



Fundação Oswaldo Aranha
Centro Universitário de Volta Redonda
Mestrado Profissional em Materiais



FABRICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE UM COMPÓSITO DE RESINA UREIA-FORMALDEÍDO E BIOMASSA DA CASCA DA MANDIOCA

FÁBIO SILVA DE OLIVEIRA

ORIENTADORA: **Dra. Cirlene Fourquet Bandeira**
COORIENTADORA: **Dra. Ana Carolina Callegario Pereira**

VOLTA REDONDA
Junho - 2025

1



Fundação Oswaldo Aranha
Centro Universitário de Volta Redonda
Mestrado Profissional em Materiais



ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO:

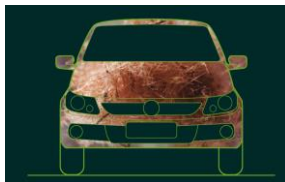
1. INTRODUÇÃO
2. OBJETIVOS
3. JUSTIFICATIVA
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
5. MATERIAIS E MÉTODOS
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO
7. CONCLUSÕES

2



1. INTRODUÇÃO:

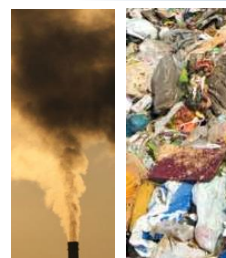
- ☞ Necessidade do mercado
- ☞ Problemas ambientais
- ☞ Compósitos “verdes”
- ☞ Compósitos poliméricos com reforço de biomassa
- ☞ Diminuição do uso de derivados de petróleo
- ☞ Reinserção de resíduos do agronegócio



Fonte: Adaptado Revista pesquisa FAPESP, 2023



Fonte: Adaptado de Castro, 2013



Fonte: SILVA, 2024



Fonte: SILVA, 2024



Fonte: Adaptado de Agricultura de Precisão, 2023

3



2. OBJETIVO:

Geral

O objetivo deste trabalho é o de obter e analisar um material compósito de ureia-formaldeído e casca da mandioca nas proporções de 20%, 40% e 50% de reforço.

Específico

- Tratar hidrotermicamente as fibras obtidas das cascas de mandioca, visando melhorar a adesão na matriz e reforço.
- Caracterizar as fibras *in natura* e tratadas hidrotermicamente pela técnicas de termogravimetria (TGA).
- Caracterizar amostras da resina ureia-formaldeído.
- Preparar compósitos de ureia-formaldeído com reforços contendo biomassa da casca da mandioca.
- Caracterização dos compósitos por meio de ensaios mecânicos e térmicos.
- Avaliação do desempenho do compósito obtido, comparando o mesmo com a resina pura e com dados encontrados na literatura.

4



3. JUSTIFICATIVA:

- Ambiental** Pela diminuição de resíduos dispostos em aterros pela utilização de novos materiais com a proposta de diversificar as opções de produção e reaproveitamento de resíduos naturais.
- Econômico** Nova forma de geração de renda a partir do uso de resíduos, gerando novos materiais com valor agregado maior.
- Social** Propiciar condições de vida melhores aos agricultores familiares que dependem da produção da mandioca e seu beneficiamento em casas de farinha, fécula e amidos em geral.

5



4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

Compósitos

MATRIZ + REFORÇO ➡ MATERIAL COM MELHORES PROPRIEDADES

6

Polímeros



7

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.

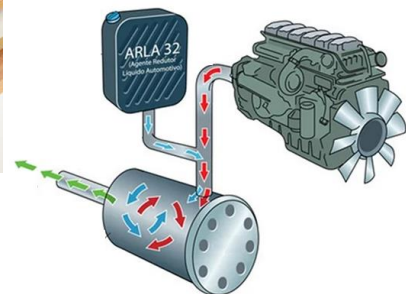
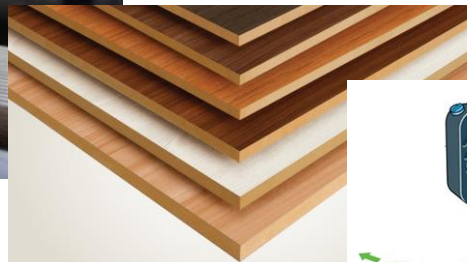
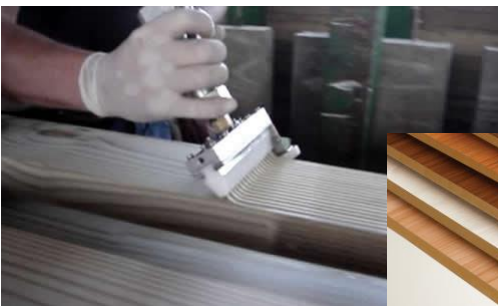
8

Resina de uréia-formaldeído

- Polímero de condensação,
- Obtido a partir da ureia e do formaldeído.
- Transparente (quando puro).



