

COMPÓSITOS POLIMÉRICOS HÍBRIDOS COM FIBRAS NATURAIS E SINTÉTICAS CONTÍNUAS E ALINHADAS

Luciano Monteiro Almeida, lm_almeida@yahoo.com.br¹
César Tadeu Nasser Medeiros Branco, cesartadeub@hotmail.com¹
Douglas Santos Silva, dougsantosilva@gmail.com¹
Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho, edwillson19@hotmail.com¹
Fábio Santos de Sousa, fabio.eng.materiais@gmail.com¹
Fábio Nascimento Barbosa, emailparafabio@gmail.com¹
Francisco Xavier Lima da Silva, fxavirlima@gmail.com¹
Igor dos Santos Gomes, igor.gomes@itec.ufpa.br¹
Jair Francisco Souza Magalhães, jairfsm@ufpa.br¹
Moacir Kuwahara, moacirkuwahara@yahoo.com.br¹
Roberto Tetsuo Fujiyama, fujiyama@ufpa.br¹

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

Resumo: As pesquisas e aplicações de materiais tem se tornado amplamente diversificadas em inúmeros setores, principalmente aqueles que demandam interesses tecnológicos e ambientais. A alternativa de mistura de reforços híbridos em compósitos é muito vantajosa, pois permite projetar e modelar laminados específicos com desempenho mecânico de acordo com as necessidades do produto final. Esta pesquisa tem como principais objetivos avaliar o método de fabricação de compósitos laminados contínuos e alinhados, avaliar os teores de fibras de juta e vidro dentro da matriz de poliéster e correlacioná-los com os resultados de ensaios mecânicos de tração. A metodologia consistirá na fabricação de três compósitos laminados com a configuração de camadas de vidro/vidro/vidro, juta/juta/juta e híbridos de juta/vidro/juta em resina poliéster insaturada. Os compósitos fabricados foram avaliados através da verificação das propriedades mecânicas de resistência à tração e módulo de elasticidade e mostrou que o laminado de vidro/vidro/vidro teve melhor resultado, seguido de juta/vidro/juta e juta/juta/juta. As morfologias e principais mecanismos de falhas dos compósitos foram analisados por fractografia e mostraram que para o laminado de juta/juta/juta o processo predominante foi o pull-out; juta/vidro/juta, delaminação e rompimento da fibra e vidro/vidro/vidro, pulverização da matriz.

Palavras-chave: Laminados, Híbrido, Compósito, Fibra de vidro, Fibra de Juta

1. INTRODUÇÃO

As pesquisas e aplicações de materiais tem se tornado amplamente diversificadas em inúmeros setores, principalmente aqueles que demandam interesses tecnológicos e ambientais. Neste sentido os estudos sobre novos materiais que atendam o avanço tecnológico se fazem necessário. A possibilidade destes novos materiais induzem pesquisadores a buscarem na conjugação ou união de um ou mais elementos características desejadas não obtidas com a utilização de um só elemento constituinte do material (Leão, 2008).

Com o desenvolvimento da humanidade e consequentemente da tecnologia, materiais com melhores desempenhos, sejam os metais, polímeros ou cerâmicos, contendo fibras sintéticas, foram intensivamente utilizados e desenvolvidos pelo ser humano, diminuindo o interesse pelos compósitos de fibras naturais (Maleque; Sapuan, 2005).

Atualmente, os compósitos reforçados com fibras naturais começaram a ganhar simpatia e atenção em aplicações de engenharia. Propriedades físicas como baixa densidade e custo atrativo e rentável, além do fato destas advirem de fontes renováveis e serem biodegradáveis, são os aspectos mais importantes na escolha destes materiais como reforço em uma matriz (Joshi et al, 2004).

Deste modo, inúmeras matérias-primas de origem vegetal vêm sendo utilizadas na indústria em substituição às fibras de vidro, às poliméricas, de amianto entre outras. As principais utilizações de fibras naturais em compósitos é a produção de componentes sem função estrutural, tal como peças do interior ou do acabamento de automóveis (Pou et al, 2001). Este artigo se propõe apresentar os resultados dos ensaios de tração dos laminados fabricados com as seguintes configurações: juta/juta/juta, juta/vidro/juta e vidro/vidro/vidro e relacioná-los com a metodologia de fabricação aos principais mecanismos de fraturas.

1.1. Resina poliéster

É uma classe de material obtida através da reação de condensação entre um poliálcool e um ácido policarboxílico. Possui características versáteis, sendo encontrada comercialmente na forma de fibras, plásticos, filmes e resinas. Conforme a ausência e presença de duplas ligações entre os átomos de carbono, as resinas podem ser classificadas em insaturadas e saturadas. O poliéster saturado dá origem à polímeros de natureza termoplástica enquanto que o insaturado sofre reações de cura originando resina termofixa ou termorrígida (Barros, 2006).

