)	D 638	6,9-16
Alongamento máximo (%)	D 638	100-800
Módulo elástico (Mpa)	D 638	102-240
Dureza Shore D	D 676	40-50

Fonte: COUTINHO; MELLO; MARIA, 2003

16

Castanha do Pará



Fonte: Adaptado de MUDAS HERCULÂNDIA, 2023

Castanha do Pará,
Castanha do Brasil,
Castanheira,
Bertholletia excelsa.

1807 por Humboldt e Bonpland

Grande importância econômica na região amazônica.
Fornece uma madeira de qualidade.
Frutos denominados popularmente de ouriço.

17

As sementes contidas no ouriço levam aproximadamente 14 meses para estarem maduras.

Cada ouriço pode conter entre 8 a 24 sementes que possuem a forma triangular com tamanho médio de 5 cm de comprimento e 2 cm de largura.



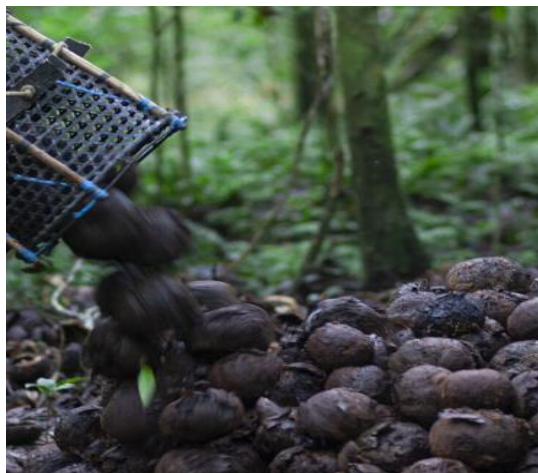
18

1 tonelada de noz da castanha processada gera 1,4 toneladas de resíduos.



Fonte: Adaptado de ABNC, 2023

19



Fonte: Adaptado de PINHEIRO, 2023

20

Selênio, é considerado como indispensável à saúde humana.

Recomendado em cerca de 60 à 70 $\mu\text{g}/\text{dia}$

1 bilhão de pessoas sofrem de alguma deficiência de selênio que pode causar doenças endêmicas entre outras tais como: doença de Keshan e doença de Kaschin-Beck.

Doença de Kaschin-Beck



Fonte: Benvenuti, 2023

21

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

☞ Castanha do Pará

Resíduos coletados em Belém do Pará

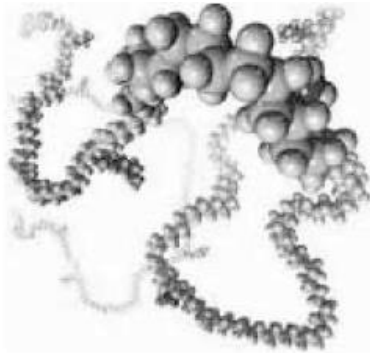


Fonte: CARVALHO, 2019.

22

☞ Polietileno de Baixa densidade

Este polímero foi gentilmente cedido pelo UniFOA



Fonte: COUTINHO; MELLO; MARIA, 2003

Polietileno homopolímero da Braskem,
Estado sólido,
Forma de pelets,
Cor branca,
Ponto de fusão em torno de 120 °C,
Densidade relativa entre 0,918 e 0,935 g.cm⁻³,
Solúvel em xileno mas insolúvel em água .

23

Métodos

☞ Obtenção da biomassa da casca da castanha do Pará



24

☞ Obtenção da Biomassa



25

☞ Obtenção dos Compósitos de PEBD/Casca da Castanha do Pará



Homogeneizador termocinético - Dryzer

26



27



28

☞ Análise Termogravimétrica (TGA)

Equipamento TGA PerkinElmer - modelo 7

Para avaliar termicamente o material desenvolvido e a matéria prima.

- Amostra: 10 mg,
- Faixa de aquecimento: 30 °C até 950 °C,
- Taxa: 10 °C.min⁻¹,
- Atmosfera inerte: nitrogênio,
- Fluxo gasoso de 20 ml.min⁻¹,
- Recipiente da amostra: platina,
- Software: Pyris v12.1.

