

Placas laminadas de compósito poliéster, tecido de juta e resíduos de madeira

Laminated polyester composite plates, jute fabric and wood residues

Reuel Rocha dos Santos^a, Maurício Maia Ribeiro^b,
Roberto Tetsuo Fujiyama^c, César Tadeu Nasser Medeiros Branco^c

reuel.rocha@ifpa.edu.br, mauricio.maia@ifpa.edu.br, fujiyama.ufpa@gmail.com, engmbcesar@gmail.com

^aInstituto Federal do Pará Campus Abaetetuba – IFPA, R. Rio de Janeiro, n.3322, Abaetetuba, PA, Brasil,

^bInstituto Federal do Pará Campus Ananindeua – IFPA, Av. Arterial 5^a, s/n, Ananindeua, PA, Brasil,

^cUniversidade Federal do Pará – UFPA, R. Augusto Correa, n. 1, Belém, PA, Brasil.

Resumo

Neste trabalho foram desenvolvidos e caracterizados materiais compósitos de matriz poliéster insaturada, na presença de resíduo de madeira (maracatiara, marupá e angelim pedra) e fibra natural (juta) na forma de tecido plano. Os processos de fabricação utilizados neste trabalho foram os de laminação manual e compressão a frio. Foram fabricados corpos de provas de materiais compósitos com poliéster/resíduos de madeira e as combinações de compósitos híbridos poliéster/tecido de juta/resíduos de madeira. Avaliou-se o comportamento mecânico dos compósitos em tração de acordo com os procedimentos da ASTM e micrografias em MEV da superfície de fratura. A metodologia de fabricação utilizada mostrou-se satisfatória principalmente em função das propriedades da matriz e para a carga na forma de lascas (maravalha).

Palavras-chave: Materiais Compósitos; Matriz Poliéster; Tecido de Juta; Resíduos de Madeiras.

Introdução

A produção de compósito plástico-madeira é uma alternativa de reaproveitamento para grande volume de resíduo na manutenção da sustentabilidade das cadeias produtivas que utilizam matérias-primas provenientes de fontes renováveis. Além da preocupação com o meio ambiente deve-se considerar também os aspectos humano e econômico; ou seja, para produzir produtos sustentáveis precisa-se levar em consideração não apenas o custo das matérias-primas e processos produtivos, mas

Abstract

In this work were developed and characterized composite materials of unsaturated polyester matrix, in the presence of wood residue (maracatiara, marupá and angelim stone) and natural fiber (jute) in the form of flat tissue. The manufacturing processes used in this work were manual lamination and cold compression. Specimen of composite materials with polyester/wood residues and hybrid composites of polyester/jute fabric/wood residues were manufactured. The mechanical behaviour of traction composites was evaluated according to ASTM procedures and micrographs at MEV of the fracture surface. The manufacturing methodology used proved to be satisfactory mainly due to the properties of the matrix and for the load in the form of splinters (shavings).

Keywords: Composite materials; Polyester matrix; Jute fabric; Wood residue.

sua viabilidade ambiental e social. A inserção de comunidades rurais e ribeirinhas nestas cadeias produtivas, por exemplo, freia ou reverte a tendência do êxodo rural.

Nos últimos anos um grande interesse mundial tem surgido pelo desenvolvimento de novas tecnologias que possibilitem a obtenção de compósitos de fibras naturais e compósitos plástico-madeira, com aplicações na indústria automotiva e de construção civil. Estes materiais têm recebido especial atenção por originarem estruturas de baixa densidade, comparados a compósitos reforçados com cargas minerais (Ribeiro, 2015).

Resíduos de madeira

A madeira maracatiara

Astronium lecointei Ducke popularmente conhecida como Maracatiara ou Muiracatiara, ocorre na Amazônia brasileira, nos estados do Acre, Amapá, Maranhão, Mato Grosso, Pará e Rondônia. Madeira de densidade alta, dura ao corte, sua durabilidade natural é elevada, não sendo atacada por insetos ou cupins de madeira seca. Em ensaios de campo, demonstrou durabilidade natural inferior a sete anos. Em ambiente marinho, foi intensamente atacada por organismos perfuradores. (Ipt, 2013).

