

MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE FIBRAS DE BAMBU PARA COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIMÉRICA*

Dário Freire Arrais¹
Renardir Peixoto Maciel Júnior²
Santino Loruan Silvestre de Melo³
Enio Pontes de Deus⁴

Resumo

Atualmente, há uma grande preocupação em criar materiais cada vez mais sustentáveis, dentro desse contexto, encontra-se, o compósito de matriz polimérica adicionado de fibra natural. Dentro dessa classe de fibras, uma das mais utilizadas é a fibra de bambu, a qual apresenta um grande desafio devido a dificuldade para a sua obtenção ultrapassando o comprimento crítico de utilização, que é em média 200 mm. Fibras com essa dimensão são consideradas longas, sendo utilizadas principalmente para a confecção de compósitos como carga de reforço dentro da matriz. Logo, é de fundamental importância determinar métodos simples de obtenção das fibras para se obter melhores resultados diante da finalidade do compósito. Esse trabalho visa apresentar de forma clara processos mecânicos e químicos para se obter fibras de bambu curtas, particuladas e longas, apresentando o seu potencial mecânico através de ensaios mecânicos. Ao realizar ensaios químicos e mecânicos, os procedimentos que apresentaram melhores resultados em relação a fibra ensaiada natural foram a mercerização a 5% de NaOH em solução aquosa e acetilação por uma hora a 100°C.

Palavras-chave: Fibras de bambu; Obtenção; Polímero; Compósito.

METHODS OF OBTAINING BAMBOO FIBERS FOR POLYMERIC MATRIX COMPOSITES

Abstract

Currently, there is a great concern to create more sustainable materials, in this context, is the polymer matrix composite added natural fiber. Within this class of fibers, one of the most used is the bamboo fiber, which presents a great challenge due to the difficulty in obtaining exceeding the critical length of use, which is an average of 200 mm. Fibers of this size are considered long and is mainly used for making composites as reinforcing filler within the matrix. It is therefore of vital importance to determine simple methods of getting the fibers to obtain better results on the purpose of the composite. This paper presents a clear mechanical and chemical processes to obtain short bamboo fibers, particulates and long, with their mechanical potential through mechanical tests. When performing chemical and mechanical testing, the procedures that showed better results than the natural fiber were tested to mercerization 5% NaOH in aqueous solution and acetylation for an hour at 100°C.

Keywords: Bamboo fibers; Getting; Polymer; Composite.

¹ Engenharia Metalúrgica/graduando, bolsista de iniciação científica, Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará e Brasil.

² Engenharia Metalúrgica/graduando, bolsista de iniciação científica, Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará e Brasil.

³ Físico/bacharelado, bacharel, bolsista de Mestrado, Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará e Brasil.

⁴ Engenheiro Civil, Doutorado, Professor Adjunto /Orientador, Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará e Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Resultando de um princípio de heterogeneidade, os materiais compósitos são constituídos essencialmente por duas fases. Uma delas é o reforço- fibras, por exemplo- o qual apresenta grande resistência, elevado módulo de elasticidade e tem a forma de filamentos de pequeno diâmetro. A outra é a matriz que normalmente é macia e tem características sinérgicas. Esta última, sendo relativamente dúctil, envolve completamente a primeira fase, permitindo boa transferência de tensões entre as fibras interlaminares e no plano [1].

Na confecção de compósitos reforçados, quando definida a matriz, ao analisar os reforços a serem introduzidos, devemos levar em consideração as propriedades que se deseja alterar dentro do compósito [2]. O uso das fibras naturais em compósitos acarreta uma série de modificações que depende do comprimento, espessura, rigidez, módulo de elasticidade, dentre outros fatores que introduzem vantagens e desvantagens na sua utilização [1]. Recentemente, iniciou-se a busca para a substituição de matéria prima não renovável por materiais renováveis. Dessa maneira, as fibras vegetais apresentam um grande potencial como agente substituinte. São inúmeras as fibras que podem ser utilizadas, porém o bambu se mostra eficiente e cabível em um grande leque de vantagens, como área de plantio, excelente capturador de CO₂, quantidade de produto fibroso (aproximadamente 40%) obtido por colmo e reflorestamento [3].

Portanto, caracterizar mecânica e quimicamente a fibra de bambu é essencial para o desenvolvimento dessa classe de materiais renováveis, pois assim será possível determinar as propriedades que influenciarão na aplicação do compósito.