De uma modo geral, estrutura de um poliéster é composta de três elementos fundamentais: ácidos saturado, insaturados e glicóis. O ácido insaturado, geralmente ácido maleico, propicia insaturações dentro da cadeia polimérica, as quais serão pontos reativos durante o processo de cura da resina. O ácido saturado é responsável pela distância entre as insaturações ao longo da cadeia poliéster, e o glicol proporciona o meio para a reação de esterificação e a formação de ligação entre ácidos saturados e insaturados (Pedroso, 2002).

1.2. Fibra de juta

A juta é uma fibra têxtil vegetal que foi introduzida no Brasil pelos japoneses e tornou-se uma das principais atividades econômicas das populações ribeirinhas da região amazônica, sendo um fator fundamental da fixação de mais de 15 mil famílias no campo.

O plantio da juta é realizado nas margens dos Rios Solimões e Amazonas no início da vazante. São terrenos nos quais o ciclo anual de cheia dos rios impede o crescimento natural da floresta ou a prática de alguma cultura permanente. Não é necessário o uso de queimadas ou qualquer outra técnica para limpar o terreno porque a cheia do próprio rio se encarrega disso. A lama deixada após a vazante serve de fertilizante natural, tornando desnecessária a utilização de adubos químicos.

Esta fibra detém, em comparação as outras fibras naturais, o potencial de aplicação melhor, a juta (*Corchorus capsularis*), cultivada em climas úmidos e tropicais na região norte do país, produz uma fibra de alta resistência, que quando misturada a polímeros, pode dar origem a produtos com menor densidade, podendo apresentar elevada aplicabilidade (Neto et al., 2007). A Tabela (1) descreve as propriedades mecânicas da fibra de juta adaptada de (Bledzi; Gassan, 1999).

Tabela 1. Propriedades da fibra de juta.

Propriedades	JUTA
Densidade (g/cm ³)	1,3
Alongamento %	1,5-1,8
Resistência à Tração (MPa)	393-773
Módulo de Elasticidade (GPa)	26,5

1.3. Fibra de vidro

Este tipo de fibra é o mais aplicado em matrizes poliméricas, por causa de inúmeros fatores como, principalmente ao seu baixo custo, alta resistência à tração, e elevada inércia química. Em contrapartida, estas mesmas fibras possuem baixo módulo de elasticidade, auto-abrasividade e baixa resistência à fadiga (Levy-Neto; Pardini, 2006). Além do mais, possuem excelente adesão com a matriz, boas propriedades dielétricas, elevado alongamento na ruptura, alta resistência à tração (comparada com fibras têxteis), resistência ao calor e ao fogo, resistência à umidade e coeficiente de dilatação linear térmico muito baixo (Bledzki; Reihmane; Gassan, 1996).

A constituição da fibra de vidro pode variar expressivamente de acordo com suas propriedades como observado na Tab. (2). As fibras do tipo S têm dificuldade característica de serem estiradas devida a pequena faixa de temperatura para a formação do filamento e, consequentemente, mais energia refletindo em maior custo de fabricação (Levy-Neto; Pardini, 2006).

Tabela 2. Propriedades dos tipos de fibras de vidro utilizadas em materiais compósitos.

Propriedades	VIDRO E	VIDRO S	VIDRO AR
Massa Específica (g/cm ³)	2,54	2,55	2,70
Módulo de Elasticidade (GPa)	70	86	75
Resistência à Tração (GPa)	2,40	2,80	1,70
Módulo Específico (Mm)	27	34	34
Preço (US\$/kg)	1,65-2,20	13,0-17,5	-
Preço(US\$/kg tecido)	10-20	20-40	-

1.4. Compósitos laminados híbridos

Por definição estes tipos de compósitos são caracterizados pela união de dois ou mais tipos de reforços, estando estes em formas de lâminas. Cada lâmina não necessariamente precisa conter os dois tipos de reforços. Deste modo, os laminados híbridos têm sido confeccionados, por exemplo, a partir da união de mantas de fibras vegetais com mantas (ou tecidos) de fibras sintéticas (Rezende; Costa; Botelho, 2011).

O método de hibridização de fibras naturais com fibra de vidro é um artifício para incrementar as propriedades mecânicas dos compósitos laminados com reforços de fibras vegetais, sendo que o grau de resistência depende do design e da construção do material compósito (John; Thomas, 2008).

Os compósitos híbridos com maior teor volumétrico de fibras de vidro apresentaram maior resistência à tração, que foi atribuído ao fato de que o modo de falha das amostras foi precedido pela falha da fibra de vidro, que apresentava um menor alongamento na ruptura (John; Naidu, 2004).