A madeira marupá

Simarouba amara Aubl é uma árvore grande, tronco retilíneo, com diâmetro atingindo até 1,0 m. Ocorre principalmente nas matas de várzea, das Guianas até a Bahia, frequente em toda a Amazônia. Presente ainda nos Estados da Bahia, Ceará e Pernambuco. Madeira de densidade baixa e fácil de ser trabalhada, recebendo acabamento atrativo. (Ibama, 2016).

A madeira angelim pedra

Hymenolobium petraeum Ducke ocorre na Amazônia brasileira, nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará e Rondônia. Madeira de densidade média, dura ao corte, sua durabilidade natural é muito elevada em relação a fungos apodrecedores, moderadamente resistente a brocas marinhas e resistente a cupins de madeira seca. (Ipt, 2013).

Mecanismo de falha em materiais compósitos

A Figura 1 mostra os vários mecanismos de falha que podem ocorrer em compósitos reforçados por fibras. A fratura raramente ocorre de modo catastrófico, mas tende a ser progressiva, com falhas subcríticas dispersas através do material, o que constitui uma vantagem.

1. Arrancamento de fibras
2. Ponte de fibras
3. Descolamento fibra/matriz
4. Ruptura das fibras
5. Trincamento da matriz

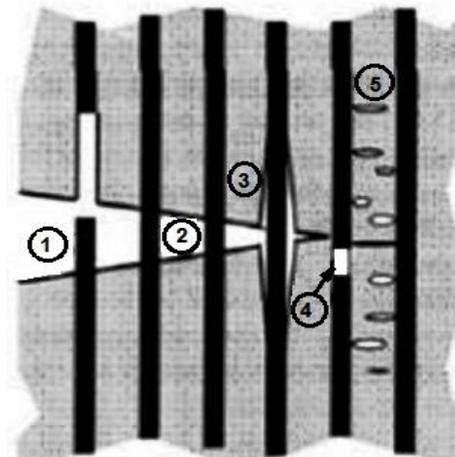


Figura 1: Mecanismos de falhas em materiais compósitos. Peres, 2011.

Os mecanismos de falha que podem ocorrer durante a fratura de um compósito fibrado são: a ruptura das fibras, a deformação e o trincamento da matriz, o descolamento das fibras, o deslizamento interfacial seguido da ruptura das fibras (*pull out*) e ainda o efeito denominado de pontes de fibras (*fiber bridging*), onde as superfícies de uma trinca são interligadas por fibras. Vários destes mecanismos podem atuar simultaneamente durante o processo de fratura de um compósito (Rodrigues, 2008).

Materiais

Resina poliéster tereftálica

O polímero utilizado no desenvolvimento do trabalho foi a resina poliéster tereftálica insaturada e pré-acelerada. O agente de cura utilizado foi o peróxido de MEK (Butanox M-50), na proporção de 0,33% (v/v). Como afirma Rodrigues (2008), a composição com 0,33% (v/v) apresentou além da maior resistência à tração, um nível de deformação também maior que as demais séries fabricadas. A resina foi adquirida já pré-acelerada com naftenato de cobalto na proporção de 0,15% em massa.

Fibra de juta

O tecido de fibra de juta foi adquirido junto à Companhia Têxtil de Castanhal e foram cortados em retângulo de 260 x 290 mm. As fibras foram utilizadas na forma como foram adquiridas, sem tratamento superficial e em condições ambiente. As medidas desejadas foram obtidas através do corte manual (com tesoura) a partir do tecido de fibra. Especificações do fornecedor são: trama E9 e massa por unidade de área: cerca de 280 g/m². (Pires, 2009).