1.1 Características Morfológicas, Químicas e Físicas do Bambu

A quantidade de material celulósico nos colmos devidos aos feixes fibrosos orientados dentro do bambu, envoltos pelas suas células parenquimatosas, confere elevada resistência mecânica aos seus colmos, principalmente na parte mais externa, que concentra uma quantidade de fibras por secção maior que no interior. O bambu é ligeiramente em colmo, raiz e folhas, pode ser encontrado na natureza na forma entouceirante ou alastrante. As fibras são retiradas do colmo que é constituído de nós e entrenós. Os nós possuem células e feixes mais curtos que a região dos entrenós. Na área nodal se encontram os maiores concentradores de tensão devido aos grânulos rígidos presentes [3]. Nos internós, as células se encontram em orientação axial, nessa região as fibras são consideradas estreitas longas e relativamente rígidas devido à orientação da celulose. As fibras vegetais lignocelulósicas em alto teor nos vegetais, as quais são constituídas basicamente de celulose, hemicelulose e lignina. A celulose se apresenta nas microfibrilas como um material polimérico, onde seu grau de polimerização determina o comprimento da microfibrila. No seu estado elementar, como unidade de repetição, é chamada de celobiose, enquanto que a unidade de repetição da macromolécula é designada por anidro-D-glicose. Também é importante ressaltar o arranjo linear das unidades de glicose, que sugerem a forma de agulha para a nanocelulose.

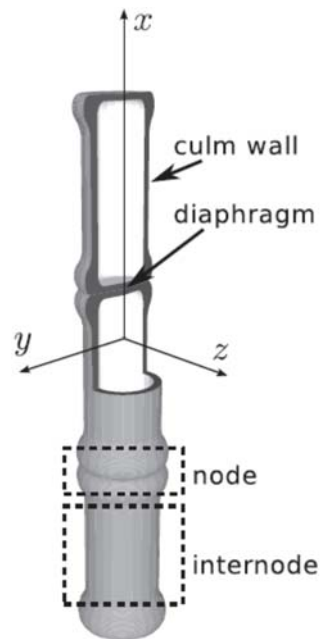


Figura 1: Diagramas e constituintes do bambu.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O bambu, da família das gramíneas *bambusa vulgaris*, utilizado nesse trabalho foi o entouceirante, de aproximadamente 3 anos, com comprimento médio de 4 metros, e diâmetro de 15 cm, presente nas touceiras controladas da UFC. O procedimento experimental foi separado em duas fases: tratamentos mecânicos e químicos.

2.1 Tratamentos Mecânicos

Foram utilizados equipamentos para a trituração dos colmos. Os equipamentos utilizados foram moinho de facas, e dois moinhos cedidos pela EMBRAPA para o refinamento da trituração. Com o material triturado, peneiras em mesh 30, 40 e 60 foram utilizadas para separar as fibras curtas da particulada em diferentes comprimentos e assim separar o material para utilização. Medimos o diâmetro médio das fibras longas com o auxílio de um micrômetro digital com 0.01 mm de precisão. As fibras longas foram obtidas por separação manual fibra a fibra dos colmos do bambu, obedecendo o critério de diâmetro entre 0,5 mm e 1,0 mm, comprimento acima de 200 mm, caracterizando assim comprimentos ideais para os corpos de prova que foram ensaiados de acordo com a norma ASTM D 3379-75(1998), em um equipamento de ensaio de tração universal EMIC modelo DL2000 e uma célula de carga EMIC modelo CCE500N de 50 kgf. Após a extração, são tratadas as fibras longas quimicamente como é proposto a seguir nos tratamentos químicos.



Figura 2: *Processo de corte dos bambus.* Seguindo a ordem de corte dos colmos, tem-se: corte dos entrenós, descascamento e corte em lascas para obtenção das fibras longas, curtas e particuladas. fonte: Próprio autor

2.2 Tratamentos Químicos

Os processos químicos utilizados foram mercerização (tratamento básico com NaOH) com porcentagens de 1%, 5% e 10% em solução aquosa e acetilação. Para a acetilação, foram usados anidrido acético, ácido acético (1,5:1,0 em massa) e como catalisador, a cada 250 ml de solução, adicionou-se 7 gotas de ácido sulfúrico. A mercerização tem como propósito retirar parte da lignina, ceras e açúcares das fibras. A acetilação introduz grupos apolares na fibra para proporcionar melhor aderência com as matrizes apolares que serão utilizadas posteriormente [6]. A mercerização foi feita no LPT, em capela e os tempos das fibras em solução foram de duas horas, com as porcentagens de 1%, 5%, 10%. As amostras foram imersas em solução a 26 °C (± 2 °C). A acetilação foi conduzida a 100 °C (± 2 °C) nos tempos de uma hora e duas horas. A verificação do tratamento alcalino e da acetilação foram verificadas com FTIR (Infra Vermelho com Transformada de Fourier).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os procedimentos aplicados para a trituração da fibra não levaram em consideração a perda das propriedades mecânicas, pois as fibras particuladas foram utilizadas no composto apenas como agente de carga volumétrica, substituindo matéria prima não renovável por material biodegradável renovável.