O comportamento mecânico de resistência ao impacto do laminado híbrido banana/vidro foi descrito que os seus maiores valores ficaram atrelados ao aumento de quantidades de mantas e quando as mantas estão intercaladas por causa da espessura de cada manta. Explica-se pelo fato que, entre as lâminas, há um acúmulo de resina poliéster, e a trinca no compósito altera de direção quando encontra a barreira mecânica do reforço e propaga-se através da matriz em modo paralelo às fibras (Joseph et al., 2008).

Nesta perspectiva, os compósitos de matriz poliéster reforçados com a configuração híbrida palha/algodão tiveram suas propriedades analisadas e comparadas com as de fibras de vidro e chegou-se à conclusão que apesar dos compósitos reforçados com fibras vegetais apresentarem resultados inferiores em tração, os mesmos podem possuir elevada importância em decorrência do fator de custos da matéria-prima, e em aplicações que necessitem de alta resistência ao impacto e desempenho modesto em demais solicitações mecânicas (Mwaikambo; Bisanda., 1999).

2. METODOLOGIA

Nesta seção serão discutidas as etapas de montagem e preparação das lâminas de vidro e juta, passando pelo processo de fabricação e configuração dos laminados, corte e confecção dos corpos de prova até os ensaios mecânicos de tração e análise das superfícies de fratura.

2.1. Montagem e preparação das lâminas de juta e vidro

As fibras de juta foram adquiridas no comércio de Belém em forma de tecidos, assim como as de vidro. Os tecidos de jutas e vidro foram desfiados. Os fios, por sua vez, passaram por um processo de seleção e separação visual, cortados manualmente (com tesoura) seguindo os comprimentos de 280 mm.

Os fios de juta e vidro foram selecionados e colocados no tear manual. O processo de tecelagem manual se deu com o alinhamento unidirecional de fibras de juta com ancoragem na direção transversal de fibras de sisal. O mesmo processo de fabricação para a lâmina de juta foi desenvolvido igualmente para as lâminas de vidro com ancoragem perpendicular das fibras de sisal.

Deste modo, foram desenvolvidas para cada lâmina configurações de fibras unidirecionais e contínuas de juta no sentido do urdume, ou seja, sentido da largura do tecido; e fibras de sisal com menores quantidades no sentido da trama, ou seja, do comprimento. Para o sistema com as fibras de vidro, foi seguido o mesmo processo de montagem das lâminas, só substituindo as fibras juta pelo as de vidro. A Fig. (1) tem-se ilustrado a preparação no tear manual das lâminas de fibras de juta e de vidro contínuas e alinhadas paralelas (0°) à direção de aplicação da carga.

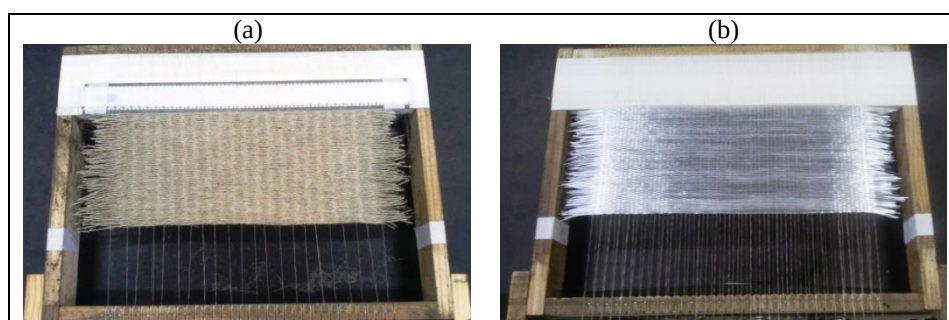


Figura 1. Preparação das lâminas de (a) juta e de (b) vidro.

2.2. Processo de fabricação e configuração dos laminados

Após a preparação das lâminas utilizou-se o forno em uma temperatura de 75°C para remover o teor de umidade dos tecidos unidirecional de juta durante o tempo de 7 minutos.

A fabricação dos compósitos laminados seguiu o método *Hand lay up*. Este método, bastante utilizado em laboratórios pela simplicidade onde os compósitos foram formados a partir de camadas alternadas de resina e tecido de juta ou vidro analogicamente a um “sanduíche”.

A Figura (2) tem-se, inicialmente, na confecção dos laminados foram utilizadas duas peças de madeiras com dimensões de 295 x 135 mm por 62 mm de espessura, revestidas com películas de filme de poliéster transparentes, P/ - 100Micras, exclusivo para utilização em equipamentos de cópias . As lâminas foram cortadas com as dimensões de 295 mm por 32 mm, no intuito de obter as dimensões corretas para o processo de laminação manual.