Resíduos de madeira

O resíduo gerado pelas plainas nas instalações de serrarias e beneficiadoras chama-se maravalha (Fontes, 1994). Foram obtidos resíduos de maracatiara, marupá e angelim pedra, na forma de maravalha, proveniente do processo de corte da madeira pelo equipamento plaina. Os resíduos foram colhidos nas indústrias madeireiras localizada na cidade de Abaetetuba-PA. O material foi coletado no momento de processamento da madeira, de forma a garantir a uniformidade (em relação à espécie) da amostra.

Procedimentos experimentais

Confecção das placas de compósito

Os processos de fabricação utilizados neste trabalho foram os de laminação manual e compressão a frio. Os compósitos de Poliéster/ Tecido de Juta/Resíduo de Madeira foram formados a partir de lâminas alternadas de resina (2), juta (2) e resíduos de madeira (1), analogamente a um “sanduíche”. Já os compósitos de Poliéster/ Resíduo de Madeira foram formados misturando-se a resina poliéster, o agente de cura e os resíduos de madeira. O processo de cura para todas as placas ocorreu em prensa hidráulica, onde se aplicava uma carga de 0,5 toneladas por 24 horas e em seguida desformava-se o material compósito. A fração mássica usada em todas as placas foi de 12,68%.

Utilizou-se uma prensa hidráulica modelo MARCON – MPH15S, nesse processo o molde encontra-se em temperatura ambiente, ambas as faces das placas tinham bom acabamento e dimensões de 260 x 290 mm, ver Figura 2.

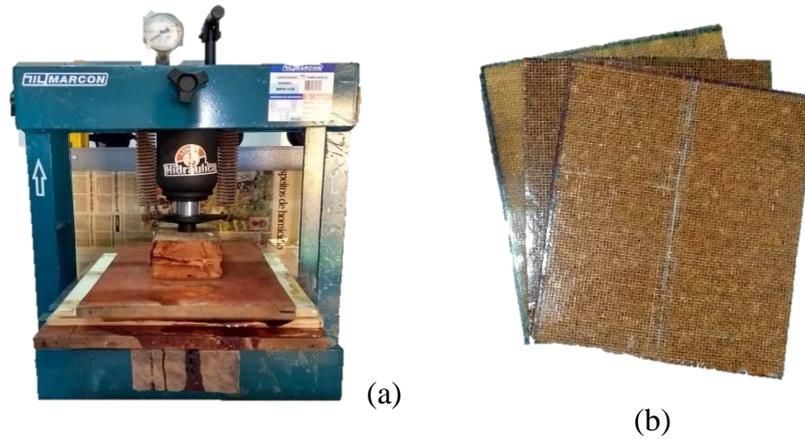


Figura 2: Fabricação do Compósito. a) Processo de compressão a frio, b) Material Compósito pronto.

Confecção dos corpos de prova

Os corpos de prova foram produzidos segundo a norma ASTM D3039 (2000) e cortados nas dimensões finais utilizando uma bancada desenvolvida exclusivamente para o corte dos compósitos. A Figura 3 ilustra corpos de prova obtidos após processo de corte das placas de materiais compósitos.

