

**Fabricação de materiais compósitos sanduíche reforçados com fibra de juta e resíduos de madeira****Manufacturing of composite materials with jute fiber and wood waste in sandwich form**

DOI:10.34117/bjdv5n6-141

Recebimento dos originais: 27/04/2019

Aceitação para publicação: 06/05/2019

**Rodrigo da Silva Magalhães Dias**

Mestrando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – n° 01 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: rodrigo.ma.galhaes@hotmail.com

**Igor dos Santos Gomes**

Mestrando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – n° 01 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: igorgomes-@live.com

**Edil Silva de Vilhena**

Graduado em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas

Instituição: Universidade do Estado do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – n° 01 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: edilsilva8@hotmail.com

**Léo César de Oliveira Pereira**

Graduado em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – n° 01 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: leocesaroliveria@hotmail.com

**Carlos Eduardo Pinto Lopes**

Mestrando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – n° 01, 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: carlosengmec30@gmail.com

**Edielson Silva de Vilhena**

Mestrando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – n° 01, 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: edielson284@gmail.com

**Antonio Bruno da Silva Oliveira**

Graduando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – nº 01, 66075-110 – Belém – Pará  
E-mail: brunosilva5aa@gmail.com

**Maurício Maia Ribeiro**

Mestre em Engenharia Mecânica  
Instituição: Universidade Federal do Pará  
Endereço: Rua Augusto Corrêa – nº 01, 66075-110 – Belém – Pará  
E-mail: mauricio\_mrubeiro@hotmail.com

**Samuel de Castro Silva**

Graduando em Engenharia Mecânica  
Instituição: Universidade Federal do Pará  
Endereço: Rua Augusto Corrêa – nº 01, 66075-110 – Belém – Pará  
E-mail: samuelcastro.ufpa@gmail.com

**Leonardo Rios Araújo**

Graduando em Engenharia Mecânica  
Instituição: Universidade Federal do Pará  
Endereço: Rua Augusto Corrêa – nº 01, 66075-110 – Belém – Pará  
E-mail: leonardoaraujo.ufpa@gmail.com

**Antonio Henrique da Silva Bitencourt Júnior**

Mestre em Engenharia Mecânica  
Instituição: Instituto Federal do Pará  
Endereço: Av. Almirante Barroso – nº 1155, 66093-020 – Belém – Pará  
E-mail: antonio.bitencourt@ifpa.edu.br

**Roberto Tetsuo Fujiyama**

Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Materiais  
Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Endereço: Rua Augusto Corrêa – nº 01 66075-110 – Belém – Pará  
E-mail: fujiyama.ufpa@gmail.com

## RESUMO

Este trabalho objetiva fabricar e caracterizar mecanicamente compósitos de fibra/resina com o acréscimo de resíduos de madeira. Os materiais foram fabricados a partir de métodos manuais e os corpos de prova foram dimensionados de acordo com a norma ASTM D3039 e posteriormente submetidos ao ensaio de tração para a análise de suas propriedades elásticas. O compósito de Juta/Cedro apresentou resultados nas seguintes propriedades: tensão de ruptura, deformação e módulo de elasticidade, sendo os valores de 26,85 MPa, 1,904 % e 926,81 MPa, respectivamente. Enquanto que estas propriedades para o compósito constituído por Juta/Sucupira foram de 23,48 MPa para tensão de ruptura, 1,6 % para deformação e 833,11 MPa para o módulo de elasticidade.

**Palavras-chave:** Fibra natural. Resíduos de madeira. Característica mecânica.

## ABSTRACT

This work aims to fabricate and characterize mechanically fiber/resins composites with the addition of wood residues. The materials were manufactured by manual methods and the specimen were dimensioned according the ASTM D3039 norm and after submitted to the tensile test to the analysis of their elastic properties. The Jute/Cedar composite showed results at the following proprieties: tensile strength, deformation and elasticity modulus, being the values of 26,85MPa, 1,904% and 926,81MPa, respectively. While these proprieties to the composite composed by Jute/Sucupira were 23,48MPa to tensile strength, 1,6% to deformation and 833,11 MPa to the elasticity modulus.

**Keywords:** Natural fiber, Wood residues, mechanical characteristics.

## 1 INTRODUÇÃO

Questões relacionadas ao contexto ambiental têm ganhado reflexões, principalmente no que tange à conscientização quanto ao uso de materiais provenientes de fontes naturais. Neste sentido, o estudo sobre o uso de fibras de origem vegetal como reforço de materiais poliméricos tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas.