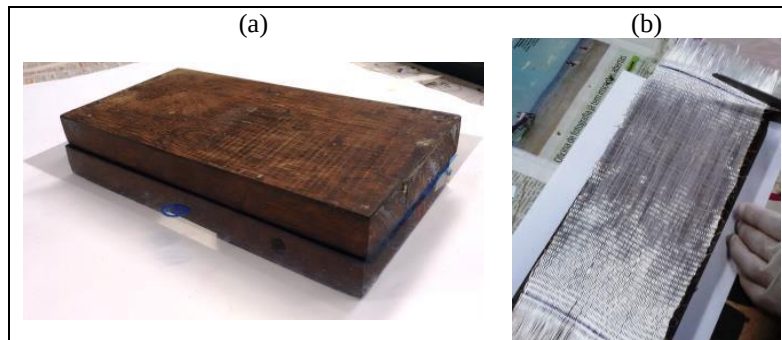


Figura 2. (a) Molde superior e inferior de madeira (b) Corte da lâmina de vidro nas dimensões do molde.

Na Figura (3) é mostrado para cada tipo de laminado confeccionado foi usada uma determinada quantidade de resina poliéster tereftálica insaturada (tipo CRISTAL) e agente de cura de peróxido de metil-etil-cetona (MEKP) com 0,7 % volume de resina que foi uniformemente distribuída por camada para garantir um padrão de fabricação das mesmas. Para a determinação da fração mássica, foi utilizado um método prático e que consistiu na pesagem de cada uma das lâminas de juta e vidro usadas para a fabricação dos compósitos laminados. Similarmente, for feito a pesagem da quantidade de resina e agente de cura no intuito de garantir a perfeita molhabilidade para as lâminas de juta e vidro, para cada configuração de compósito.

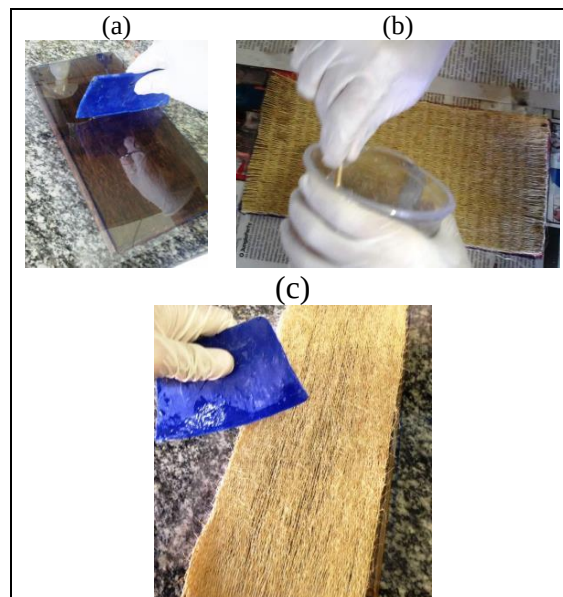


Figura 3. Processo de laminação (a) Impregnação da resina no molde revestido por uma lâmina de película transparente (b) Homogeneização manual de resina e agente de cura (c) Laminação da juta.

A Figura (4) evidencia uma esquematização da disposição do (a) compósito de Juta/Juta/juta foi fabricado com 5 (cinco) camadas intercaladas de resina poliéster, 3 (três) camadas de lâminas de juta. (b) O laminado de Juta/Vidro/Juta foi utilizado 5 (cinco) camadas intercaladas de resina poliéster, 2 (duas) camadas de lâminas de juta e 01 (uma) de camada de lâmina de vidro. (c) O compósito de vidro/vidro/vidro teve como configuração de 5 (cinco) camadas intercaladas de resina poliéster, 3 (três) camadas de lâminas de vidro.

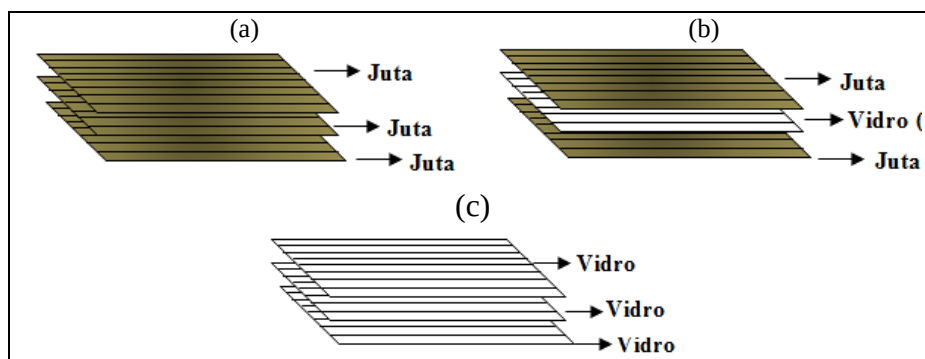


Figura 4. Esquema dos laminados (a) Compósito de Juta/Juta/Juta (b) Laminado de Juta/Vidro/Juta (c) Compósito de Vidro/Vidro/Vidro.