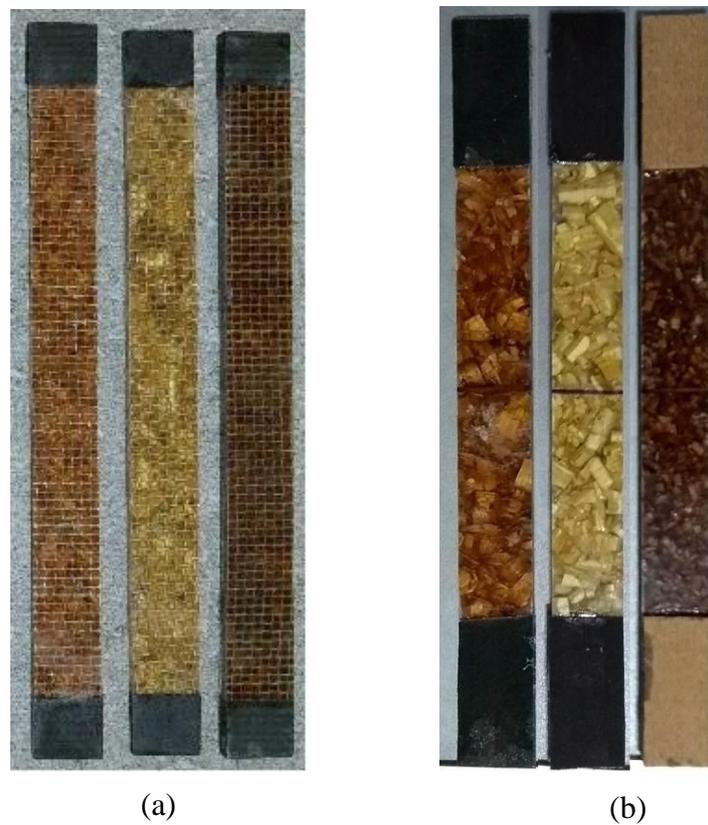


Figura 3: Corpos de prova para ensaio de tração. (a) Compósito Híbrido Poliéster/Juta/Resíduo de Madeira. (b) Compósito Poliéster/Resíduo de Madeira.

Ensaio de tração dos materiais compósitos

Os procedimentos e medidas para os ensaios foram extraídos da norma ASTM D3039. Os ensaios foram realizados em uma máquina de ensaio universal EMIC DL10000 – com célula de carga de 5 kN, a uma velocidade de ensaio de 2 mm/min. O número de corpos de prova fabricados foi de 08 para cada composição testada.

Tabas foram adesivados nas extremidades dos corpos de prova para reduzir a concentração de tensões na interface de colagem, evitar a danificação do mesmo, distribuir homogeneamente as forças de agarramento na fixação do corpo de prova na máquina de ensaio e proteger a superfície dos compósitos contra danos. (Santos, 2015).

Resultados e Discussão

Resistência à tração dos materiais compósitos

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos nos ensaios de tração da matriz poliéster e dos compósitos com Maracatiara, com Marupá, com Angelim, assim como os híbridos Juta-Maracatiara, Juta-Marupá e Juta-Angelim, mantendo-se constante a fração mássica.

Tabela 1: Síntese dos ensaios de tração.

Tipo de Material	Fração Mássica (%)	Resistência à Tração (MPa) (σ) Média (Desvio Padrão)	Autores
Matriz Poliéster	-	50,24 (\pm 3,18)	RIBEIRO (2015)
Poliéster/ Juta (Tecido/90/Tecido)	18	17,03 (\pm 4,44)	SANTOS (2015)
Poliéster e fibras de carnaúba - 10 e 15 mm	5,75 e 5,28	11,87 e 15,75	COSTA et al. (2013)
Poliéster com fibras de palha da costa - 15 mm	-	16,48	BARBOSA (2013)
Poliéster e fibras de bambu basal - 5 a 15 mm	5,41	14,20 (\pm 1,30)	KUWAHARA (2014)
Poliéster e fibras de bambu intermediário - 5 a 15 mm	5,41	16,20 (\pm 2,52)	KUWAHARA (2014)
Poliéster e fibras de bambu topo - 5 a 15 mm	5,41	16,93 (\pm 1,36)	KUWAHARA (2014)
Poliéster/ Lascas de Maracatiara	12,68	9,17 (\pm 1,52)	NESTE TRABALHO

Poliéster/ Lascas de Marupá	12,68	9,43 (\pm 1,71)	NESTE TRABALHO
Poliéster/ Lascas de Angelim Pedra	12,68	8,81 (\pm 0,97)	NESTE TRABALHO
Poliéster/ Tecido de Juta/ Lascas de Maracatiara	12,68	12,84 (\pm 1,34)	NESTE TRABALHO
Poliéster/ Tecido de Juta/ Lascas de Marupá	12,68	11,16 (\pm 0,85)	NESTE TRABALHO
Poliéster/ Tecido de Juta/ Lascas de Angelim Pedra	12,68	11,37 (\pm 1,57)	NESTE TRABALHO