Teixeira (2006), aponta que um dos principais responsáveis pelos problemas de poluição ambiental, e suas consequências no âmbito social e humano, é o atual sistema de produção e consumo. O mesmo ainda cita que os problemas aparecem desde o momento da extração dos recursos naturais, passando pela fabricação e pelo uso de bens de consumo na sociedade humana, aqui denominada meio cultural, e finalizando na disposição de resíduos. Esses fatores são apontados como uma das principais causas dos impactos ambientais negativos que assolam nosso planeta atualmente.

No setor madeireiro, a grande quantidade de resíduos gerados sempre foi motivo para preocupações. Dentre esses, o pó da lixa e a serragem merecem especial atenção por serem materiais de baixa densidade, exigindo maior espaço para a estocagem, além de serem materiais altamente explosivos. Atualmente, cada vez mais os resíduos vêm despertando o interesse de pesquisadores e empresários, principalmente para verificar as possibilidades de reutilização desses materiais (YAMAJI, 2004).

Os materiais denominados não convencionais vêm cada vez mais sendo objetos de pesquisas científicas e estudos práticos de aplicação. Em diversos campos nos setores industriais, o uso de materiais compósitos já é uma realidade há algumas décadas e vem ganhando mais espaço em vários segmentos pelo fato de possibilitarem uma boa sinergia entre os diferentes componentes que os formam, resultando numa gama de propriedades muitas vezes mais interessantes do que as dos componentes isolados (COSTA, 2018).

Tendo em vista tal problemática, Jiang (2004), cita que os materiais compósitos de matriz polimérica (plástico) reforçado com madeira, os também chamados WPC

(woodplasticcomposite) são apontados como uma boa alternativa para o reaproveitamento para os resíduos provenientes da indústria madeireira.

O uso dos compósitos plástico-madeira está crescendo rapidamente. Isso se deve às vantagens desse produto em relação à madeira, como não rachar, não empenar e exigir pouca ou nenhuma manutenção (Brandt e Fridley, 2003).

Este tipo de compósito permite, ainda, ser reciclado por processos simples de moagem. O pó gerado pode ser usado tanto na indústria de compósitos, aproveitado como carga, quanto em outras indústrias como na mistura com matrizes cimentícias na fabricação de argamassas e concreto para a construção civil, em matrizes cerâmicas na fabricação de telhas, como núcleo de blocos de concreto, em matrizes asfálticas para pavimentação de ruas e estradas e como massa de enchimento em diversos produtos (CARVALHO, 2000).

Como possibilidade de material constituinte de compósito de matriz polimérica, há não só fibras as naturais como juta (SOUZA *et.al.*, 2019), sisal (COSTA *et. al.*, 2018), piaçava (CARVALHO *et. al.*, 2019), mas também os resíduos de madeira, cuja maior parte está associada à indústria de processamento de madeira em estado *in natura*. Gerwing *et al.*, 2001, avalia que o rendimento médio de resíduos da Amazônia Oriental é de 39% para laminadores, 36% para serras processam para o mercado interno e 32% para exportação.

Portanto, este trabalho objetiva realizar a fabricação de materiais compósitos híbridos (tipo sanduíche) reforçados com tecido de juta e resíduo de madeira Cedro (*Cedrelaspp*) e Sucupira (*Bowdichia nitida*) na forma de cavaco, de modo a obterem-se as propriedades mecânicas como tensão de ruptura, deformação e módulo de elasticidade a partir de ensaios de tração de acordo com a norma ASTM D3039.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. MATERIAIS

Os materiais utilizados para a fabricação dos corpos de prova foram:

- Resina de poliéster tereftálica e insaturada, como componente da matriz do compósito.
- Peroxido de MEK (methylethylketone peroxide), o qual atua como acelerador de cura para resina supracitada.
- Tecido de fibras de juta, o qual atua como reforço para a matriz.
- Resíduos em forma de cavaco das madeiras de Sucupira (*BowdichiaNitida*) e Cedro (*Cedrelaspp*)

Os materiais listados foram bastante acessíveis em sua aquisição, os mesmos foram facilmente encontrados na região comercial da cidade de Belém, a exemplo do tecido de juta, item muito comum em feiras no bairro do Comércio.

Os resíduos de madeira, comumente despejados de forma indevida, tiveram seu reaproveitamento na construção dos corpos de prova, tais componentes foram provenientes de serrarias.

## 2.2. MÉTODOS

Os compósitos com resíduos de madeira Cedro e Sucupira, em formato de cavaco, foram fabricados por meio de laminação manual (handlay-up). A quantificação dos materiais utilizados, em massa (g), foi obtida através de pesagem em uma balança de precisão a massa da resina, do tecido e do resíduo de madeira é apresentada na Tabela 1.