9

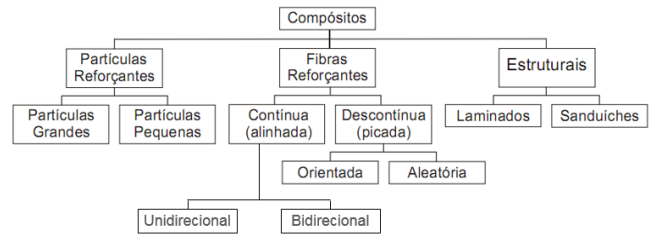


10

Painéis de madeira regenerada

Características

- ☞ Painéis madeira;
- ☞ Podem ser:
 - Laminados
 - Aglomerados
- ☞ Uso geral, desde a fabricação de móveis, embalagens, construção civil, etc.;
- ☞ Sem tratamento adequado pode ser sensível a umidade;
- ☞ Apresenta de forma geral boa resistência mecânica.



Fonte: COSTA, 2018



Fonte: Adaptada de Arch Daily Brasil, 2020

11

Mandioca



Fonte: NUNES, 2020

Grande importância **econômica** na região norte e nordeste do Brasil.

Importante na **alimentação** de várias populações entre elas a indígena.

Matéria prima para **indústria** na produção de farinhas, fécula e amidos.

Cultivo **sustentável** que ajuda na recuperação do solo.

Do ponto de vista **cultural** faz parte da tradição de vários povos

12



Para cada 10kg de mandioca processada são gerados aproximadamente, dependendo da variedade 1,5 kg de resíduo (casca).

13

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

- ☞ Casca da mandioca
Resíduos coletados em horti-fruit Paraíso.



Fonte: Conexão Safra, 2024

- ☞ Resina uréia-formaldeído

Resina comercial;

Redemite – fabricante REDELEASE;

Bicomponente (Formaldeído + Sulfato de amônia)



Fonte: Site Redelease, 2024

14

Métodos

☞ Obtenção da biomassa da casca da mandioca



15

☞ Granulometria da biomassa da casca da mandioca

Peneiras

10 #,
20 #,
30 #,
40 #,
50 #,
100 #
fundo



16

☞ Obtenção da biomassa da casca da mandioca tratada - Tratamento hidrotérmico

Autoclave

Temperatura de 121 °C, por 45 minutos

Proporção 1:10 m/m

Seco em estufa a 100 °C por 72 h



17

☞ Obtenção da resina base do processo (ureia-formaldeído)

Material	Quantidade (g)
Base para resina ureia-formaldeído Ref.: (fabricante redelease)	100
Trigo peneirado	20
Àgua filtrada	20
Endurecedor granulado de sulfato de amônia	3

18

☞ Termogravimetria

Equipamento TGA PerkinElmer - modelo 7

Para avaliar termicamente as matérias primas.

- Amostra: 6 mg,
- Faixa de aquecimento: 30 °C até 750 °C,
- Taxa: 20 °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