Ao avaliar o valor de resistência à tração da matriz poliéster e compararmos com todos os compósitos estudados, chegamos a análise de considerável decréscimos de resistência dos materiais compósitos, especificamente reduções de 81,74% para o compósito Poliéster/ Lascas de Maracatiara, redução de 81,23% para o compósito Poliéster/ Lascas de Marupá, redução de 82,46% para o compósito Poliéster/ Lascas de Angelim Pedra, redução de 74,44% para o compósito híbrido Poliéster/ Tecido de Juta/ Lascas de Maracatiara, redução de 77,78% para o compósito híbrido Poliéster/ Tecido de Juta/ Lascas de Marupá, redução de 77,36% para o compósito híbrido Poliéster/ Tecido de Juta/ Lascas de Angelim Pedra.

A Figura 4 mostra a comparação entre os resultados os valores das Resistências à Tração (MPa) dos corpos de prova para os materiais em estudo.

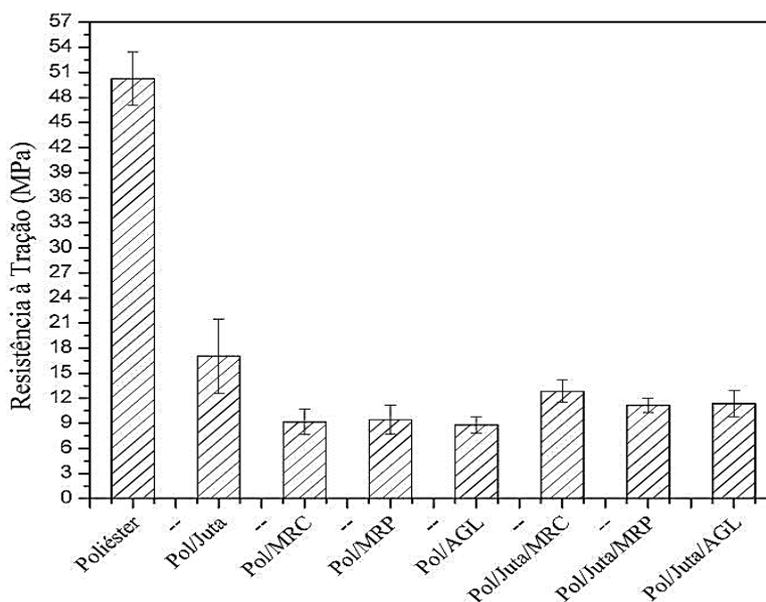


Figura 4: Variação da Resistência a Tração (MPa) com os tipos de materiais estudados – Poliéster (Pol), Juta, Maracatiara (MRC), Marupá (MRP), Angelim (AGL).

Para os compósitos híbridos Poliéster/ Tecido de Juta/ Lascas de Madeira a resistência à tração teve comportamento similar, nos três tipos de resíduos para o mesmo valor de fração mássica houve resultados semelhantes na resistência à tração de 12,84 MPa para Maracatiara, 11,16 MPa Marupá e 11,37 MPa para Angelim Pedra.

Nos compósitos de poliéster e resíduos de madeira, houve comportamento semelhante para a resistência à tração, nos três tipos de resíduo para o mesmo valor de fração mássica os resultados de resistência à tração foram de 9,43 MPa para Marupá, 9,17 MPa para Maracatiara e 8,81 MPa para Angelim Pedra.

Verifica-se que a inclusão de lascas de madeira na matriz de poliéster reduz drasticamente a resistência à tração das amostras, este descimento da resistência ocorre porque as cargas particuladas, inseridos em matrizes poliméricas dúcteis, podem atuar como pontos concentradores de tensão, nucleando trincas, reduzindo assim a resistência.

Aspectos fractográficos dos materiais compósitos

A Figura 5 mostra as micrografias eletrônicas da superfície fraturada dos materiais compósitos estudados. Em todas as amostras híbridas pode-se observar que as fibras do tecido de juta, perpendiculares a superfície da matriz, sofreram fratura ou pull out parcial, a destruição da fibra de juta elementar contribuiu para surgimento de ponto de concentração de tensão.

