



ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS COM FIBRAS DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*)¹

Elaine Cristina Andrade²
Múcio Marcos Silva Nóbrega³

Resumo

A utilização de fibras vegetais como reforço em compósitos poliméricos vem se difundindo a cada ano devido algumas características, tais como: baixo custo, elevada disponibilidade e ser derivada de fontes renováveis. O açaizeiro se destaca, entre os diversos recursos vegetais, pela sua abundância e produção, sendo o Açaí um importante alimento para as populações da região Norte do Brasil. Este trabalho tem como objetivo a elaboração e caracterização mecânica de compósitos poliméricos reforçados com fibras curtas de Açaí (*Euterpe oleracea*). Vários teores de fibras foram incorporados à matriz termofixa para analisar o comportamento das propriedades mecânicas em tração e flexão de acordo com as normas ASTM D-3039 e D-790, respectivamente.

Palavras-chave: Compósitos poliméricos; Fibras de açaí; Propriedades mecânicas.

STUDY OF MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMERIC COMPOSITES REINFORCED WITH AÇAÍ FIBERS (*Euterpe oleracea*)

Abstract

The use of vegetables fibers as reinforcement in polymeric composites has been disseminated every year due some features, such as: low cost, high availability and be derived from renewable sources. The Açaí tree stands out among the various vegetables resources, due its abundance and production, being the Açaí an important food for the populations of North region of Brazil. This work has as goal the preparation and mechanical characterization of polymeric composites reinforced with short fibers of Acaí (*Euterpe oleracea*). Various mass fractions of fibers were incorporated into the thermoset matrix to analyze the behavior of mechanical properties in tensile and flexural according with the ASTM D-3039 and D-790 norms, repectively.

Key words: Polymeric composites; Açaí fibers, Mechanical properties.

¹ Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Iniciação Científica – FEMAT/UFPA.

³ Doutor, Professor Adjunto – FEMAT/UFPA.



1 INTRODUÇÃO

A utilização de materiais compósitos reforçados com fibras tornou-se cada vez mais comum em muitas aplicações devido às suas excelentes propriedades mecânicas ao longo dos materiais metálicos convencionais.⁽¹⁾ Atualmente, o potencial das fibras de celulose utilizadas como reforço em plásticos está sendo a abundância de material de pesquisa. Todos os pesquisadores que trabalham na área de fibras naturais e seus derivados, afirmam que ao contrário das tradicionais fontes de energia, ou seja, carvão, petróleo e gás, os quais são limitados; fibras lignocelulósicas são renováveis, desta maneira, por serem também biodegradáveis estão gradualmente a ganharem mais importância na indústria.^(2,3)

Boas propriedades mecânicas combinadas com baixa densidade, tornam as fibras naturais um bom componente para a aplicação em compósitos e desenvolvimentos de materiais de baixo custo, tais como divisórias, cestos, luminárias, etc. Além de melhorar as propriedades mecânicas dos materiais, a substituição de polímeros com fibras naturais, diminui o custo do produto e reduz o uso de materiais provenientes de fontes não-renováveis (a exemplo, resina poliéster utilizada no presente trabalho).^(3,4) Também deve ser mencionado que a natureza oca, de fibras vegetais, pode conceder o isolamento acústico ou dependendo do tipo de matriz, promover determinadas propriedades de amortecimento.⁽⁵⁾

Ao contrário das fibras de engenharia tradicional, por exemplo, vidro e fibra de carbono, juntamente com cargas minerais, as fibras lignocelulósicas são capazes de transmitir ao compósito certos benefícios, tais como menor densidade, menos desgaste da máquina produzido pelos reforços minerais, ausência de riscos para a saúde e um alto grau de flexibilidade; além disso, promovem ao compósito, resistência relativamente elevada e rigidez.^(6,7)