19

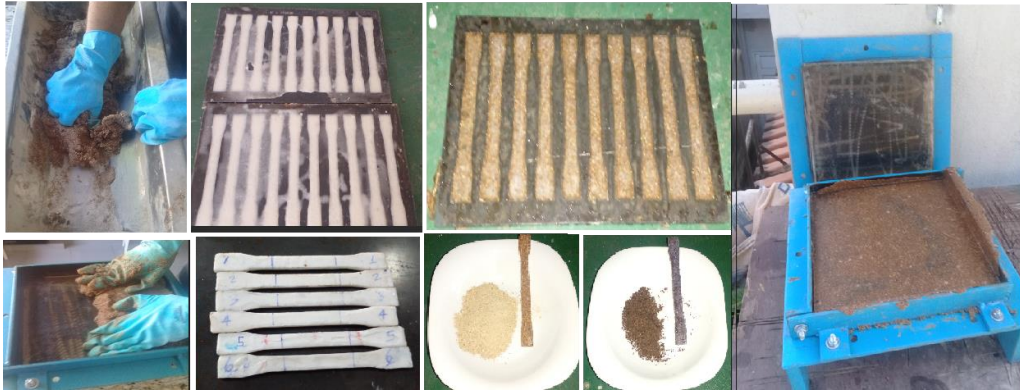
☞ Obtenção dos compósitos

Teor de resina (%)	Teor de fibra (%)
50	50
60	40
80	20



20

☞ Preparação dos corpos de prova



21

☞ Teor de umidade

$$U = \frac{M_U - M_S}{M_S} \times 100$$

Massa da amostra úmida,

Massa da amostra seca



22

☞ Densidade média

$$V = l \times c \times e$$

$$D = \frac{M}{V} \times 1000000$$

$$D\% = \frac{(D - D_{m\acute{e}dia})}{D_{m\acute{e}dia}} \times 100$$



Fonte: Silva, Nascimento, 2019

23

☞ Inchamento por 24 h

$$I = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \times 100$$



Fonte: Silva, Nascimento, 2019

24

☞ Dureza Shore D



ASTM D2240 (2021)

Corpos de prova - espessura de 25 mm



Mínimo 6 mm de espessura

Medidas - 12 mm das bordas e a 6 mm entre si

25

☞ Resistência ao arranchamento do parafuso



EMIC modelo DL 10000, célula de carga de 5 kN,
à velocidade de 10 mm.min⁻¹.



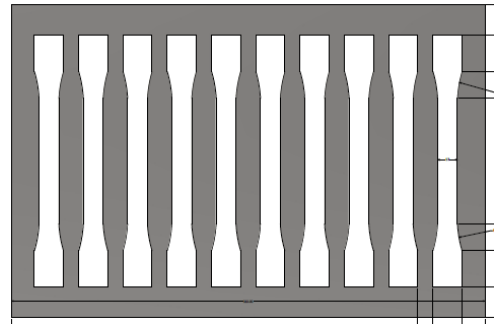
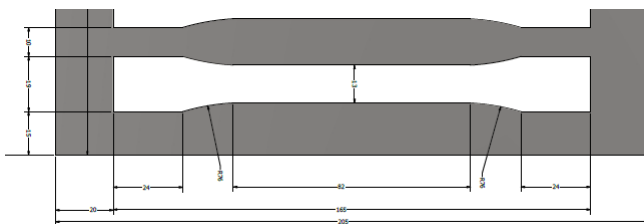
26

☞ Ensaio de Tração

EMIC DL 10000

Carga de 5 kN, à velocidade de 2 mm.min⁻¹

ASTM D 638 – 22



27

☞ Ensaio de flexão em três pontos



Fonte: Adaptada de Silva, 2016

EMIC DL 10000

Célula de carga de 5 kN

Velocidade de 2 mm.min⁻¹

13 x 130 x 6 mm

ASTM D 790-17

28

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

☞ Obtenção da biomassa da casca da mandioca



- O tempo de secagem suficiente para se obter um material sem humidade.
- Gerou um pó com granulometria variada de cor marrom claro.

29

☞ Granulometria das fibras in natura

Amostras	Massa (%)	Massa (%)	Massa (%)	Massa (%)	Massa (%)	Média e DP (%)
10 #	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20 #	23,91	27,25	22,23	25,39	25,22	24,80 ± 1,87
30 #	14,22	13,34	16,68	12,33	15,33	14,38 ± 1,70
40 #	17,95	16,38	14,64	18,00	13,86	16,17 ± 1,89
50 #	10,27	15,24	12,90	12,84	13,18	12,89 ± 1,76
100 #	11,10	9,11	11,27	10,29	10,37	10,43 ± 0,85
Fundo	22,54	18,68	22,28	21,14	22,02	21,33 ± 1,56
Total	99,99	100,00	100,00	99,99	99,98	100,00

- Distribuição heterogênea, com características distintas em diferentes faixas de tamanho;
- Maior fração da fibra foi retida na malha 20 - predominância de partículas maiores;
- Partículas maiores influenciam em propriedades tais como teor de umidade;
- Partículas menores podem impactar na dispersão em certas matrizes e aplicações.



