

LAMINADOS DE MATRIZ POLIMÉRICA E FIBRAS DE BAMBU CONTÍNUAS E ALINHADAS

D. S. COSTA¹, W. R. BANNA¹, D. da S. COSTA² e J. A. S. SOUZA³

¹ Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia

² Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Faculdade de Engenharia de Minas e Materiais

³ Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Faculdade de Engenharia Química
E-mail para contato: deibsonsc@yahoo.com.br

RESUMO – Compósitos poliméricos com fibras naturais vêm sendo bastante estudados nas duas últimas décadas com algumas aplicações já bem estabelecidas, principalmente no setor automotivo. No entanto, suas aplicações ainda são limitadas pelo seu baixo desempenho mecânico quando comparado aos compósitos com fibras sintéticas. Pesquisas avançam buscando minimizar esse obstáculo e criar uma gama de aplicações desses tipos de compósitos reforçados por fibras naturais. Propõe-se nesse trabalho o desenvolvimento de um compósito laminado associando fibras de bambu alinhadas e uma matriz de resina poliéster. As fibras de bambu foram caracterizadas mecânica, física e microestruturalmente. O método de fabricação dos compósitos laminados utilizado foi o hand lay-up, sendo que os 12 (doze) corpos de prova foram confeccionados conforme a norma ASTM 3039. Foi realizado um estudo comparativo das propriedades mecânicas em tração do laminado de bambu com outros laminados reforçados por outras fibras vegetais. Análises microestruturais por microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram realizadas nos compósitos para avaliação de suas superfícies fraturadas. A resistência mecânica do laminado de bambu foi correlacionada com a morfologia apresentada no estudo fractográfico. As propriedades mecânicas do laminado de bambu foram próximas ou superiores aos resultados encontrados dos laminados de outras fibras vegetais.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a conjugação de propriedades inerentes aos materiais atingiu tamanha importância que o futuro de grande parte das aplicações está baseado no desenvolvimento dos materiais compósitos. Os mesmos são constituídos pela mistura ou combinação de dois ou mais constituintes diferindo em forma e/ou composição química e que sejam essencialmente (HAGE JÚNIOR, 1989).

A aplicação estrutural dos materiais compósitos apresentou considerável crescimento nos últimos anos em virtude de aperfeiçoamento nos processos de fabricação envolvidos bem como da concepção de novas configurações de reforço (tecidos) e estruturas laminares (OLIVEIRA, 2007).

Além disso, pode-se dar destaque ao crescimento do uso de compósitos à base de fibras vegetais tais como: sisal, juta, fibra de bananeira, curauá entre outras, ressaltando-se que sua principal aplicação se resume aos elementos submetidos a esforços de pequeno e médio porte. Isso porque quando comparadas às fibras sintéticas, as fibras naturais, em geral, possuem baixo desempenho mecânico.

Neste sentido, foram idealizados os compósitos laminados envolvendo as fibras vegetais de bambu. A aplicação deste tipo de compósito, no entanto, está condicionada a que o produto final aporte um bom desempenho mecânico aliado a um baixo custo de produção. Em princípio, a configuração desses compósitos costuma ser de vital importância na resposta final do material (OLIVEIRA, 2007). As configurações aqui idealizadas para os compósitos híbridos partem, em princípio, da utilização de fibra natural (bambu) em conjunção com a resina poliéster, de forma a se obter uma configuração com boas propriedades mecânicas do produto final.

As fibras naturais, segundo a indústria, consomem a mesma quantidade de resina que a manta de fibra de vidro durante o processo de impregnação. Esse fato pode levar a uma diminuição de custos de produção, desde que o tecido em questão apresente menor custo e que o produto final não apresente perdas significativas em suas propriedades mecânicas. Vale salientar, também, que as mesmas são derivadas de recursos renováveis, fazendo com que a sua utilização possa vir a gerar novos postos de trabalho a partir do cultivo, beneficiamento e operacionalização logística desses recursos vegetais (OLIVEIRA, 2007 e AGOPYAN, 1997).

Tendo em vista que a meta é o desenvolvimento de novos materiais, um estudo detalhado envolvendo propriedades mecânicas de resistência mecânica, bem como análise da fratura desenvolvida nas duas configurações em estudo, se faz necessário como ponto de partida para este trabalho de investigação. Visando possíveis aplicações das configurações em tubos e/ou reservatórios, o estudo influência da absorção de umidade nessas propriedades e características da fratura se torna essencial.