Posteriormente, processo de moldagem por compressão à temperatura ambiente de $23 \pm 3^\circ\text{C}$ foi realizado sob a carga de 500 kg e por 120 min na prensa hidráulica da Marcon, modelo MPH-10 t com manômetro. A Figura (5) temos a prensa hidráulica utilizada na compressão.



Figura 5. Prensa hidráulica utilizada na compressão.

Após esse procedimento aguardou-se uma semana para que se efetivasse a total cura do material. Após o tempo de cura completo, o compósito foi desmoldado de maneira simples retirando o molde superior e depois o inferior, retirando também a película plástica que se solta facilmente do laminado, sendo dessa forma extraído o compósito.

2.3. Corte e confecção dos corpos de prova

Posteriormente, os corpos de prova foram cortados utilizando uma bancada, conforme Fig. (6), desenvolvida exclusivamente para o corte dos laminados contendo uma máquina de corte de mármore e granito marca D'Walt, sendo fixada na bancada através de parafusos. A bancada possuía um dispositivo de ajuste de tamanho, para possibilitar o corte de compósito com larguras diferentes.



Figura 6. Máquina utilizada no corte dos corpos de prova.

Os corpos de prova foram confeccionados, conforme a norma ASTM D3039, com as seguintes dimensões: 250 mm de comprimento por 15 mm de largura e espessura de 1 mm, área de útil de tração de 140 x 15 mm e velocidade de ensaio de 2 mm/ min. Para o ensaio de tração foram colocados tabs de duratex fixados nos corpos de prova com cola “Tek Bond” adesivo instantâneo multiuso 725 de baixa viscosidade através de ato fixatório em um torno de bancada, recomendado pela norma com o intuito de distribuir homogeneamente a colagem e evitar o esmagamento do compósito pelas garras da máquina de tração. A Figura (7) mostra a parte final de confecção e construção das amostras antes de levá-las ao ensaio de tração. Sendo que da esquerda para a direita, os três primeiros configurados com as lâminas Juta/Juta/Juta, o do meio também com três corpos de provas com Juta/Vidro/juta e o último com mais três amostras de Vidro/Vidro/Vidro, totalizando nove.

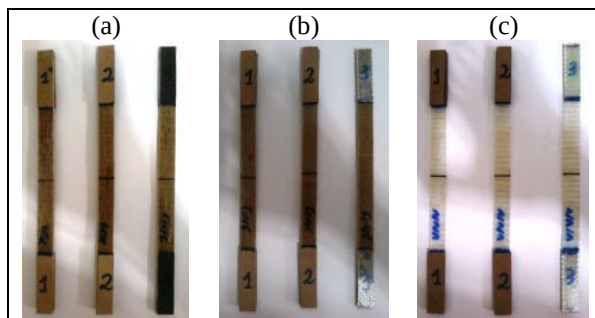


Figura 7. Corpos de prova de (a) Juta/Juta/Juta, (b) Juta/Vidro/Juta e (c) Vidro/Vidro/Vidro.

2.4. Ensaio de tração

Posteriormente, a máquina de ensaio utilizada foi AROTEC modelo WDW-100E com capacidade de 10 t, no campus IFPA Belém, com célula de carga de 5 kN e velocidade de ensaio de 2 mm/min, dentro da norma ASTM D3039. A Fig. (8) mostra a máquina de ensaio de tração.



Figura 8. Máquina de ensaio de tração.

2.5. Análise das superfícies de fratura

Posteriormente, a realização do ensaio mecânico de tração a superfície de fratura de cada corpo de prova foi analisada para a verificação dos principais mecanismos de falha. As análises foram realizadas através de uma câmera fotográfica de alta resolução da superfície das seções fraturadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Frações mássicas dos compósitos

Os compósitos laminados foram moldados nas seguintes configurações de lâminas de juta/vidro/juta, vidro/vidro/vidro e juta/juta/juta. A Tabela (3) mostra os resultados das frações mássicas calculadas para cada laminado.

Tabela 3. Resultados experimentais das frações mássicas.

Tipo de material compósito	Número de camadas	Material	% Peso
Juta/Juta/Juta	5	Resina	83,57
	3	Juta	16,43
Juta/Vidro/Juta	5	Resina	81,52
	2	Juta	12,48
	1	Vidro	6,00
Vidro/Vidro/Vidro	5	Resina	72,56
	3	Vidro	27,44

Na Tabela (3) têm-se os valores medidos durante o processo de fabricação com os valores necessários para garantir a molhabilidade das lâminas de juta e vidro para que o material produzido apresentasse a menor quantidade de defeitos, melhor qualidade e propriedade.

Observando os valores comparativos da Tab. (3) tem-se que o material compósito Juta/Juta/Juta apresentou maior quantidade de resina em sua constituição, que deve estar associado a maior absorção de resina por parte das fibras de Juta que são mais porosas que as fibras de vidro. A quantidade de fibras entre as camadas foi maior para o compósito de vidro/vidro/vidro, seguido do compósito Juta/Vidro/Juta e Juta/Juta/Juta. As quantidades de fibras estão associadas a maior densidade de fibras na área do laminado do material compósito, que ocorreu para o material compósito vidro/vidro/vidro.

