

ESTUDO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS REFORÇADOS COM RESÍDUO DE MADEIRA SUCUPIRA NA FORMA DE CAVACO

Jullyane Milena Silva de Figueiredo, jullyane.figueiredo17@gmail.com¹

Gabriel Melo Nascimento, gabrielufpa13@gmail.com¹¹

César Tadeu Nasser Medeiros Branco, cesartadeub@hotmail.com¹

Deibson Silva da Costa, deibonsc@yahoo.com.br¹

Edwillson Oliveira filho, edwillson19@gmail.com¹

Fábio Santos de Sousa, fabio.eng.materiais@gmail.com¹

Samuel de Castro Silva, samuelcastro.ufpa@gmail.com¹

Geisiane Freitas Miranda, geisane.f.v.miranda@gmail.com¹

Jair Francisco Souza Magalhães, jairfsm@ufpa.br¹

Luciano Monteiro Alberto, lm_almeida@yahoo.com.br¹¹

Roberto Tetsuo Fujiyama, Fujiyama.ufpa@gmail.com¹

Igor dos Santos Gomes, igor.gomes@itec.ufpa.br¹

¹Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Correa, 1 – Guamá, Belém – PA, 66075-110

Resumo: Neste trabalho são apresentados métodos de fabricação das placas de compósitos laminados com variadas pressões de compactação, seguida de uma caracterização mecânica de compósitos de resíduos de madeira sucupira. Para desenvolver a fabricação desse material foi utilizada uma matriz poliéster insaturada teraftálica. O resíduo de madeira adicionado fabricação das placas é oriundo da árvore sucupira (*Bowdichia nitida*) encontrado na forma de lasca. As pressões de laminação foram variadas para avaliar a qualidade do material produzido. Realizou-se ensaios de tração para a caracterização mecânica através da máquina universal Kratos. As confecções dos corpos de prova provenientes da prensagem mais adequada basearam-se na norma ASTM D3039. A prensagem com carga de 1000 kg mostrou ser mais eficiente, com bom acabamento e mínimo de defeitos no processo de fabricação do que a de 500 kg. O trabalho propiciou a criação de um material compósito de baixo custo e impacto ambiental, já que grandes quantidades desses resíduos na região estão poluindo o meio ambiente.

Palavras-chave: compósitos estruturais, resíduos de madeira, processos de fabricação, caracterização mecânica, biodegradabilidade

1. INTRODUÇÃO

Materiais compósitos é a classificação de dois ou mais materiais que unidos originam uma nova composição, com características mecânicas não existentes nos componentes pré-existent isoladamente. Geralmente, é composta por duas fases heterogêneas, uma contínua chamada matriz e outra fase descontínua chamada reforço, produzindo materiais com características potencializadas, melhor tenacidade, melhor rigidez mecânica e química do material formado (CALLISTER, 2016).

Nota-se um aumento considerável de investimentos da indústria, de forma geral, no campo de pesquisa de materiais compósitos, em virtude da viabilidade de serem obtidas numerosas propriedades mecânicas em um único material. Recentemente, a indústria tem suprido suas necessidades por meio de materiais compósitos avançados, cujo desempenho se mostra bastante satisfatório. Porém, mesmo com excelentes resultados, a dependência desses materiais de matéria-prima de origem fóssil, como fibra de carbono, de vidro e kevlar, ainda são um fator de estudo.

A vista disso, está se intensificando os estudos cujo foco consiste no desenvolvimento de materiais com reforços oriundos de elementos naturais de origem renovável, com a capacidade de atingir desempenho minimamente satisfatório quando comparados aos de origem sintética. Entre as várias possibilidades, o resíduo nesse estudo foi madeira sucupira em resíduo na forma de cavaco.

Para tal fim, foram desenvolvidos métodos de fabricação de compósitos laminados com pressões de compactação variadas, sequente de uma caracterização mecânica de compósitos de resíduos de madeira sucupira.

2. MATERIAIS E METODOS

2.1. Materiais

2.1.1. Matriz Polimérica

O polímero aplicado no estudo em questão trata-se da resina poliéster insaturada tereftálica pré-aceleração em conjunto com o catalisador peróxido de MEK (Butanox M – 50), nas proporções de 0,33% (v,v).

2.1.2. Fibras de Juta

A fibra de Juta manuseada no presente estudo possui formato de tecido e foi adquirida em estabelecimentos locais na cidade de Belém, com propósito de fabricação de cortes menores com dimensão de 28 cm x 32 cm, resultando nas placas finais.