Cedido pela empresa i-TECH



29

☞ Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

Equipamento DSC PerkinElmer - modelo 7

- Amostra: 6 mg,
- Faixa de aquecimento: 30 °C até 200 °C,
- Taxa: 10 °C.min⁻¹,
- Atmosfera inerte: nitrogênio,
- Fluxo gasoso de 20 ml.min⁻¹,
- Recipiente da amostra: alumínio,
- Software: Pyris v12.1.

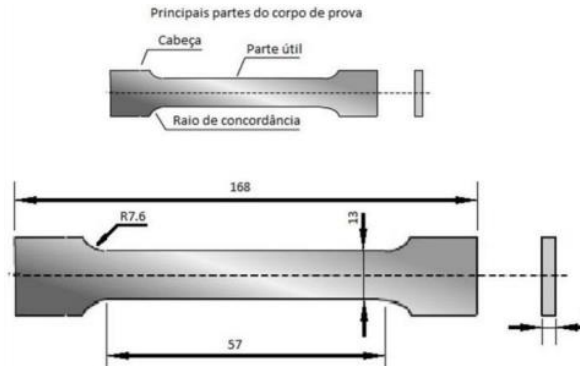
Cedido pela empresa i-TECH



30

Ensaio de Tração

carga de 5 kN, à velocidade de 1,4 mm.min⁻¹



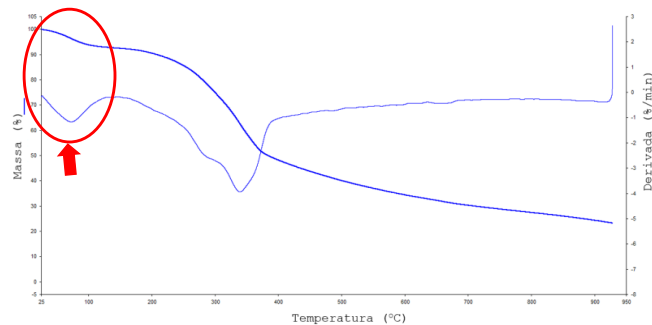
Fonte: ROSA (2019)

31

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Termogravimetria da casca da castanha do Pará

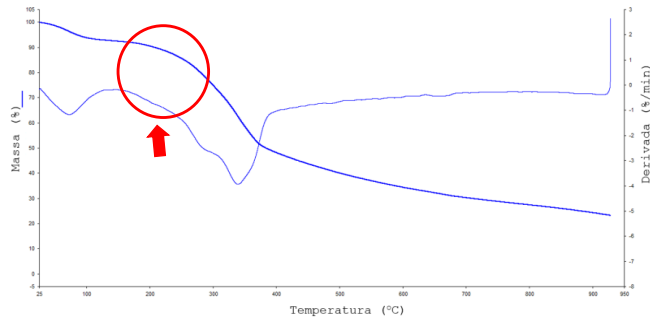
1º. perda de 7,4% é de umidade



32

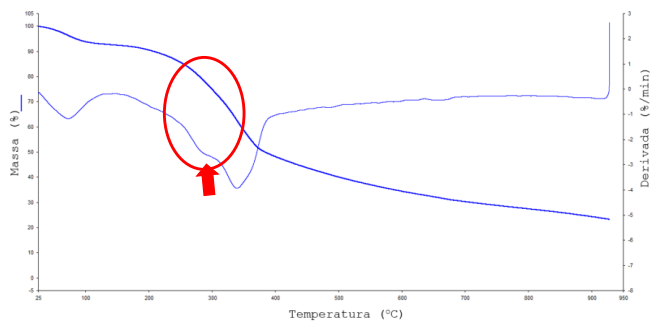
2º. perda de 7,4% é devido a degradação da hemicelulose e da β -celulose