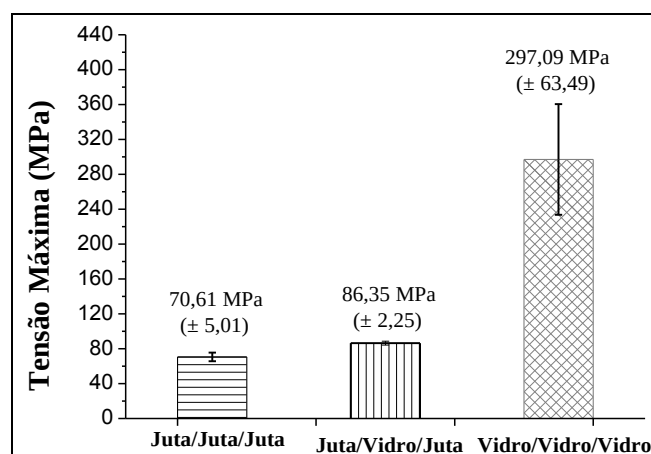
3.2. Propriedades Mecânicas de Tração

Os resultados de força máxima, alongamento na força máxima, tensão máxima e módulo de elasticidade obtidos no ensaio de tração encontram-se listados na Tab. (4) obtido para as laminados com as configurações de juta/juta/juta, juta/vidro/juta e vidro/vidro/vidro com a orientação paralelas (0°) à direção de aplicação da carga 0° .

Tabela 4. Resultados dos ensaios de tração dos laminados.

Propriedades dos compósitos	JUTA/JUTA/JUTA	JUTA/VIDRO/JUTA	VIDRO/VIDRO/VIDRO
Força Máxima (N)	$3,28 \pm 0,30$	$3,89 \pm 0,21$	$5,35 \pm 1,14$
Alongamento na Força Máxima (mm)	$5,74 \pm 0,42$	$5,67 \pm 1,28$	$7,01 \pm 1,68$
Tensão Máxima (MPa)	$70,61 \pm 5,01$	$86,35 \pm 2,25$	$297,09 \pm 63,49$
Módulo de Elasticidade (GPa)	1,33	2,71	8,36

É possível observar pela Tab. (4) que a tensão máxima foi maior para o compósito laminado na configuração de vidro/vidro/vidro seguido pelo de juta/vidro/juta e juta/juta/juta.

**Figura 9. Tensão Máxima dos laminados.**

As fibras de vidro são mais resistentes que as fibras de juta, conforme mostrado na Tab. (1) e a Fig. (9) e Fig.(10), fato que pode ter sido responsável pela maior resistência mecânica e maior rigidez do laminado reforçado pelas fibras de vidro quando comparado com o reforço unicamente de fibras de juta.

O comportamento mecânico superior dos laminados de vidro/vidro/vidro evidencia a ligação do teor de fibras que, de modo geral, propriedades superiores foram obtidas para as amostras com elevados teores para este tipo de compósito.

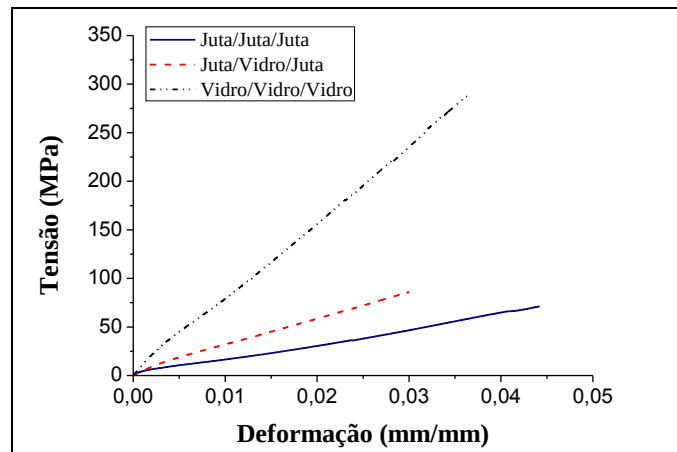


Figura 10. Comparação entre os resultados de tração dos compósitos laminados.

A razão pela qual o laminado juta/vidro/juta tenha atingido o melhor valor de resistência em comparação ao compósito unicamente confeccionado com lâminas de juta pode ser justificada pela intercalação das lâminas de fibra de vidro entre as laminas de juta, configuração essa que reproduz o arranjo para melhor resistência que o material compósito pode apresentar intercalado, ou seja, as fibras estão contínuas e alinhadas na direção do carregamento e fortemente aderidas à matriz de lignocelulósicas.