2.1.3. Resíduo de Madeira na Forma de Cavaco.

Uma árvore nativa do Brasil, encontrada principalmente na região do Cerrado na Caatinga e nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Bahia, Espírito Santo, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, Rondônia, Amazônia, Mata Atlântica. A Sucupira possui nome científico *Pteorodon emarginatus Vogel*, integrante da família *Fabaceae*.

Possui cerne e alburno distintos pela cor, cerne pardo-escuro-acastanhado, aparência fibrosa, ausência de brilho, cheiro e gosto imperceptíveis, alta densidade e textura grossa. A madeira é bastante utilizada na construção civil e na fabricação de moveis, devido sua durabilidade. No Brasil, as mais utilizadas são as pertencentes aos gêneros *Bowdichia* e *Diploptropis* visto que possui características semelhantes, e seu processo de uso produz resíduos em forma de pó.

A Sucupira (*Bowdichia nitida*) usada no processo de fabricação que será descrito está em forma de pó, proveniente do remanescente gerado por madeireiras, descartados no fim do seu procedimento.



Figura (1) - Resíduo de Sucupira utilizado.

2.2. Metodologia Experimental

2.2.1. Fabricações das placas

2.2.1.1. Resíduo de Sucupira Com Fibra de Juta

A elaboração dos compósitos sucedeu-se por meio de processo manual executado em seis etapas principais, que consiste: no preparo de resíduo e resina; Preparo das bases de madeiras nas quais ocorrem à montagem das placas de dimensões 12 cm x 18 cm; Produção de cascas (tecido de fibra de juta revertido com resina poliéster curada sobre o efeito de catalisador); Tempo de cura das placas; Corte e preparo dos corpos de prova para o ensaio.

A princípio foram estabelecidas as quantidades de resina e catalisador para o preparo das cascas e fabricação do recheio, que consiste na mistura de resíduo de madeira a resina poliéster em processo de cura sob efeito de catalisador. Na tabela (1) a seguir, serão detalhadas as quantidades de resina e catalisador que foram utilizadas neste trabalho:

Tabela (1): Quantidade de Resina e Catalizador

<i>Quantidades resina/catalisador</i>	<i>Massa (g)</i>
Resina casca	258
Iniciador casca	0,57
Resina recheio	240,5
Iniciador recheio	1,07

A primeira etapa compreende a preparação das bases de madeira retangulares, cujas medidas são 36 cm x 41 cm, que foram utilizadas como base no procedimento de montagem das placas e para o sequente processo de cura em prensa hidráulica.

As placas foram revestidas por uma fina folha de plástico transparente fixada por uma fita adesiva, com o propósito de impossibilitar que o compósito entre em contato direto com a madeira, evitando assim qualquer absorção de componentes resultantes dessa mistura. As placas foram dimensionadas com o objetivo de comportar em seu centro o tecido de juta. A fabricação das bases é composta pelos seguintes procedimentos:

- Encobri-la com plástico transparente e reforço de fita adesiva;
- Dimensiona-las conforme as proporções do tecido, posicionando o mesmo no centro do suporte;

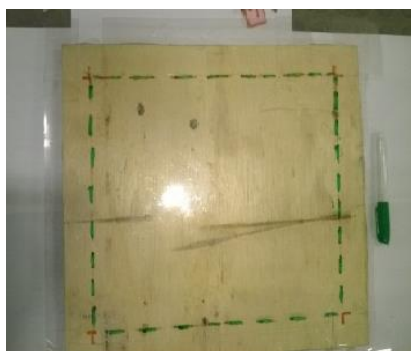


Figura (2) – Preparação das bases de madeira.

A segunda etapa compõe a preparação de cascas do compósito sanduiche. Despeja-se certa quantidade de resina das 258g determinadas previamente sobre a estrutura de madeira necessária para a produção da placa, de maneira que o tecido de juta posicionado sobre a resina em um dos suportes seja completamente revestido. Posteriormente, é despejado o restante da resina sobre o tecido de modo que as duas cascas sejam preenchidas uniformemente na parte inferior e superior. Esta etapa é finalizada com o tempo de cura de 24 horas no qual as cascas são submetidas.

A importância do procedimento de cura previa do compósito deve-se ao fato de que esse método impede que a placa sanduiche expulse resina quando submetida à pressão na prensa hidráulica e facilite a propagação do recheio sobre elas.