As fibras vegetais apresentam algumas dificuldades para serem utilizadas como cargas para materiais poliméricos, dentre elas podem-se citar: a temperatura de degradação e elevada higroscopia. A temperatura de degradação das fibras vegetais é relativamente baixa, em torno de 200°C. Nesta temperatura pode ocorrer tanto a degradação propriamente dita, quanto a liberação de voláteis, diminuindo as propriedades mecânicas dos compósitos. Sendo assim, seu uso fica limitado a materiais plásticos com baixa temperatura de processamento, como por exemplo: polietileno, polipropileno, policloreto de vinila e poliestireno. Em relação à higroscopia, a absorção de umidade pode resultar em inchamento das fibras o que pode comprometer a estabilidade dimensional do compósito e diminuir a interação fibra/matriz, fragilizando o compósito, exigindo assim a utilização adequada de tratamentos físicos e químicos para aumentar a aderência entre a fibra e a matriz, uma vez que a interface desempenha um papel importante nas propriedades físicas e mecânicas de materiais compósitos.⁽⁸⁻¹⁰⁾

A principal desvantagem da fibra natural pode ser sua natureza hidrofílica, o que diminui a compatibilidade com a hidrofóbica matriz polimérica. Nestes campos de composição, portanto mais da pesquisa se concentrou na melhoria interfacial.⁽¹¹⁾ O papel da matriz em compósitos reforçados com fibras é transferir a carga para as fibras duras através de esforços de cisalhamento na interface. Este processo requer uma boa ligação entre a matriz polimérica e as fibras. Má aderência na interface significa que a plena capacidade do composto não pode ser explorada e deixa-o vulnerável a ataques ambientais que pode enfraquecê-lo, reduzindo assim sua vida útil.⁽²⁾



Diversos tipos de tratamento superficial distintos com sofisticação, custo, tecnologia e eficácia, foram propostos para melhorar a adesão fibra/matriz em compósitos poliméricos lignocelulósicos. Dentre estes, um dos métodos mais populares é a modificação superficial das fibras por tratamento alcalino, realizado com hidróxido de sódio. Isto porque este tipo de modificação, além de apresentar baixo custo, facilidade de operação e eficácia, leva à remoção de hemicelulose, lignina, e contaminantes como ceras e sais minerais, levando ao aumento da cristalinidade, redução do diâmetro e da densidade das fibras, separando as microfibrilas de celulose e expondo as fibras a um contato mais íntimo com o polímero, atuando na interface fibra/matriz. E é nessa região em que ocorre o contato entre os componentes do compósito e a qual está intimamente ligada á propriedade mecânica do compósito, pois se houver adesão inadequada o desempenho do compósito será comprometido pelo surgimento de falhas.^(12,13)

As fibras utilizadas neste trabalho são classificadas como fibras curtas, obtidas do fruto proveniente do açazeiro (*Euterpe oleracea*), o qual é nativo da Amazônia brasileira, sendo o Estado do Pará, o principal centro de dispersão natural dessa palmácea. O açazeiro se destaca entre os diversos recursos vegetais pela sua abundância e por produzir importante alimento para as populações locais, além de ser a principal fonte de matéria-prima para a agroindústria de palmito no Brasil.⁽¹⁴⁾

O açaí é uma fruta pequena, redonda e roxa, quase preta, parecida com jabuticaba.⁽¹⁵⁾ O caroço corresponde a 85% do peso total, do qual a borra é utilizada na produção de cosméticos; as fibras em móveis, placas acústicas, xaxim, compensados, indústria automobilística, entre outros; os caroços limpos na industrialização de produtos A4, como na torrefação de café, panificação, extração de óleo comestível, fitoterápicos e ração animal, além de uso na geração de vapor, carvão vegetal e adubo orgânico.⁽¹⁴⁾ O açaí possui elevado teor de antocianinas, contendo cerca de 1,02/100 g de extrato seco. As antocianinas são pigmentos naturais, pertencentes à família dos flavonóides, sendo estes responsáveis pela cor do açaí.⁽¹⁶⁾

Este trabalho tem o objetivo de desenvolver novos compósitos à base de poliéster insaturado reforçados com fibras curtas de Açaí e estudar suas propriedades mecânicas em tração e flexão de acordo com as normas ASTM D-3039 e D-790, respectivamente; as quais serão avaliadas em função dos diferentes teores de fibras incorporados à matriz.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Confeção dos Compósitos

Para a confecção dos compósitos de Açaí, foi utilizada como matriz polimérica uma resina poliéster insaturada GAMA 313, fabricada pela Embrapol, do tipo ortoftálica pré-acelerada, reticulada com estireno. Utilizou-se como iniciador o Peróxido de Metil-Etil-Cetona (MEK-P) em concentração de 1% em peso.