A diferença entre os compósitos laminados de juta/juta/juta e juta/vidro/juta não foi tão significativo isto foi possivelmente devido ao fato que a fibra de menor resistência mecânica encontra-se nas superfícies do compósito; e as garras posicionadas no corpo de prova podem danificá-lo precocemente durante o ensaio mecânico de tração, influenciando nos resultados (Jawaaid et al, 2011).

3.3. Análise das superfícies de Fratura

A Figura (11) descreve o aspecto da fratura e superfície do laminado de Juta/Juta/Juta ensaiado.



Figura 11. Aspecto da fratura do laminado Juta/Juta/Juta (a) Corpo de prova ensaiado (b) Superfície de fratura.

Observa-se na Fig. (11) pelas setas vermelhas que o mecanismo de fratura predominante de fratura foi pull-out, não foi observado o processo de delaminação. Algumas fibras de juta expostas indicam o arrancamento das mesmas.

A Figura (12) descreve o aspecto da fratura e superfície do laminado de Juta/Vidro/Juta ensaiado.

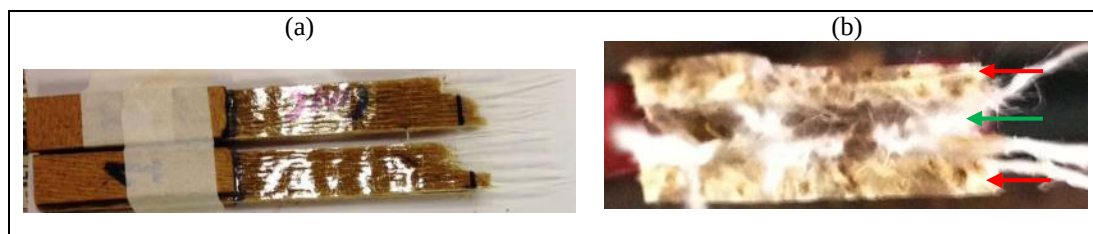


Figura 12. Aspecto da fratura do laminado Juta/Vidro/Juta (a) Corpo de prova ensaiado (b) Superfície de fratura.

A Figura (12) descreve que o processo dominante foi o de delaminação. As setas vermelhas indicam as lâminas de juta e a verde evidencia a lâmina de vidro. Na Figura (12 b) observa-se claramente as camadas que separam cada material, ou seja, a camada intercalada de lâmina de vidro.

A Figura (13) descreve o aspecto da fratura e superfície do laminado de Juta/Vidro/Vidro ensaiado.



Figura 13. Aspecto da fratura do laminado Vidro/Vidro/Vidro ensaiado.

Na Figura (13) da amostra de vidro não foi possível a análise da superfície de fratura devido a pulverização da matriz, não havendo processo de pull-out.

4. CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido tinha como objetivo analisar o comportamento mecânico de tração dos laminados de juta/juta/juta, juta/vidro/juta e vidro/vidro/vidro. Os resultados mostraram dentro da expectativa baseadas em literaturas pesquisadas.

O laminado híbrido de juta/vidro/juta não teve muita diferença no resultado de tração em comparação ao compósito de juta/juta/juta.

O método de fabricação mostrou-se adequado para o laminado híbrido juta/vidro/juta, porém a quantidade de fibra deve ter influenciado fortemente nos resultados dos ensaios de tração;

O Aspecto da superfície de fratura foi verificado que houve delaminação entre as camadas de juta para o laminado de Juta/Vidro/Juta após o ensaio de tração, logo o aumento do teor de fibras deverá aumentar a resistência mecânica dos sistemas híbridos.

Comparando os resultados do laminado vidro/vidro/vidro, este obteve o melhor resultado para as propriedades mecânicas, assim para o híbrido de juta/vidro/juta teve melhor rendimento em detrimento ao de juta/juta/juta, justificando que a fibra de vidro tem propriedades melhores fazendo com que influencie no rendimento do laminado fabricado.

Deste modo, este artigo tem proposta para trabalhos futuros para confeccionar outros compósitos com configurações diferentes. A substituição das fibras sintéticas em compósitos com reforços com fibras naturais reduziria muito custo e acarretaria um impulso ao desenvolvimento à economia local. O estudo em si, objetivou a pesquisa sobre a alternativa de produção de compósitos laminados híbridos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à PROPESP da Universidade Federal do Pará, IFPa.