Dentre as matrizes poliméricas utilizadas para a produção de compósitos, a matriz de poliéster tem se destacado devido as suas propriedades mecânicas, baixa viscosidade, alta molhabilidade e baixo custo. Poliésteres insaturados são extremamente versáteis em suas propriedades e aplicações e tem sido um popular termofixo usado como matriz polimérica em compósitos. O poliéster é amplamente produzido industrialmente e possui muitas vantagens comparadas às outras resinas termofixas, incluindo capacidade de cura a temperatura ambiente, boas propriedades mecânicas e transparência (AZIZ et al., 2005).

Diante disso, este artigo se propõe a caracterizar as fibras de bambu e desenvolver um compósito laminado com fibras alinhadas juntamente com uma resina polimérica, caracterizando e analisando suas propriedades mecânicas e microestruturais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram desenvolvidos compósitos laminados de fibras de bambu, cujo método empregado foi de laminação manual (hand-lay-up), utilizando-se a resina poliéster tereftálica como matriz. As fibras de bambu utilizadas foram extraídas manualmente e caracterizadas física, mecanicamente e microestruturalmente. De acordo com as normas ASTM 3822 para caracterização mecânica, DNER-ME 084/95 para caracterização de teor de umidade e massa específica, microscopia eletrônica de varredura (MEV) para caracterização microestrutural e geometria das fibras. A Figura 1 mostra os colmos de bambu de onde foram extraídas as fibras para a produção dos compósitos.



Figura 1 – Colmos de bambu

Na Figura 2 têm-se as fibras de bambu extraídas prontas para serem alinhadas para a produção dos compósitos laminados.



Figura 2 – Fibras de bambu

A Figura 3 mostra as fibras de bambu alinhadas manualmente para a produção dos compósitos.



Figura 3 – Lâminas de fibras de bambu

A produção dos compósitos laminados de bambu foi baseada no método hand-lay-up, foram utilizadas 2 (duas) lâminas ou camadas de bambu, seguindo o seguinte procedimento: Colocou-se uma camada de resina poliéster, em seguida uma lâmina ou camada de fibras de bambu, colocando-se novamente uma camada de resina, e por fim colocou-se outra lâmina ou camada de fibras de bambu e resina poliéster para melhor impregnação e absorção entre fibra/resina. Utilizou-se um rolo para retirada das bolhas, ficando cerca de 1 h para a completa absorção da resina na fibra. Na etapa final coloca-se o laminado de bambu em uma prensa hidráulica universal com uma carga de 1 kN por 24 h. A fração volumétrica de fibras nos compósitos laminados de bambu foi de 31,25% de fibras dentro da matriz. A Figura 4 mostra o compósito laminado de bambu.



Figura 4 – Compósito laminado de bambu

Fabricou-se 2 (dois) laminados de bambu de onde retiraram-se 12 (doze) corpos de prova de acordo com as medidas da norma ASTM 3039. Para caracterização mecânica que consistiu em ensaio de tração uniaxial para verificação da resistência mecânica, alongamento e força dos compósitos. Os ensaios de tração tanto dos compósitos como das fibras de bambu foram realizado em uma máquina universal de ensaio de tração da marca kratos com célula de carga de 5 kN e velocidade de ensaio de 5 mm/min, sem extensômetro. Sendo que a análise de superfície de fratura dos compósitos foi verificada por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na caracterização mecânica e física das fibras de bambu obtiveram-se os resultados mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização das fibras de bambu

| | Resistência a Tração (MPa) | Alongamento (%) | Diâmetro (mm) | Massa Específica (g/cm ³) | Teor de Umidade (%) |
|-------------|----------------------------|-----------------|------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Fibra Bambu | 547,04 (±105,81) | 5,25 (±2,22) | 0,85 (±0,005) | 1,30 (± 0,01) | 10 (± 0,5) |

As fibras de bambu detêm boas propriedades mecânicas e físicas. O que justifica seu uso em compósitos de engenharia. A Figura 5 mostra uma imagem microestrutural da fibra de bambu.