As fibras de Açaí (Figura 1) são provenientes do caroço, mais especificamente do envoltório externo que compõe o mesmo. As fibras foram secas em estufa a 100°C por 2 horas.



(a)

(b)

Figura 1. (a) Fibras de Açai limpas e secas e (b) Fruto Açai.

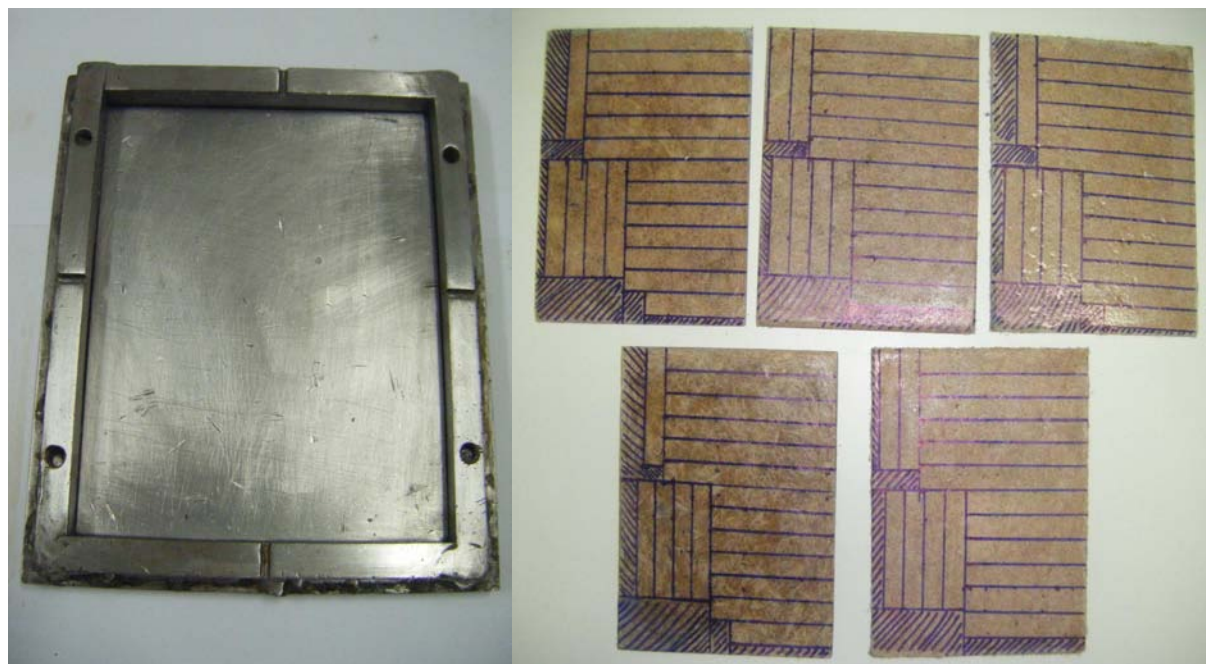
2.2 Preparação dos Compósitos

Compósitos com diferentes teores de fibras *in natura* foram preparados por moldagem à compressão. O teor de fibras foi determinado por análise gravimétrica, utilizando o seguinte procedimento: pesou-se 10, 20, 30, 40 e 50g de fibras de Açai previamente secas, depois pesou-se a placa do compósito produzido. Com os pesos obtidos determinou-se o teor de fibras (em massa) da seguinte forma:

$$T_F (\%) = (P_T/P_L) \times 100$$

Onde T_F é o teor de fibras, P_T é o peso (g) das fibras e o P_L é o peso (g) da placa.