30

☞ Obtenção da biomassa da casca da mandioca tratada - tratamento hidrotérmico



Amostras	Varição de massa (%)
1	6,45
2	8,62
3	9,01
4	9,55
5	7,38
Média	8,20
DP (%)	1,26%

Autoclave a 121 °C por 45 min

Pó marrom escuro

Tratamento foi efetivo



Retirada de material lignocelulósico

31

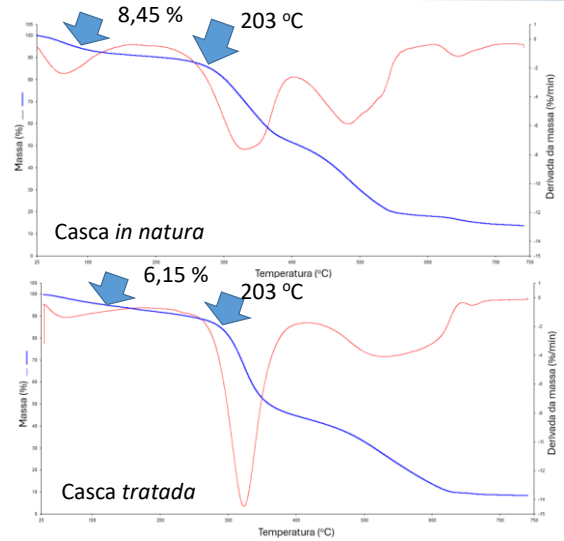
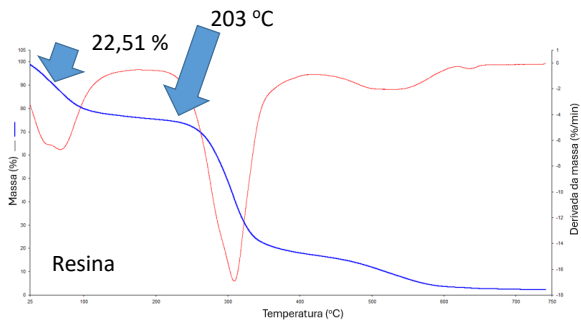
☞ Obtenção da resina base do processo (ureia-formaldeído)

- Líquido viscoso e branco



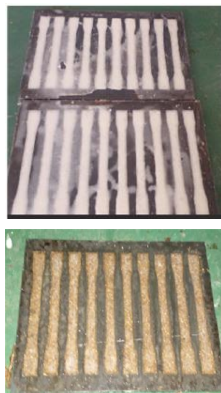
32

☞ TGA



33

☞ Obtenção dos compósitos e dos corpos de prova de Mandioca / Resina uréia-formaldeído



34

☞ Teor de umidade



Teor de reforço (%)	Teor de umidade (%)	
	Fibra in natura	Fibra tratada
20	0,82 ±0,02	1,02 ±0,06
40	0,84 ±0,07	0,96 ±0,03
50	0,94 ±0,03	0,92 ±0,04

NBR 14810-2 (ABNT, 2018) → entre 5 % e 13 %.

35

☞ Densidade média

NBR 14810-2 (ABNT, 2018)

Teor de reforço (%)	Densidade (kg.cm ⁻³)	Densidade (g.cm ⁻³)	Teor de reforço (%)	Variações mínima da densidade (%)	Variações máxima da densidade (%)
0 Resina pura	1105,43	1,10 ±0,02	0 Resina pura	-1,55	1,50
20 Fibra <i>in natura</i>	1201,60	1,20 ±0,01	20 Fibra <i>in natura</i>	-1,26	1,59
20 Fibra tratada	958,33	0,96 ±0,01	20 Fibra tratada	-1,29	1,31
40 Fibra <i>in natura</i>	1107,85	1,11 ±0,01	40 Fibra <i>in natura</i>	-1,42	1,42
40 Fibra tratada	1035,58	1,04 ±0,02	40 Fibra tratada	-2,10	2,43
50 Fibra <i>in natura</i>	1100,90	1,10 ±0,03	50 Fibra <i>in natura</i>	-4,58	3,60
50 Fibra tratada	863,38	0,86 ±0,05	50 Fibra tratada	-2,12	1,62

36



☞ Inchamento por 24 h

O tratamento das fibras de mandioca mostrou-se altamente eficaz na redução do inchamento em 20% e 40% de teor de reforço, melhorando significativamente a estabilidade dimensional dos compósitos.