<b>Material</b>	<b>Juta/Cedro/Juta</b>	<b>Juta/Sucupira/Juta</b>
Resina	240,5 g	240,5 g
Acelerador	1,07 g	1,07 g
Tecido	-	161,28 g
Resíduo	-	110,8 g

Tabela 1. Massa, em gramas, dos materiais utilizados para a fabricação dos corpos de prova.

Primeiramente, dois blocos de madeira retangulares (os chamados compensados) foram preparados como bases para a fabricação das placas, as dimensões dos mesmos são de 120x280mm. Estes blocos de madeira serviram para a compactação do compósito.

Em seguida, houve a preparação de dois tecidos de juta. Estes foram cortados no formato dos compensados e colocados sob as faces dos mesmos, ou seja, na face superior e inferior.

Em seguida, os tecidos foram impregnados com resina poliéster e iniciador MEK e, então, preenchidos com resíduo de madeira. Por fim, fez-se a confecção das placas híbridas em formato sanduiche como mostra Figura 1.

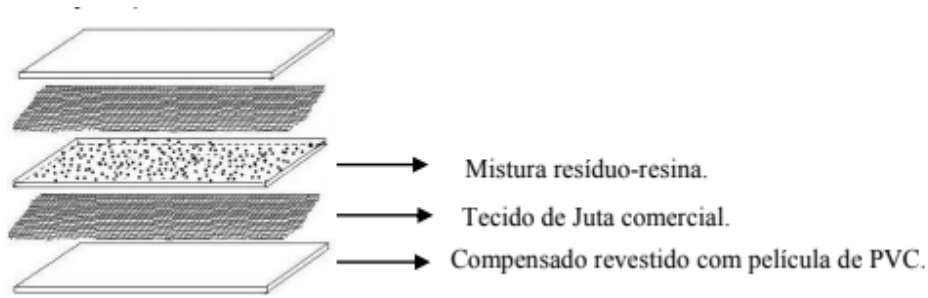


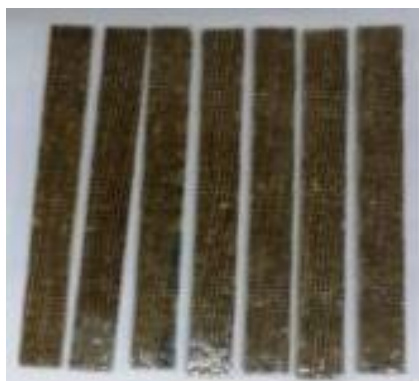
Figura 1. Representação esquemática das camadas componentes das placas dos compósitos híbridos.

Na etapa final, as placas foram postas em uma prensa hidráulica com o intuito de compactar o laminado, removendo, assim, grande parte das bolhas de ar que venham estarem presentes. As pressões aplicadas às mesmas variaram de 1 a 2 ton. O material teve o tempo de cura de 7 dias.

Passado o tempo de cura, os materiais foram retirados da prensa e deles foram retirados corpos de prova com dimensões segundo a norma ASTM D3039, para serem submetidas ao ensaio de tração.

É válido considerar que o processo descrito fora o mesmo aplicado a ambos os tipos de resíduos de madeira, na mesma ordem.

A Figura 2 demonstra os corpos de provas de acordo com a norma ASTM D3039, em seguida submetido ao ensaio tração.



a)



b)

Figura 2. Corpos de prova fabricados a partir de placas de acordo com a norma ASTM D3039 e ensaiados em máquina de tração. a) Corpos de prova; b) Ensaio de tração

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 PROPRIEDADES MECÂNICAS

As propriedades mecânicas em tração (médias) do compósito reforçado com Resíduos de madeira de Cedro e Sucupira são mostradas na Tabela 2.

<b>Material</b>	<b>Tensão de ruptura (MPa)</b>	<b>Deformação (%)</b>	<b>Módulo de Elasticidade (MPa)</b>
Juta/Cedro/Juta	26,85 ± 2,02	1,904 ± 0,392	926,81 ± 132,29
Juta/Sucupira/Juta	23,48 ± 1,19	1,6 ± 0,172	833,11 ± 238,06
Matriz pura	38,69	2,496	508,10

Tabela 2. Propriedades em tração do compósito de fibra de Juta com resíduo de Cedro, Sucupira e da Matriz pura.

De acordo com a Tabela 2, observa-se que a tensão de ruptura média obtida pelo compósito de Juta/Cedro foi de 26,85 MPa, seguido pelo de Juta/Sucupira com tensão média de 23,48 MPa, enquanto que da matriz pura obteve-se valor de tensão de ruptura superior ao dos compósitos, sendo este da ordem de 38,69 MPa.