O molde mostrado na Figura 2(a) foi untado com cera de polimento automobilístico para auxiliar à desmoldagem. O catalisador MEK-P foi acrescentado à resina e parte desta mistura vertida no molde. As fibras de Açai previamente pesadas e secas foram colocadas no molde de maneira aleatória e pressionadas com auxílio de uma espátula para garantir a sua total impregnação. Por fim, verteu-se um excesso de resina, quando a resina estava próxima do ponto de gelificação o molde foi fechado e colocado em uma prensa hidráulica com 8 toneladas de força de fechamento por 8 horas, a temperatura ambiente. As placas mostradas na Figura 2(b) obtidas foram submetidas a pós-cura por 48 horas a 50°C, para posterior usinagem dos corpos de prova.



(a)

(b)

Figura 2. (a) Molde metálico utilizado para confecção dos compósitos e (b) Compósitos com diferentes teores de fibras de Açaí.

2.3 Confecção dos Corpos de Prova e Ensaio Mecânicos

Os corpos de prova foram serrados manualmente a partir das placas produzidas por compressão. Para avaliação da influência do teor de fibras nas propriedades mecânicas foram realizados ensaios mecânicos de tração e flexão.

Os ensaios de tração e flexão, o qual foi realizado em três pontos, foram conduzidos em uma máquina universal EMIC DL 5 KN, em temperatura ambiente com uma velocidade de 1mm/min tendo como base as normas ASTM D-3039 e D-790, respectivamente.

3 RESULTADOS

Os resultados obtidos nos ensaios de tração e flexão estão mostrados na Tabela 1 e ilustrados nas Figuras 3, 4 e 5, respectivamente.

Tabela 1. Propriedades mecânicas dos compósitos com reforço de fibras de Açaí. Pós-cura por 48 horas a 50°C

Teor de Fibra de Açaí (%)	Resistência à Tração (MPa)	Limite de Resistência à Flexão (MPa)	Alongamento na Ruptura (%)
—	23,70 ± 3,57	2,31 ± 0,35	1,27 ± 0,33
11,52	9,52 ± 1,23	0,81 ± 0,09	4,10 ± 0,29
20,25	18,08 ± 1,76	1,19 ± 0,13	5,28 ± 0,78
28,54	16,52 ± 1,53	1,58 ± 0,15	5,15 ± 0,71
46,95	18,11 ± 2,09	1,32 ± 0,09	5,24 ± 0,58
52,47	20,62 ± 0,52	1,32 ± 0,08	5,81 ± 0,47

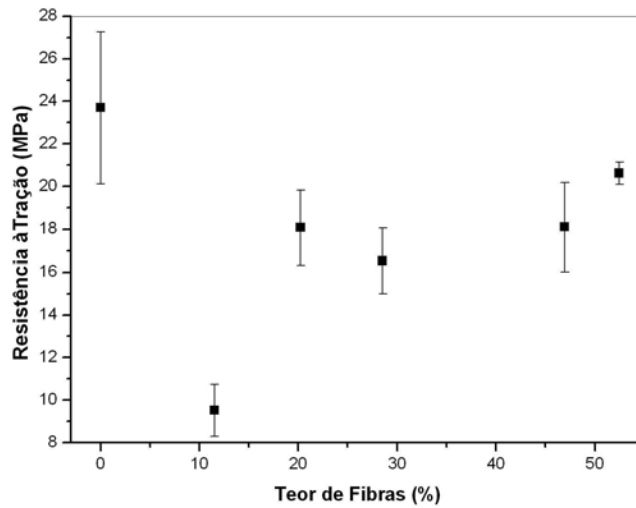


Figura 3. Resistência à tração dos compósitos em função do teor de fibras de Açai.

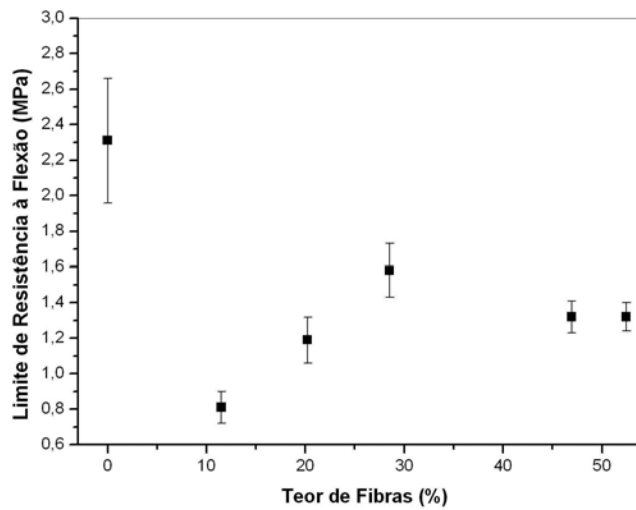


Figura 4. Limite de resistência à flexão em função do teor de fibras de Açai.