Figura (3) - Etapas da preparação das bases de madeira

Na terceira etapa foi feita a produção do recheio. Foram pesadas as quantidades de resíduo de madeira de Sucupira aplicada para 240,0g de resina com 1,07g de catalisador. A quantidade de resíduo usada foi determinada de acordo com a porção que a resina poderia suportar, considerando a maior fração mássica possível. Na tabela (2) estão expostas as quantidades adotadas no resíduo e sua fração mássica:

Tabela (2) – Quantidade de Resíduo e Fração Mássica

<i>Resíduo</i>	<i>Quantidade de Resíduo</i>	<i>Fração Mássica do Recheio</i>
Sucupira	240,5g	31,40g

O resíduo foi aquecido em forno micro-ondas, com o propósito de eliminar remanescentes de umidade que poderiam dificultar o processo de cura da placa ou maleficar o desempenho final do processo. Logo após, foi realizada a produção do recheio, efetuando a mistura do resíduo a resina poliéster.

O próximo passo consiste em unificar o conjunto Recheio-Cascas para formar a lamina de compósito híbrido. Para tal, foi espalhada sobre as cascas a mistura de recheio até desenvolverem um aspecto uniforme do material disposto sobre elas. Este processo é denominado Espalhamento Duplo, devido ao fato de que a disposição da mistura resíduo/resina sobre as duas cascas reduziu a presença de “vazios” no interior da placa, resultado não obtido quando o espalhamento era efetuado somente em um dos moldes, antes da unificação das placas.

Foi necessário uso de pregos com o objetivo de demarcar o centro e as bordas da placa. As superfícies de maior contato dos pregos foram cerradas para que não ocorresse o impedimento da união das duas placas, como é mostrado na fig. (4). O procedimento foi imposto para que na etapa da prensa hidráulica o recheio não fosse expulso do conjunto.



Figura (4) – Pregos dispostos sobre a placa

Após finalizar processo de laminação com a união das cascas, a placa foi posicionada sobre pressão de uma tonelada em prensa hidráulica, pois esta se mostrou mais eficiente, até o processo de cura com 5 horas de duração, aproximadamente.



Figura (5) e (6) – união das duas bases de madeira e a aplicação da pressão de uma tonelada, respectivamente.

O desmolde da placa das bases de madeira foi realizado somente no dia seguinte, marcando o fim do processo de fabricação total. A figura (7) mostra o resultado final da placa.

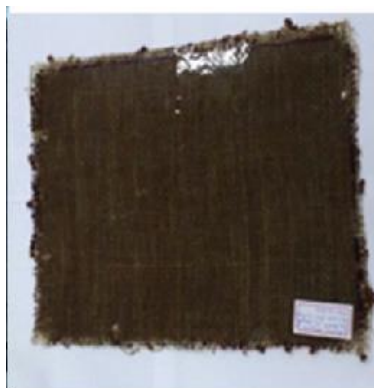


Figura (7) – Placa após o processo de fabricação.

2.2.1.2. Resíduo de Sucupira Sem Fibra de Juta

Este método é semelhante ao descrito anteriormente, todavia, sua diferença consiste na ausência da fibra de Juta como reforço em seu processo de fabricação. Neste método, após o preparo da base de madeira descrito anteriormente na primeira etapa, o recheio da placa é preparado e depositado diretamente sobre a base, eliminando assim a etapa do preparo e pré-cura do tecido de juta.

As etapas principais são mantidas: montagem das bases de madeira; preparação do recheio (resíduo de Sucupira, resina e catalisador) e suas respectivas quantidades; tempo de cura da placa e preparação dos corpos de prova para a realização do ensaio. São mantidas também todas as quantidades utilizadas no método de fabricação anterior. Após o preparo da placa, a mesma também é posicionada na prensa hidráulica para receber uma pressão de uma tonelada, pois esta mostrou-se mais eficiente assim como no método de fabricação anterior. Seu desmolde foi realizado no dia seguinte, finalizando o processo de fabricação.



Figura (8) – Corpo de prova após o processo de fabricação.

2.3. Preparo dos Corpos de Prova

Entre o processo de produção das placas e o processo de corte dos corpos de prova, de acordo com a norma determinada ASTM D 3039, foi deixado um intervalo de uma semana. Esta medida foi muito importante, pois processos como o corte e lixamento causam aumento de temperatura na superfície de contato podendo deteriorar o corpo de prova caso a resina não esteja completamente curada.