A fibra longa necessita de cuidado extremo na sua obtenção para que essa não se degrade. Foi esse o intuito de se utilizar um procedimento manual para a sua obtenção. Os tratamentos químicos também foram feitos após a extração da fibra, com o propósito de preservar melhor suas características mecânicas.

As peneiras em mesh cedidas pelo laboratório de biomassa da EMBRAPA foram utilizada para as amostras curtas e particuladas, que fornecem fibras de comprimento aproximado de 1,5 mm (± 0.2 mm) nos mesh entre 30 e 40, e 0,5 mm

(± 0.2 mm) para mesh entre 40 até 60. Os comprimentos médios das fibras são pré determinados pelas peneiras. As fibras longas de aproximadamente 250 mm, comprimento médio do colmo do bambu, apresentaram diâmetros de 0.5 mm até 1.0mm. As medidas do diâmetro foram realizadas 20 vezes cada com micrômetro diminuindo a incerteza na medição e proporcionando dados mais precisos. Os ensaios mecânicos realizados sob norma ASTM D 3379-75(1998) no LAMEFF informam os valores de tensão na força máxima, módulo elástico e deformação

médias para os cinco (5) corpos de prova preparados das cinco (5) amostras tratadas. Na tabela abaixo apresentamos os resultados obtidos.

Tabela 1: Tabela com os valores médios de Área da seção transversal, Tensão Máxima na ruptura, Módulo de Elasticidade e Deformação na Força máxima.

| Corpos de prova | A (mm ²) | Tensão Máx. (Kgf/mm ²) | E (Kgf/mm ²) | Deformação (mm) |
|-----------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------|
| Fibra Natural | 0,62 ± 0,02 | 43,51 ± 2,50 | 955,80 ± 6,53 | 1,98 ± 0,05 |
| NaOH 5% | 0,48 ± 0,02 | 51,70 ± 3,90 | 1052 ± 18,60 | 2,40 ± 0,66 |
| NaOH 10% | 0,41 ± 0,02 | 49,90 ± 1,80 | 1194 ± 22,50 | 1,80 ± 0,30 |
| Acetilada 1h | 0,40 ± 0,02 | 38,59 ± 1,90 | 1200 ± 11,70 | 1,40 ± 0,20 |
| Acetilada 2h | 0,48 ± 0,02 | 34,57 ± 1,70 | 1033 ± 34,20 | 1,40 ± 0,40 |

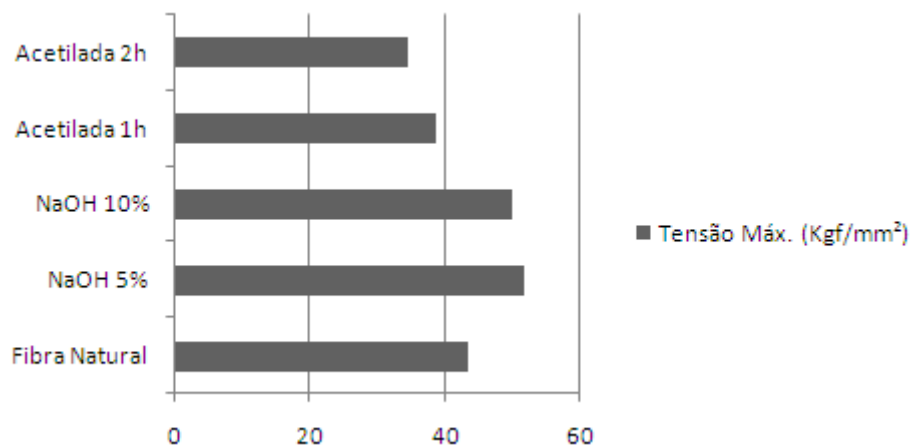


Figura 3: Gráfico com tensão máxima das fibras (naturais, mercerizadas e acetiladas) na ruptura.