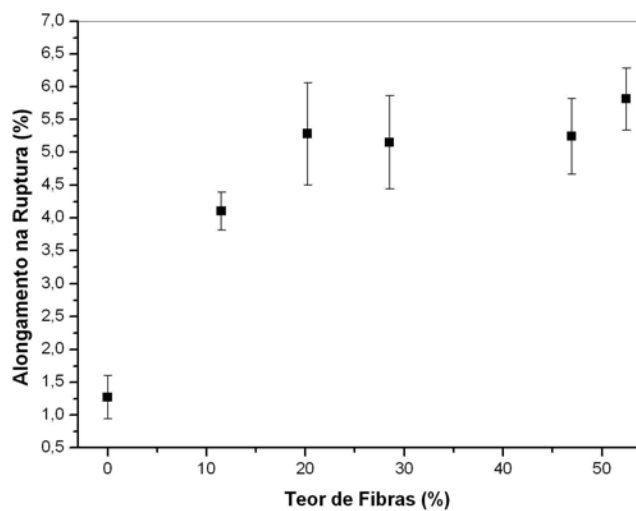


Figura 5. Alongamento na ruptura dos compósitos em função do teor de fibras de Açai.



4 DISCUSSÃO

Analisando os resultados é possível observar que os compósitos reforçados com fibras de Açai apresentaram uma menor resistência à tração em relação à resina poliéster (Figura 3). Resultado similar foi obtido por Agrela et al.⁽¹⁷⁾ que estudando a adição de fibras de piaçava *in natura* à matriz polimérica, utilizando o método de mistura física, não teve efeito positivo sobre a resistência à tração.

Observou-se também que a quantidade de reforço na matriz não teve aumento significativo na resistência à flexão em relação a matriz polimérica (Figura 4), podendo atribuir este resultado a uma fraca adesão fibra/matriz, a qual resultou em menor módulo de elasticidade, indicando que os materiais reforçados possuem baixa rigidez.

A propriedade de alongamento na ruptura medida no ensaio de tração foi maior para todos os materiais reforçados (Figura 5). O aumento percentual foi de 4,5%. Comportamento semelhante foi encontrado por Andrade e Nóbrega⁽⁴⁾ que estudando a incorporação de fibras de Babaçu em matriz termorrígida, observaram um aumento percentual de 2,3% no alongamento dos compósitos para todos os teores de fibras estudados.

5 CONCLUSÃO

Para todos os teores de fibras estudados não houve aumento nas propriedades de resistência à tração e flexão, o que pode estar associado a uma fraca adesão fibra/matriz ou até mesmo a maneira como as fibras estão dispersas na matriz. Estes resultados podem estar associados pelo fato das fibras vegetais serem revestidas com lignina e hemicelulose, que de acordo com Neto et al.⁽¹⁸⁾ estas substâncias afetam diretamente nas propriedades mecânicas dos compósitos, as quais resultam em uma pobre adesão química entre a fibra e a matriz polimérica.

Uma alternativa seria a realização de um tratamento alcalino, uma vez que este proporciona a retirada parcial da lignina e também da hemicelulose, bem como a remoção de impurezas. Com essa reação ocorre uma exposição da estrutura fibrilar, o que resulta num aumento da área efetiva de contato da fibra.