Verifica-se, por conseguinte, que a deformação da matriz pura atinge a faixa de 2,496 %. Já a deformação do compósito juta/Cedro foi de 1,904 %, com variações de 0,392 %, enquanto que a do compósito de Juta/Sucupira foi de 1,6% com variações de 0,172%.

Este compósito Juta/Cedro atingiu o módulo de elasticidade de 926,81 MPa, indicando, assim, que este material é frágil em relação à matriz, pois esta apresenta o módulo igual a 508,10 MPa.

Por fim o módulo de elasticidade do compósito de Juta/Sucupira foi de 833,11 MPa, com variação de teve uma variação de 238,06 MPa, sendo, ainda assim, significativamente maior que o módulo do compósito de matriz pura, porém menor que a de Juta/Cedro em aproximadamente 11,25%.

### 3.2 ANÁLISE DA FRATURA

A Figura 3 mostra um dos corpos de provas após o ensaio de tração. Ainda que a adesão entre a fibra/matriz tenha se mostrado baixa, o módulo de elasticidade do material compósito demonstrou valores superior ao corpo de prova constituído de resina pura.



Figura 3 – Corpo de prova fraturado após o ensaio de tração.

#### **4 CONCLUSÃO**

Os resultados mostram que o compósito reforçado com Sucupira apontou redução em suas propriedades mecânicas de tensão de ruptura e deformação, quando comparado com o compósito de matriz pura. Porém, devido ao módulo de elasticidade, mostra-se eficiente ao ser submetido a funções que exigem baixo esforço mecânico. Já o compósito com resíduos de Cedro teve resultados satisfatórios com relação ao ensaio de tração e ótimos acabamentos de fabricação.

Comparando os resultados dos compósitos de Juta/Cedro e Juta/Sucupira, pode-se notar que a tensão de ruptura do compósito feito com resíduos de cedro é superior ao confeccionado com resíduos de Sucupira, assim caracterizando melhor desempenho quando posto sobre esforços de tração. Ainda que as deformações tenham tido valores aproximados, os seus módulos de elasticidade foram distintos, sendo este para o compósito constituído por resíduos de Cedro 10,10% superior em relação ao com Sucupira.

#### **REFERÊNCIAS**

ASTM D3039, 2017. Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials.

BRANDT, C. W.; FRIDLEY, K. J. Effect of load rate on flexural properties of wood-plastic composites. Wood and Fiber Science, v.35, n.1, p.135-147, 2003.

CARVALHO, A. F. Disposição de resíduos sólidos na indústria de compósitos. Anais do III Seminário "Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil: Práticas Recomendadas" 2000.



CARVALHO, M. J. C. *et. al.* Características de flexão de materiais compósitos de matriz cimentícia reforçada com fibras naturais de piaçava (*Attalea funifera*). *Revista Brazilian Applied Science Review*, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 791-803, jan./fev. 2019.

COSTA, D. S. da. *et al.* Resíduo industrial (cinzas) com fibra de sisal em compósitos poliméricos. *Revista Brazilian Applied Science Review*, Curitiba, v. 2, n. 7, Edição Especial, p. 2287-2294, dez. 2018.

GERWING, J., VIDAL, E., VERÍSSIMO, A., Uhl, C. *Rendimento no Processamento de Madeira no Estado do Pará, Série Amazônia No. 18.* Belém: Imazon, 38 p. 2001.

JIANG, H., KAMDEM, P. Development of poly(vinyl chloride)/Wood composite. A literature review. *Jornal of Vinyl and Additive Technology*. V. 1, n.2, p. 59-69, 2004.

SANTOS, E. A. DOS. *Avaliação Mecânica e Microestrutural de Compósitos de Matriz Poliéster com Adição de Cargas Minerais e Resíduos Industriais.* Tese 197 (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

SOUZA, J. H. S. *et. al.* Materiais compósitos de matriz poliéster com reforço híbrido de tecido de fibras de juta e mantas de fibra de vidro. *Revista Brazilian Applied Science Review*, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 777-790, jan./fev. 2019.

TEIXEIRA, M. G., CÉSAR, S. F. *Produção de compósito com resíduo de madeira no contexto da ecologia industrial.* *Revista Madeira: arquitetura e engenharia*, v. 7, n. 19 (2006).

YAMAJI, F. M. *Utilização da serragem na produção de compósitos plástico-madeira.* *Revista floresta* 34 (1), Jan/Abr 2004, 59-66, Curitiba-Pr.