NBR 14810 (2018)



22% máximo

Teor de reforço (%)	Teor de inchamento (%)
0 Resina pura	1,42 ±0,47
20 Fibra <i>in natura</i>	6,28 ±0,46
20 Fibra tratada	3,98 ±1,42
40 Fibra <i>in natura</i>	6,81 ±0,67
40 Fibra tratada	4,00 ±1,40
50 Fibra <i>in natura</i>	4,58 ±1,41
50 Fibra tratada	5,67 ±0,60

37



☞ Dureza Shore D

Teor de reforço (%)	Dureza Shore D (HD)
0 Resina pura	63,44 ±1,41
20 Fibra <i>in natura</i>	61,46 ±1,54
20 Fibra tratada	44,28 ±2,67
40 Fibra <i>in natura</i>	53,86 ±1,05
40 Fibra tratada	53,76 ±1,50
50 Fibra <i>in natura</i>	63,80 ±1,15
50 Fibra tratada	42,24 ±1,80

38



☞ Resistência ao arrancamento do parafuso

NBR 14810 (ABNT, 2018)

↙ mínimo, 800 N - Topo
↘ mínimo, 1200 N - Face

FN topo

Material	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)
Fibra natural (TOPO)			
Resina UF 100%	0,700 ± 0,038	0,710 ± 0,046	61,67 ± 7,566
CP-20% de fibra + 80% UF	0,522 ± 0,071	0,563 ± 0,083	49,794 ± 12,753
CP-40% de fibra + 60% UF	0,430 ± 0,092	0,440 ± 0,100	44,118 ± 10,067
CP-50% de fibra + 50% UF	0,598 ± 0,075	0,602 ± 0,073	45,564 ± 8,918

FN face

Material	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)
Fibra natural (FACE)			
Resina UF 100%	0,8284 ± 0,025	0,869 ± 0,048	66,205 ± 11,274
CP-20% de fibra + 80% UF	0,573 ± 0,070	0,593 ± 0,081	52,369 ± 9,691
CP-40% de fibra + 60% UF	0,457 ± 0,037	0,472 ± 0,046	44,544 ± 5,584
CP-50% de fibra + 50% UF	0,4862 ± 0,181	0,582 ± 0,131	54,427 ± 12,008

FT topo

Material	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)
Fibra natural (TOPO)			
Resina UF 100%	0,700 ± 0,038	0,710 ± 0,046	61,67 ± 7,566
CP-20% de fibra + 80% UF	0,477 ± 0,040	0,481 ± 0,039	32,293 ± 5,699
CP-40% de fibra + 60% UF	0,434 ± 0,051	0,435 ± 0,051	28,185 ± 5,406
CP-50% de fibra + 50% UF	0,553 ± 0,042	0,555 ± 0,044	37,049 ± 6,478

FT face

Material	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)
Fibra natural (FACE)			
Resina UF 100%	0,8284 ± 0,025	0,869 ± 0,048	66,205 ± 11,274
CP-20% de fibra + 80% UF	0,827 ± 0,050	0,848 ± 0,051	65,493 ± 3,660
CP-40% de fibra + 60% UF	0,734 ± 0,118	0,754 ± 0,120	66,964 ± 9,55
CP-50% de fibra + 50% UF	0,692 ± 0,186	0,724 ± 0,186	75,111 ± 23,006

39



☞ Ensaio de tração

FN

Material	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Mód. Elasticidade (MPa)
Resina UF	4,366 ± 0,168	4,659 ± 0,131	147,608 ± 6,290
CP-20% de fibra	4,367 ± 0,649	4,842 ± 0,692	229,080 ± 32,579
CP-40% de fibra	12,794 ± 1,017	13,679 ± 1,057	325,201 ± 107,49
CP-50% de fibra	5,388 ± 0,579	5,880 ± 0,592	254,713 ± 24,405

FT

Material	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Mód. Elasticidade (MPa)
Resina UF	4,366 ± 0,168	4,659 ± 0,131	147,608 ± 6,290
CP-20% de fibra	4,517 ± 0,204	4,928 ± 0,219	257,851 ± 17,788
CP-40% de fibra	6,730 ± 0,447	7,338 ± 0,473	325,201 ± 37,893
CP-50% de fibra	6,902 ± 1,497	7,338 ± 1,606	232,730 ± 62,253