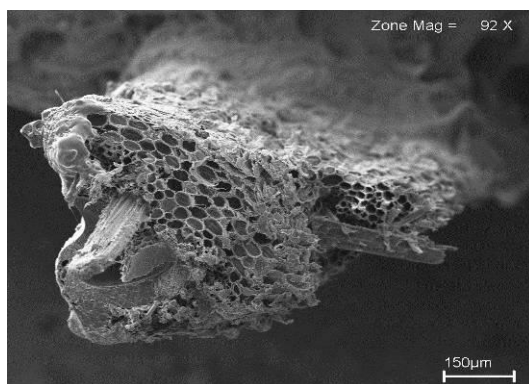


Figura 5 – Microestrutura da fibra de bambu

As fibras de bambu apresentam microestrutura típica de fibras vegetais, que são constituídas por microfibrilas, microcavidades superficiais, entrâncias e outras peculiaridades das fibras vegetais.

Na caracterização dos compósitos laminados de bambu obtiveram-se os resultados mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização dos compósitos laminados de bambu

| | Resistência a Tração (MPa) | Alongamento (%) | Força (N) | Fração Volumétrica de Fibras (%) |
|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------------|
| Compósitos Laminados Bambu | 147,08 (±26,96) | 5,72 (±0,60) | 2206,32 (±404,48) | 31,25 (±1) |

Ressalta-se que para os ensaios de tração uniaxial dos compósitos laminados de bambu, as fibras ficam dispostas na direção do carregamento, dessa maneira as fibras ficam sempre na direção paralela ao carregamento, ou seja, a (0°) da direção do carregamento, visto que se trata de um compósito laminado de fibras unidirecionais. O que resulta em um aumento da resistência mecânica e carga dos compósitos. A Figura 6 mostra o gráfico força x deslocamento dos compósitos laminados de bambu.

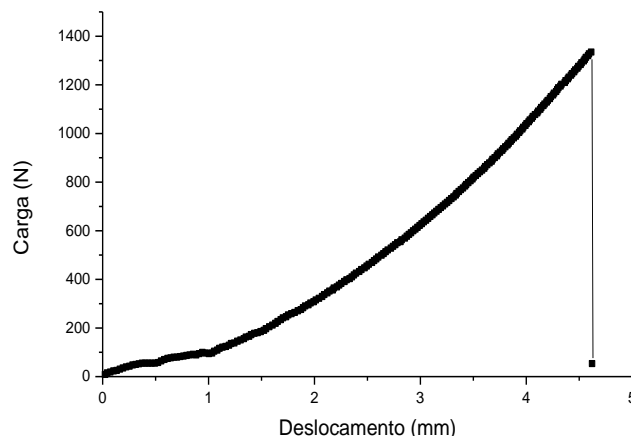


Figura 6 – Gráfico força x deslocamento dos laminados de bambu

Na caracterização mecânica dos compósitos laminados de bambu, apesar do método de fabricação ser manual, sem uso de aparato tecnológico, os resultados encontrados foram superiores a outros laminado pesquisados na literatura, sendo bastante superior aos encontrados por (JOSEPH et al., 1999). Os resultados foram também superiores aos de (SANTIAGO et al., 2007) e similares ao encontrados por (MONTEIRO et al., 2006). Apresentaram resultados bastante superiores aos encontrados por (RAJULU et al., 2003) que estudou compósitos laminados de fibras tratadas e não tratadas de bambu. O que mostra um bom desempenho do laminado de bambu em relação a outros pesquisados, apesar das fibras de bambu terem um diâmetro maior em relação ao diâmetro de outras fibras vegetais. O que não prejudicou na homogeneização e compactação entre as camadas e a impregnação com a resina. A Figura 7 mostra a análise das superfícies fraturadas dos compósitos laminados de bambu por microscopia óptica.

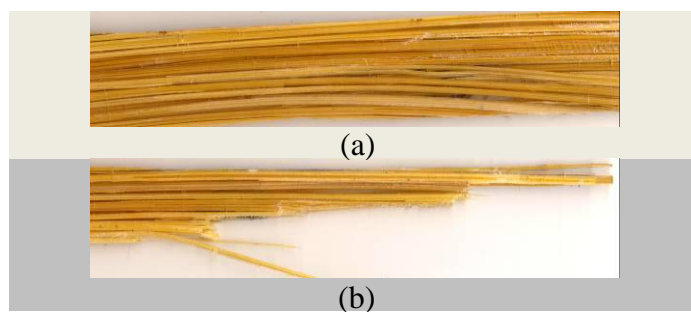


Figura 7 – (a) Seção longitudinal do laminado de bambu e (b) Região fraturada do laminado de bambu

A Figura 7 mostra através de microscopia óptica, a região longitudinal e fraturada dos compósitos laminados, onde se observa em (a) a boa disposição e acomodação das fibras dentro da matriz e sua uniformidade ao longo do compósito. Em (b) nota-se pelo formato da fratura, condições de deformação e carga do material, uma fratura dúctil dos compósitos laminados. Vale ressaltar também que nesta análise mostra-se a boa impregnação e compactação das fibras dentro da matriz, diminuindo os números de vazios, defeito, bolhas entre outros. Todos esses elementos beneficiam o aumento do desempenho da resistência mecânica dos compósitos.