Agradecimentos

Os autores agradecem a UFPA/PARD pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- 1 ICTEN, B. M. Repeated Impact Behavior of Glass/Epoxy Laminates. *Polymer Composites*. 2009, xx, 1563-1569.
- 2 WAMBUA, P.; IVENS, J.; VERPOEST, I. Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics?. *Composites Science and Technology*. 2003, 63, 1259-1264.
- 3 MEGIATTO JR, J. D.; SILVA, C. G.; RAMIRES, E. C.; FROLLINI, E. Thermoset matrix reinforced with sisal fibers: Effect of the cure cycle on the properties of the biobased composite. *Polymer Testing*. 2009, 28, 793-800.
- 4 ANDRADE, E. C.; NÓBREGA, M. M. S. Compósitos de Matriz Poliéster Reforçados com Fibras de Babaçu *Orrbignya speciosa*: Caracterização Mecânica. 10º Congresso Brasileiro de Polímeros. Anais... Foz do Iguaçu, PR: CBPol, 2009. 1 CD.
- 5 FRANCO, P. J. H.; GONZÁLEZ, A. V. Mechanical properties of continuous natural fibre-reinforced polymer composites. *Composites: Part A*. 2004, 35, 339-345.



- 6 FRANCO, P. J. H.; GONZÁLEZ, A. V. A study of the mechanical properties of short natural-fiber reinforced composites. *Composites: Part B*. 2005, 36, 597-608.
- 7 JOSEPH, S.; SREEKALA, M. S.; OOMMEN, Z.; KOSHY, P.; THOMAS, S. A comparison of the mechanical properties of phenol formaldehyde composites reinforced with banana fibres and glass fibres. *Composites Science and Technology*. 2002, 62, 1857-1868.
- 8 CAVALCANTE, J. M. F.; CARVALHO, L. H. Estudo Comparativo das Propriedades Mecânicas de Compósitos PP/Fios Alinhados e Contínuos de Juta. 10^o Congresso Brasileiro de Polímeros. Anais... Foz do Iguaçu, PR: CBPol, 2009. 1 CD.
- 9 DHAKAL, H.N.; ZHANG, Z. Y.; RICHARDSON, M. O. W. Effect of water absorption on the properties of hemp fibre reinforced unsaturated polyester composites. *Composites Science and Technology*. 2007, 67, 1674-1683.
- 10 LI, Y.; MAI, Y. W.; YE, L. Sisal fibre and its composites: a review of recent developments. *Composites Science and Technology*. 2000, 60, 2037-2055.
- 11 LEE, S. H.; WANG, S. Biodegradable polymers/bamboo fiber biocomposite with bio-based coupling agent. *Composites: Part A*. 2006, 37, 80-91.
- 12 ARAÚJO, S. S.; SANTOS, T. T.; SILVA, S. M. L.; CARVALHO, L. H. Efeito da Modificação da Fibra nas Propriedades Mecânicas de Compósitos PP/Sisal Processados por Extrusão. Congresso Brasileiro de Polímeros. Anais... Foz do Iguaçu, PR: CBPol, 2009. 1 CD.
- 13 FERNANDES, R. I. M. et al. Estudo da Modificação Química nas Fibras Provenientes da Coroa do Abacaxi. Congresso Brasileiro de Polímeros. Anais... Foz do Iguaçu, PR: CBPol, 2009. 1 CD.
- 14 <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Acai/SistemaProducaoAcai_2ed/paginas/intro.htm>; 2010 [acessado em Fevereiro de 2010].
- 15 <<http://www.sposito.com.br/artigoroberta.asp>>; 2010 [acessado em Fevereiro de 2010].
- 16 <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Acai/SistemaProducaoAcai_2ed/paginas/composicao.htm>; 2010 [acessado em Fevereiro de 2010].
- 17 AGRELA, S. P. et al. Comportamento Mecânico de Compósitos de Polietileno de Alta Densidade com Resíduos de Fibras de Piaçava da Espécie *Attalea Funifera Mart.* Congresso Brasileiro de Polímeros. Anais... Foz do Iguaçu, PR: CBPol, 2009. 1 CD.
- 18 NETO, A. G. V. C. et al. Preparação e Caracterização de Compósitos de Polietileno Pós-Consumo Reforçados com Fibras do Bagaço de Cana. Congresso Brasileiro de Polímeros. Anais... Foz do Iguaçu, PR: CBPol, 2009. 1 CD.