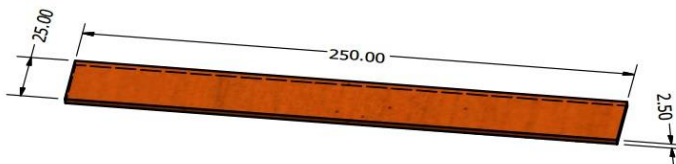


Figura (9) – Medidas do corpo de prova conforme a Norma ASTM D 3039.

Foram delimitadas três partes sobre o comprimento útil do corpo de prova para demarcar o local onde é feita a colagem do *Tab*. A lixa utilizada como *Tab* foi a de 120 mm, e após ocorrer a secagem da cola, os corpos de prova estão prontos para a realização dos ensaios.



Figura (10) – Corpos de prova após o processo de corte.

2.4. Ensaio de Tração

A máquina usada na realização do ensaio foi a máquina de teste universal KRATON, com célula de carga 5KN. No ensaio foram obtidas propriedades mecânicas tais como tensão de ruptura e módulo de elasticidade.

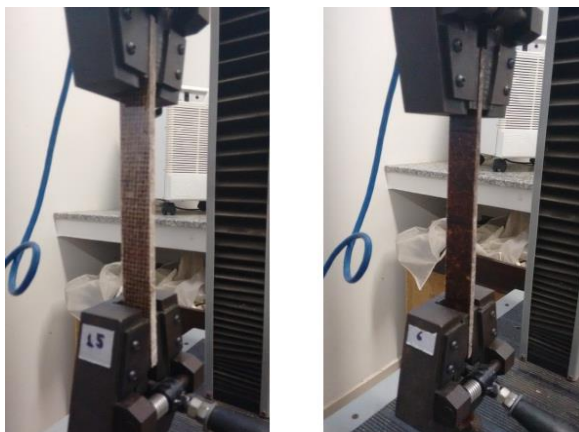


Figura (11) e (12) – Ensaios de tração dos corpos de prova com Juta e sem Juta, respectivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Resíduo de Sucupira com Resina Poliéster

Na tabela (3) estão expressos os resultados da caracterização mecânica.

Tabela (3) - Caracterização mecânica do compósito

<i>Material</i>		<i>Força (N)</i>	<i>Tensão (MPa)</i>	<i>Deslocamento (mm)</i>	<i>Módulo de Elasticidade (MPa)</i>
<i>Resíduo</i>	<i>Média</i>	1668,39	26,70	3,75	872,45
	<i>Desvio Padrão</i>	39,87	0,64	0,41	16,05
<i>Matriz pura</i>		1238	38,69	6,24	508,10



Figura (13) – corpo de prova após o ensaio

O método de fabricação mostrou-se eficiente, uma vez que o compósito apresentou defeitos mínimos e um bom acabamento. Os resultados da caracterização mecânica mantiveram-se estáveis quando comparados a matriz pura, conforme mostrado na tab. (3).

3.2. Resíduo de Sucupira Com Fibra de Juta e Resina Poliéster

Na tabela (4) estão mostrados os resultados da caracterização mecânica do referente compósito.

Tabela (4): Caracterização mecânica do compósito

<i>Material</i>		<i>Força (N)</i>	<i>Tensão (MPa)</i>	<i>Deslocamento (mm)</i>	<i>Módulo de Elasticidade (MPa)</i>
<i>Resíduo</i>	<i>Média</i>	1467,34	23,48	4,00	833,11
	<i>Desvio Padrão</i>	74,55	1,19	0,43	238,06
<i>Matriz pura</i>		1238	38,69	6,24	508,10



Figura (14) – corpo de prova após o ensaio

Neste método de fabricação, a força máxima no compósito foi maior que a do compósito de matriz pura, em razão da área do compósito com juta e resíduo ser maior. Entretanto, o deslocamento e a tensão de ruptura se mostraram inferiores quando comparados aos da matriz pura. O compósito é considerado rígido, devido ao seu módulo de elasticidade apresentar-se maior que o da matriz pura.

4. CONCLUSÕES

O material compósito perde algumas propriedades com a adição de resíduos, todavia, adquire outras em comparação a um compósito puro. Os módulos de elasticidade sofreram um aumento nos dois compósitos fabricados em consequência das descontinuidades geradas pelo resíduo na matriz poliéster. As concentrações de tensões ocorrem devido as descontinuidades criando uma resistência a deformação, ocasionando fraturas perpendiculares.