Os infravermelhos foram obtidos em um equipamento da marca Perkin Elmer, modelo Ezimer 200, na região de 400-4000 cm⁻¹. As amostras de fibra de bambu natural e tratadas nas concentrações de 5 e 10% de NaOH foram previamente secas, misturadas e analisadas em pastilhas de KBr. Uma diferença significativa entre os espectros das fibras é a presença da banda em 1735 cm⁻¹ para a fibra natural, característica do estiramento axial do grupo C=C presentes na hemicelulose, pectina e ceras. O desaparecimento dessa banda após o tratamento químico com NaOH sugere que esses componentes foram parcialmente removidos. O surgimento da banda em 1724 cm⁻¹ mostra o aparecimento do grupo funcional carbonila, gerado pela reação de acetilação na fibra.

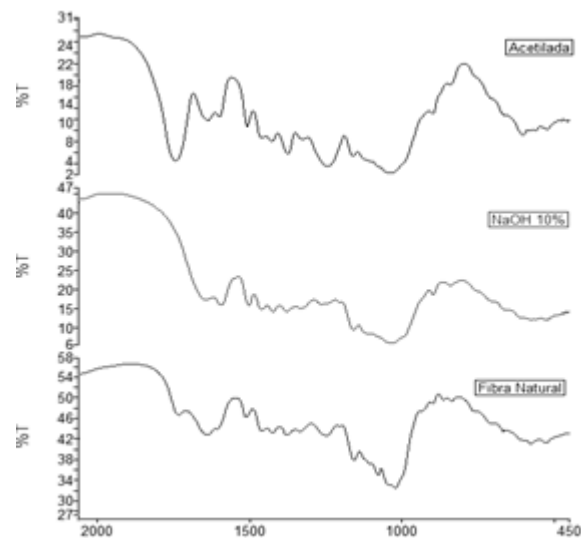


Figura 4: IFTR das amostras naturais, mercerizadas a 10% e acetilada por uma hora fonte: Próprio autor

4 CONCLUSÃO

Após análise das fibras obtidas e revisão bibliográfica, verificou-se que o processo de fabricação somente é possível com o material completamente seco, pois esse quando molhado tende a formar uma massa quando é triturado no moinho, comprometendo assim a moagem e separação nas peneiras.

As fibras longas e seus respectivos ensaios mecânicos foram elaborados e apresentaram melhores resultados de tensão máxima para o tratamento alcalino com NaOH 5%, que foi de $51,7 \pm 3,9$ kgf/mm². Para a acetilação, os melhores resultados de tensão máxima foram para as fibras acetiladas por uma hora, que foi de $38,59 \pm 1,9$ kgf/mm². Os módulos de elasticidade também apresentaram valores máximos para a mercerização com 5% de NaOH, que retornou $1052 \pm 18,6$ kgf/mm² e para a acetilação por uma hora de $1200 \pm 11,7$ kgf/mm².

A confirmação da acetilação e mercerização das fibras foi verificada com a análise IFTR e o aparecimento da banda em 1735 cm^{-1} para a mercerização e em 1724 cm^{-1} , caracterizando assim o aparecimento do grupo funcional carbonila.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) e ao CNPq pela concessão de bolsa, ao Laboratório de Produtos e Tecnologia em processo (LPT), ao Laboratório da Mecânica da Fadiga e Fratura (LAMEFF) pelo espaço e disponibilidade de materiais e equipamentos e a EMBRAPA pela disponibilidade de equipamentos.

REFERÊNCIAS

- 1 Levy Neto, Flaminio, Compósitos estruturais: ciência e tecnologia. São Paulo: Edgard Blucher, 2006
- 2 Callister, W.D., Fundamentals of materials science and engineering. John Wiley & Sons, New York, 2001

- 3 Marco A. R. Pereira e Antonio L. Beraldo. Bambu de corpo e alma. Bauru, SP: Canal6, 2007
- 4 Costa, T.M. de S. Estudo da viabilidade técnica do emprego do bambu da espécie *Bambusa vulgaris* como carvão vegetal. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Materiais). Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares-IPEN, São Paulo, 2004
- 5 Ghavami, K. Bambu: Um Material Alternativo na Engenharia. Revista do Instituto de Engenharia, n.492, 1992
- 6 Carvalho, Leila c., Ghavami, K., Produção de fibras de bambu para a fabricação de compósito de poliuretana de mamona. Departamento de Engenharia Civil, USP
- 7 Costa Júnior, Antônio Eufrázio, Estudo das propriedades térmicas e mecânicas de biocompósitos com matriz de LCC suportados em fibras de bambu, Dissertação de Mestrado, UFC, 2012