6. REFERÊNCIAS

- Barros, A. R. de F., 2006 "Compósitos híbridos: desenvolvimento de configuração e efeitos de umidificação". 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Bledzki, A. K.; Gassan, J., 1999, Polymer Science Oxford, 24, 221-274.
- Composites", Journal of Reinforced Plastics and Composites. Vol. 23, No. 17/2004.
- Jawaid, M.; Khalil, H. P. S. A.; Bakar, A. A.; Khanam, P. N., 2011, "Chemical Resistance, Void Content and Tensile Properties of Oil Palm/Jute Fibre Reinforced Polymer Hybrid Composites", Materials and Design, 32 (2), pp. 1014-1019.
- John, K; Naidu, S. V. 2004., "Tensile Properties of Unsaturated Polyester Based Sisal Fiber-Glass Fiber Hybrid
- John, M. J.; Thomas, S., 2008, "Biofibres and biocomposites", Carbohydrate Polymers, 71, pp. 343-364.
- Joseph, S; Sreekala, M. S; Koshy, P; Thomas, S., 2008, "Mechanical Properties and Water Sorption Behavior of Phenol-Formaldehyde Hybrid Composites Reinforced with Banana Fiber and Glass Fiber", Journal of Applied Polymer Science, 109 (3), pp. 1439-1446.
- Joshi, S. V.; Drzal, L. T.; Mohanty, A. K.; Arora, S., 2004, "Are natural fiber composites environmentally superior to glass fibre reinforced composites?", Composites Part A, Vol. 35, pp. 371-6.
- Leão, M. A., 2008, "Fibras de licuri: um reforço vegetal alternativo de compósitos poliméricos", 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Levy-neto, F., Pardini, L.C., 2006, "Compósitos Estruturais, Ciência e Tecnologia", 1 ed., São Paulo, Edgard Blücher,
- Maleque, M. A; Sapuan, S. M, 2005, "Design and fabrication of natural woven fabric reinforced epoxy composite for household telephone stand", Materials and Design, Vol. 26, pp. 65-71.

- Mwaikambo, L. Y.; Bisanda, E. T. N., 1999, "The Performance of Cotton-Kapok Fabric Polyester Composites". *Polymer Testing*, 18 (3), pp.181-198.
- Neto, J. R. A., Carvalho, L. H., Araújo, E. M., 2007 "Influência da Adição de uma Carga Nanoparticulada no Desempenho de Compósitos Poliuretano/Fibra de Juta", *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 17, nº 1, p. 10-15.
- Pedroso, A. G., 2002, "Desenvolvimento de um processo de manufatura de placas de compósitos de poliéster insaturado/fibras de vidro pós-consumo e resina de poliéster insaturado", Tese (Doutorado em Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Pou, J.; Boutinguiza, M.; Quintero, F.; Lusquinos, F.; Soto, R.; Perez-amor, M., 2001, "Comparative study of the cutting of car interior trim panels reinforced by natural fibers", *Journal of Laser Applications*, Vol. 13, n. 3, pp. 90-95.
- Rezende, M. C.; Costa, M. L.; Botelho, E. C., 2011, "Compósitos Estruturais: tecnologia e prática". ed. Artliber.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

HYBRID POLYMERIC COMPOSITIONS WITH CONTINUOUS AND ALIGNED NATURAL AND SYNTHETIC FIBERS

Luciano Monteiro Almeida, lm_almeida@yahoo.com.br¹
 César Tadeu Nasser Medeiros Branco, cesartadeub@hotmail.com¹
 Douglas Santos Silva, dougsantosilva@gmail.com¹
 Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho, edwillson19@hotmail.com¹
 Fábio Santos de Sousa, fabio.eng.materiais@gmail.com¹
 Fábio Nascimento Barbosa, emailparafabio@gmail.com¹
 Francisco Xavier Lima da Silva, fxavirlima@gmail.com¹
 Igor dos Santos Gomes, igor.gomes@itec.ufpa.br¹
 Jair Francisco Souza Magalhães, jairfsm@ufpa.br¹
 Moacir Kuwahara, moacirkuwahara@yahoo.com.br¹
 Roberto Tetsuo Fujiyama, fujiyama@ufpa.br¹

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

Abstract: *The researches and application of materials has become widely diversified in numerous sectors, mainly those that demand technological and environmental interests. The combination alternative of hybrid reinforcements in composites is very advantageous, because It lets you design and to model specify laminates with mechanical performance according to the needs of the final product. This research has as main objectives to evaluate the method of manufacturing the continuous and aligned laminates composite, to measure the fiber contents of jute and glass reinforced polyester matrix and correlate them with the results of tensile test. The methodology consisted of three laminated plates with a glass/glass/glass, jute/jute/jute and jute/glass/jute layer configuration in unsaturated polyester resin. The manufacture composites were evaluated by checking the mechanical properties of tensile strength and Young's modulus and showed that the glass/glass/glass laminate had the best result, followed by jute/glass/jute and jute/jute/jute. The morphologies and main failure mechanisms of the composites were analyzed by fractography and demonstrated that for the jute/jute/jute laminate the predominant process was the pull-out, jute/glass/jute, delamination and breaking of the fiber and glass/glass/glass, matrix pulverization.*

Keywords: *Lamintates, Hybrid, Composite, Fiberglass, Jute fiber.*