A ordenação das fibras pode causar uma influência positiva ou negativa no material compósito. No caso do resíduo de sucupira com fibra de juta o tecido corrigiu a diminuição de resistência causada pela adição do resíduo ao compósito. Para regiões de poucas solicitações mecânicas o compósito manifestou-se aplicável.

Foi possível verificar a presença de alguns vazios em decorrência da fabricação manual dos compósitos, no entanto, foram obtidos resultados convincentes comprovando a viabilidade da fabricação dos materiais compósitos com

base nos resultados obtidos. O trabalho originou materiais compósitos com um bom acabamento, baixo impacto ambiental, baixo custo e questão social. Sua utilização está vinculada a possibilidade de reaproveitamento do resíduo, reduzindo assim o impacto ambiental causado pelo seu descarte.

5. REFERÊNCIAS

- CALLISTER, WILLIAM D.; RETHWISCH, DAVID G. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. Tradução Sérgio Murilo Stamile Soares. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016
- ALVES, R.T. (2008) Embrapa Cerrados celebra centenário da imigração japonesa. Cerrados Informa. Planaltina, v. 9, n.88, p. 2.
- HOMMA, A. K.O. (2005) Amazônia: como aproveitar os benefícios da destruição? Estudos Avançados, São Paulo, v.54, n. 19, p. 115-135.
- MELLO, M.L.S., CONTENTE, S., VIDAL, B.C., PLANDING, W., SCHENCK, U. (1995) Modulation of ras 10th transformation affecting chromatin supraorganization as assessed by image analysis. Exp. Cell Res, v. 220, p. 374-382.
- RODRIGUEZ, F. (1996) Principles of Polymer Systems. Taylor & Francis. Washington, DC
- ASTM-D3039-D3039M-08 2008 Standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials, West Conshohocken, PA, 2008.
- ROQUE, C. A. L., VALENÇA, A. C. V. Painéis de Madeira Aglomerada.
- BNDES Setorial. 1998. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set805.pdf>. Acesso em outubro de 2015
- RODRIGUES, J. S. Comportamento mecânico de material compósito de matriz poliéster reforçado por sistema híbrido fibras naturais e resíduos da indústria madeireira. 2008. 91p. Dissertação - Programa de Pósgraduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pará. Belém, 2008.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluídos neste trabalho.

STUDY OF LAMINATED POLYMER COMPOSITES REINFORCED WITH SUCUPIRA WOOD WASTE IN THE FORM OF CHIPS

Jullyane Milena Silva de Figueiredo, jullyane.figueiredo17@gmail.com¹

Gabriel Melo Nascimento, gabrielufpa13@gmail.com¹

César Tadeu Nasser Medeiros Branco, cesartadeub@gmail.com¹

Deibson Silva da Costa, deibonsc@yahoo.com.br¹

Edwillson Oliveira filho, edwillson19@gmail.com¹

Fábio Santos de Sousa, fabio.eng.materiais@gmail.com¹

Samuel de Castro Silva, samuelcastro.ufpa@gmail.com¹

Geisiane Freitas Miranda, geisane.f.v.miranda@gmail.com¹

Jair Francisco Souza Magalhães, jairfsm@ufpa.br¹

Luciano Monteiro Alberto, lm_almeida@yahoo.com.br¹

Roberto Tetsuo Fujiyama, Fujiyama.ufpa@gmail.com¹

Igor dos Santos Gomes, igor.gomes@itec.ufpa.br¹

¹Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Correa, 1 – Guamá, Belém – PA, 66075-110

Abstract: In the present study is presented methods of manufacturing laminated composite boards with various compaction pressures, followed by a mechanical characterization of composites of sucupira wood residues. To develop the fabrication of this material, a therapephthalic unsaturated polyester matrix was used. The residue of wood added manufacturing of the plates comes from the sucupira tree (*Bowdichia nitida*) found in the form of splinter. The rolling pressures were varied to evaluate the quality of the material produced. Traction tests were performed for the mechanical characterization through the universal Kratos machine. The preparation of the specimens from the most appropriate pressing was based on ASTM D3039. Pressing with 1000 kg load proved to be more efficient, with a good finish and a minimum of defects in the manufacturing process than 500 kg. The work led to the creation of a composite material of low cost and environmental impact, since large amounts of this waste in the region are polluting the environment.

Keywords: structural composites, wood residues, manufacturing processes, mechanical characterization.