Temperatura inicial de degradação de 162,5°C



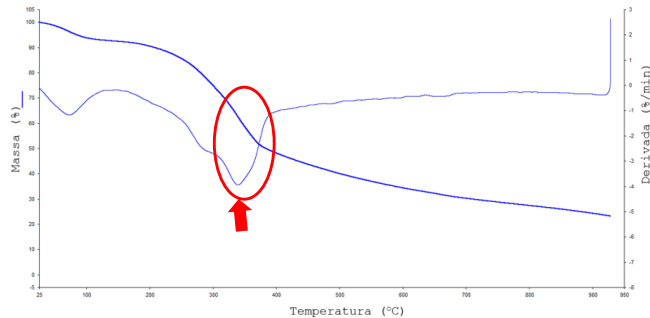
33

3º. perda de 11,9% é devido a queima de hemicelulose, β -celulose, lignina e celulose



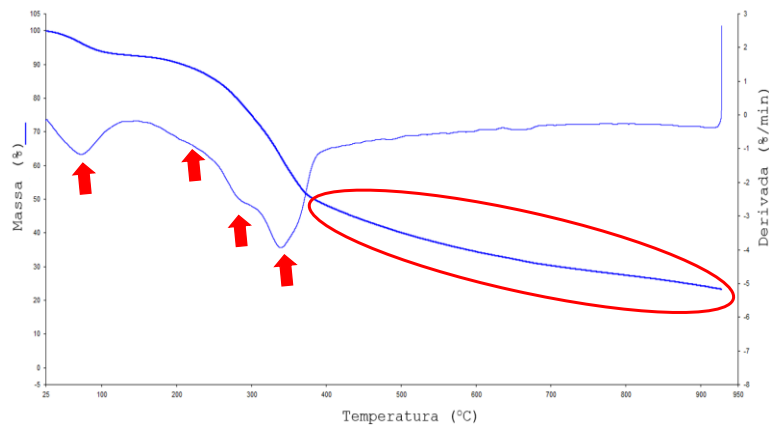
34

4º. perda de 26,0% é derivada da queima de celulose e lignina



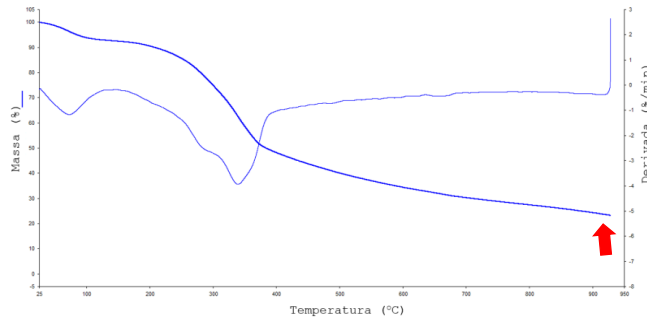
35

Além disso ocorre um 5º evento que corresponde ao decaimento contínuo da linha de base, resultante da degradação da lignina



36

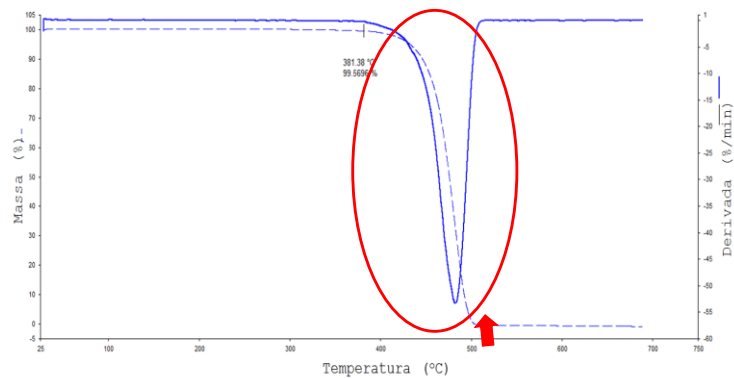
O resíduo resultante da queima (26,0%) indicam a grande quantidade de lignina presente na biomassa



37

☞ Termogravimetria do PEBD

1 decaimento está presente na curva de TGA e 1 único pico na curva derivada indicando que o material é puro com T_i de 381,4°C