Na Figura 8 têm-se a região fraturada dos compósitos analisada através de microscopia eletrônica de varredura.

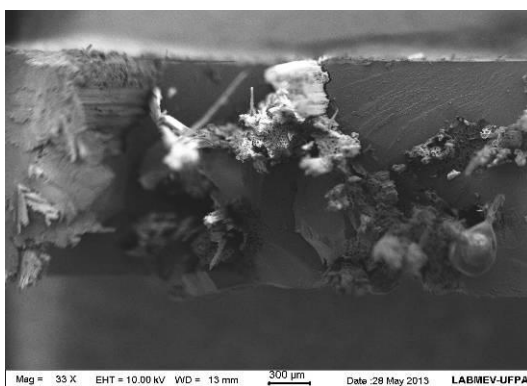


Figura 8 – Superfície fraturada do compósito laminado de bambu

Na Figura 8 observar-se a análise microestrutural dos compósitos laminados, evidenciando a influência do processo de fabricação empregado na confecção dos materiais compósitos e outros parâmetros importantes nas características finais do produto, tais como a presença de bolhas e vazios, qualidade das interfaces do laminado, dentre outras.

Através das características apresentadas na microestrutura dos compósitos, pode-se afirmar que houve uma boa adesão na interface fibra/matriz. Pois, não nota-se ou torna-se evidente o efeito da delaminação entre as camadas. O que depreciaria a resistência e outras propriedades do compósito laminado.

4. CONCLUSÕES

Os compósitos laminados de bambu mostraram-se eficazes com relação às propriedades analisadas. O método de fabricação se mostrou bom para produção de um laminado de baixo custo e com boas propriedades.

A caracterização mecânica dos laminados foram superiores ou similares aos outros laminados de fibras vegetais pesquisados. As análises das fraturas foram capazes de identificar a ocorrência de falhas nas fraturas dos compósitos laminados.

O estudo demonstrou boas propriedades de compósitos laminados reforçados por fibras de bambu, resultando em um material de baixo custo e impacto ambiental.

6. REFERÊNCIAS

1. AGOPYAN, V.; SAVASTANO JR., H. Uso de materiais à base de fibras vegetais na construção civil: experiência brasileira. In: Seminario Iberoamericano de Materiais Fibrorreforzados, Y reunion del proyecto PIP VIII. 5 cyted, Cali, 1997. Memórias. Cali: Cyted/Universidad del Valle, 1997. p. 23-40.
2. AZIZ, S. H.; ANSELL, M. P.; CLARKE, S. J.; PANTENY, S. R. Modified polyester resins for natural fibre composites. *Composites Science and Technology*, n. 65, p.525-535, 2005.
3. HAGE JÚNIOR, E. Compósitos e blends poliméricas. Campinas: Instituto latino-americano e IBM Brasil, 1989.
4. JOSEPH, P. V.; JOSEPH, K.; THOMAS, S. Effect of processing variables on the mechanical properties of sisal-fiber-reinforced polypropylene composites. *Composites Science and Tecnology*, n. 59, p. 1625-1640, 1999.
5. MONTEIRO, S. N., TERRONES, L. A. H., CAMERINI, A. L., PETRUCCI, L. J. T., D'ALMEIDA, J. R. M., Propriedades de Compósitos de Tecido de Juta Descartado Reforçando Matriz de Polietileno Reciclado. *Revista Matéria*, v. 11, n. 4, pp. 403 – 411, 2006.
6. OLIVEIRA, J. F. S. Estudos da influência da configuração em compósitos poliméricos híbridos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal – RN, 2007.
7. RAJULU, A. V.; DEVI, L. G.; RAO, G. B.; REDDY, R. L. Chemical Resistance and Tensile Properties of Epoxy/Unsaturated Polyester Blend Coated Bamboo Fibers. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, vol. 22, n. 11/2003.
8. SANTIAGO et al. (2007). Comportamento mecânico do compósito de resina ortoftálica reforçado com fibra de juta e tratado quimicamente com hidróxido de sódio. 2007.