40



Ensaio de flexão

FN			
Material	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)
Fibra natural			
Resina UF 100%	17,292 ± 5,350	2,572 ± 0,734	945,014 ± 481,229
CP-20% de fibra + 80% UF	42,590 ± 2,146	7,990 ± 0,942	869,298 ± 77,888
CP-40% de fibra + 60% UF	38,426 ± 3,205	5,916 ± 0,223	549,056 ± 89,642
CP-50% de fibra + 50% UF	32,684 ± 8,584	5,496 ± 1,534	696,964 ± 104,303

FT			
Material	Tensão Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)
Fibra tratada			
Resina UF 100%	17,292 ± 5,350	2,572 ± 0,734	945,014 ± 481,229
CP-20% de fibra + 80% UF	53,156 ± 1,758	7,698 ± 0,554	1186,926 ± 130,190
CP-40% de fibra + 60% UF	25,580 ± 2,192	4,362 ± 0,758	776,904 ± 172,1062
CP-50% de fibra + 50% UF	8,968 ± 1,435	1,640 ± 0,352	355,228 ± 103,657

41



7. CONCLUSÕES

- Os resultados obtidos neste trabalho confirmam a viabilidade técnica da utilização da biomassa da casca da mandioca como reforço lignocelulósico em compósitos poliméricos à base de resina ureia-formaldeído.
- A metodologia empregada permitiu o reaproveitamento de um resíduo agrícola amplamente disponível, com significativa contribuição ambiental e econômica.
- O tratamento hidrotérmico aplicado à fibra foi eficaz na remoção parcial de constituintes como lignina e hemicelulose, favorecendo a interação interfacial com a matriz e promovendo melhorias nas propriedades físico-mecânicas dos compósitos.
- Os corpos de prova apresentaram densidade superior a 0,80 g/cm³, enquadrando-se como compósitos de alta densidade, conforme os critérios da NBR 14810-2.

42



Fundação Oswaldo Aranha
Centro Universitário de Volta Redonda
Mestrado Profissional em Materiais

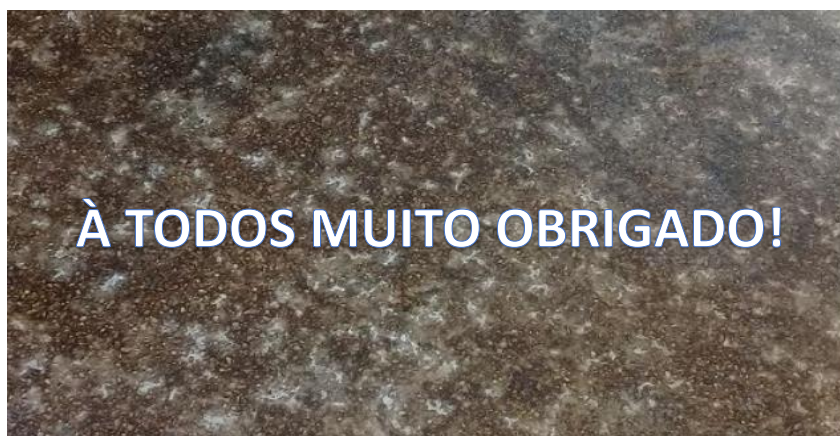


- Além disso, demonstraram comportamento satisfatório nos ensaios de resistência ao impacto, tração e arrancamento de parafuso, especialmente nas formulações com 40% e 50% de reforço tratado. Tais propriedades conferem ao material características adequadas para aplicação em pisos, painéis e móveis de uso geral.
- A pesquisa reafirma o potencial de materiais alternativos de origem vegetal na substituição parcial de insumos convencionais, como madeiras e polímeros sintéticos, contribuindo para o avanço de tecnologias mais limpas. A adoção de resíduos agroindustriais como insumo para a engenharia de materiais reforça o compromisso com os princípios da sustentabilidade, economia circular e inovação tecnológica. Assim, os compósitos desenvolvidos configuram-se como alternativa viável e promissora para o setor de materiais sustentáveis.

43



Fundação Oswaldo Aranha
Centro Universitário de Volta Redonda
Mestrado Profissional em Materiais



44