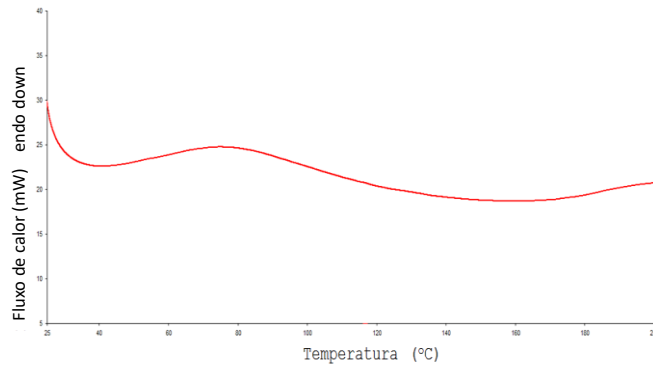


38



☞ Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) da Castanha do Pará

Na faixa estudada, o gráfico não apresenta nenhum evento apreciável.

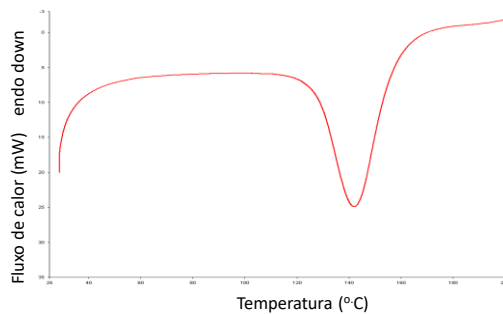


39



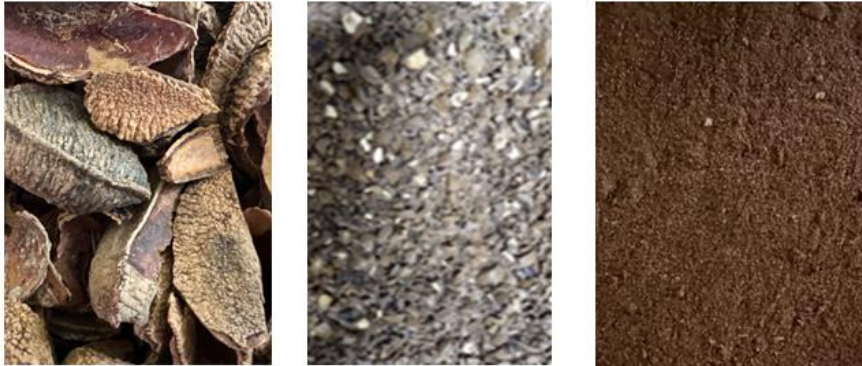
☞ Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) do PEBD

Apresenta fusão endotérmica com temperatura inicial extrapolada de 124°C



40

☞ Obtenção da Biomassa Moída



41

☞ Obtenção do Compósito PEBD/Biomassa para Injeção



42



43



44



☞ Ensaio de tração

Material	Tensão de Escoamento (MPA)	Tensão Máxima (Mpa)	Módulo Elástico
PEBD	2,90 ±0,32	10,18 ±0,27	35,19 ±1,14
CP 10% de fibra	3,58 ±0,24	10,51 ±0,45	48,27 ±0,91
CP 20% de fibra	3,99 ±0,16	9,86 ±0,17	57,30 ±2,34
CP 30% de fibra	4,23 ±0,15	9,22 ±0,22	64,55 ±3,65

45



7. CONCLUSÕES

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

- A temperatura de início de degradação da biomassa da casca da castanha do Pará (162,5 oC) permite a utilização desta para fabricação do compósito com polipropileno de baixa densidade que funde em torno de 124,4 oC;
- O PEBD se apresenta como um material puro;
- Utilizando a Dryzer, foi possível fabricar compósitos reforçados com biomassa de castanha do Pará;

46



- A partir das análises de resistência a tração observou-se um aumento da resistência mecânica, seguido de diminuição da mesma dos materiais reforçados em comparação ao PEAD que pode ser decorrente da quantidade de reforço que promoveu uma redução da ductilidade nos compósitos;
- Houve aumento do módulo elástico de acordo com o esperado na literatura;
- O compósito formado contribuirá para a diminuição do uso deste material de origem no petróleo.

47



OBRIGADO!!!

48