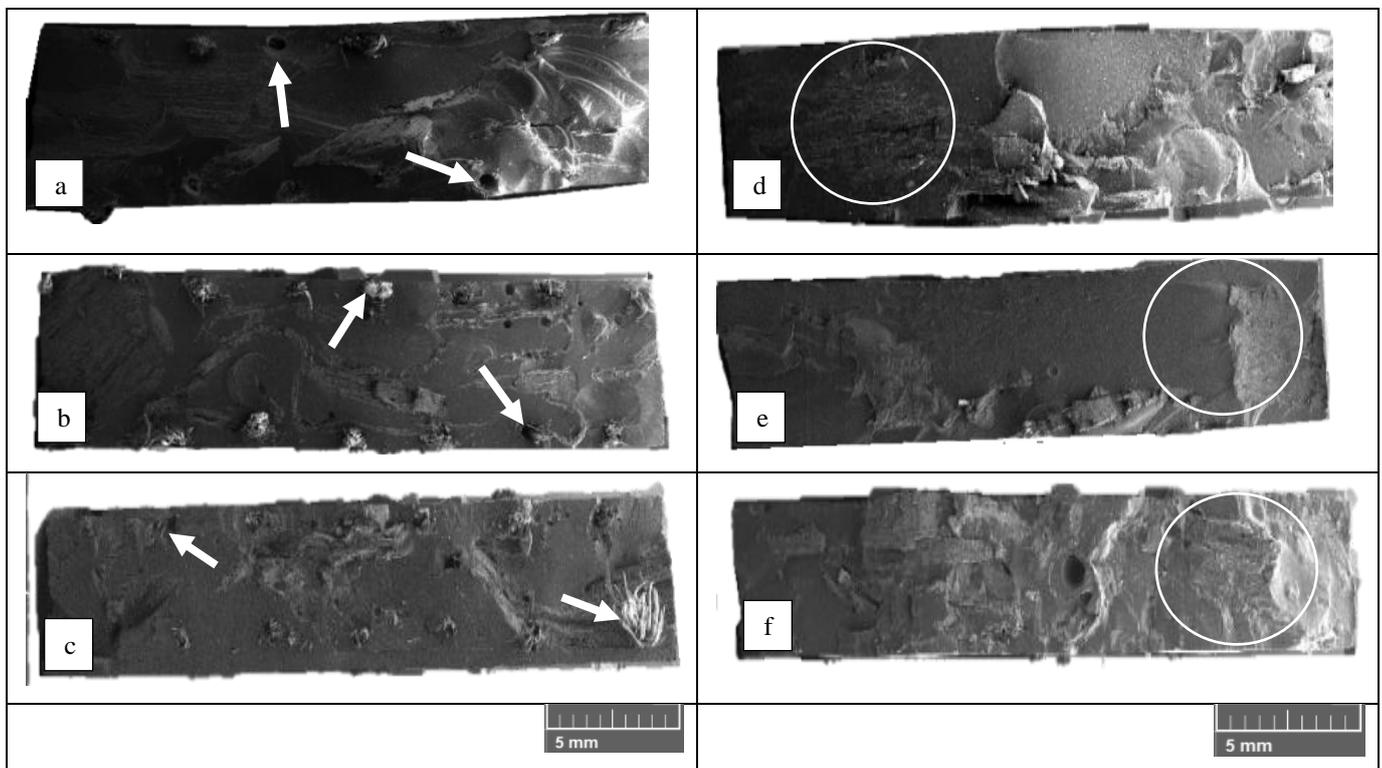


Figura 5: Micrografias eletrônicas da superfície de fratura dos corpos de prova (CP). (a)

Poliéster/Tecido de Juta/Lascas de Maracatiara. (b) Poliéster/Tecido de Juta/Lascas de Marupá (c)

Poliéster/Tecido de Juta/Lascas de Angelim Pedra (d) Poliéster/Lascas de Maracatiara (e) Poliéster

/Lascas de Marupá (f) Poliéster /Lascas de Angelim Pedra.

Devido à heterogeneidade granulométrica da carga de partículas. As partículas de cavacos (maravalhas) têm um efeito negativo nas propriedades do compósito. Essas partículas mais grosseiras, quando dispostas transversalmente à direção de carregamento, sofrem delaminação entre suas faces, nucleando trincas (Rodrigues, 2008).

Conclusões

A pesquisa, para a fração mássica estudada, revelou que o valor de resistência a tração do material compósito híbrido de juta com carga de maracatiara foi de 12,84 Mpa, para o compósito híbrido com carga de marupá foi de 11,16 Mpa e para o compósito híbrido com carga de angelim pedra foi de 11,37 Mpa. Os compósitos de poliéster e resíduos de madeira, obtiveram uma dispersão máxima da resistência à tração de 6,57%, o que demonstra comportamento mecânico similares em tração. Ocorreu considerável decréscimo (maior que 80%) de resistência dos materiais compósitos em relação ao comportamento mecânico da matriz poliéster. Nos compósitos constituídos por tecido de juta, houve uma discrepância também considerável (maior que 24%) na resistência à tração. Na análise micrográfica eletrônica da superfície fraturada dos materiais compósitos observou-se que as fibras do tecido de juta, perpendiculares a superfície da matriz, sofreram fratura, pull out ou pull out parcial. Há claramente ausência da matriz no centro da fibra elementar, não havendo molhabilidade nesta região. Devido à heterogeneidade granulométrica da carga de partículas, os cavacos têm um efeito negativo nas propriedades do compósito. Essas partículas mais grosseiras, quando dispostas transversalmente à direção de carregamento, sofrem delaminação entre suas faces, nucleando trincas. A metodologia de fabricação utilizada mostrou-se satisfatória principalmente em função das propriedades da matriz e para a carga na forma de lascas (maravalha).

Agradecimentos

Os Autores agradecem ao apoio da CAPES, CNPq, Universidade Federal do Pará e Instituto Federal do Pará.

Referências

ASTM D 3039. 2000. *"Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials"*. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials.

BARBOSA, D. O. *Características de compósitos de fibras de palha da costa com resina poliéster*. 2013. Belém, PA. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, Universidade Federal do Pará (UFPA), 34 p.

COSTA, D, et al . *Compósito Polimérico reforçado por fibras de Carnauba (Copernicia prunifera)*. In: 68 Congresso da ABM Internacional, 68, Belo Horizonte, 2013.

FONTES, P. J. P. 1994. *Auto-suficiência energética em serraria de pinus e aproveitamento dos resíduos*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. <http://hdl.handle.net/1884/28882>

IBAMA. 2016. Banco de Dados de Madeiras Brasileiras. Disponível em: < www.ibama.gov.br/lpf/madeira/caracteristicas.php?ID=273&caracteristica=194> consultado em : 24/01/2016.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2013. *Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil* / [coordenação Augusto Rabelo Nahuz]. IPT, São Paulo.

KUWAHARA, M. 2014. *COMPÓSITOS DE POLIÉSTER REFORÇADOS POR FIBRAS DE BAMBU E SISAL: Características Mecânicas E Aspectos Fractográficos*. Belém, PA. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará.

PERES, M. N. P.B. 2011. *Compósito de argamassa de cimento reforçada por fibra de sisal com entalhe definidos: caracterização mecânica e mecanismo de falha*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará.

PIRES, E.N. 2009. *Efeito do tratamento de superfície em fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.

RIBEIRO, M. M. 2015. *Comportamento em tração / flexão e aspecto fractográfico de matriz poliéster com pó de aerossil e de madeira com a inclusão de fibras curtas de sisal e juta*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará.

RODRIGUES, J.S. 2008. *Comportamento mecânico de material compósito de matriz poliéster reforçado por sistema híbrido fibras naturais e resíduos da indústria madeireira*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará.

SANTOS, J. E. M. 2015. *Placas Laminadas de Poliéster e Fibras de Juta em diferentes configurações*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará.

Submetido: 09/06/2017

Aceito: 03/01/2018