

RESISTÊNCIA A FLEXÃO DE COMPÓSITO POLIMÉRICO COM FIBRA VEGETAL COM DIFERENTES TAMANHOS DE PARTÍCULA

Kaio Cruz Machado, kaiocruzmachado@hotmail.com¹

Igor kengi kamiya, ikenji7@hotmail.com¹

Celso Carlino Maria Fornari Junior²

1 Universidade Estadual de Santa Cruz, Engenharia de Produção e Sistemas

2 LAPOS Laboratório de Polímeros e Sistemas, Universidade Estadual de Santa Cruz

Resumo: A adição de cargas a polímeros com o intuito de reduzir custos, melhorar propriedades e ampliar aplicações é uma tecnologia que tem crescido muito nas últimas décadas. Esses materiais, denominados compósitos poliméricos, são sistemas multifásicos formados por dois ou mais componentes, que exibem proporções significativas de ambas as fases. A esta perspectiva, um amplo caminho de estudo acerca das aplicações de fibras naturais vem despertando o interesse de muitos pesquisadores no Brasil e no mundo devido às vantagens em seu emprego tais como: menor custo de produção, ser proveniente de fontes renováveis e além de propiciarem propriedades mecânicas vantajosas quando comparadas aos materiais sintéticos. Entre outras se pode afirmar que apresentam uma maior resistência ao desgaste, menor densidade, maior volume aparente além de reforços a tração quando as fibras são utilizadas na sua forma alongada e tensionadas na mesma direção. Neste trabalho procurou-se avaliar as propriedades mecânicas de resistência a flexão de compósitos construídos com poliéster ortoftálico e Fibras de Coco micronizadas. Os compósitos foram feitos variando-se a quantidade e a granulometria das fibras e ensaiados com relação à força de resistência a flexão utilizando o método bi-apoiado, de acordo com a norma brasileira NBR 7447 para ensaios de flexão dos corpos de prova, que prediz uma avaliação de cinco amostras para cada tipo de ensaio. Os resultados apontaram que a maior resistência obtida foi com o compósito de menor tamanho de partícula, além de que a resistência dos compósitos se mostrou decrescente e proporcional ao tamanho de partícula, isto é, quanto maior o tamanho de partícula de fibras menor a resistência a flexão até a ruptura.

Palavras-chave: *Compósito, Partícula, Fibra Vegetal, Polímero, Fibra de Coco.*

1. INTRODUÇÃO

As fibras vegetais têm sido investigadas para uso como reforço em compósitos de matrizes poliméricas, pois aliam propriedades que levam em consideração aspectos que vão de encontro a esta nova ordem mundial, de forte apelo ecológico, e características como baixo custo, baixa densidade, fonte renovável, biodegradabilidade, o fato de serem atóxicas e não abrasivas, possuem boas propriedades térmicas e alto módulo específico o que as tornam fortes candidatas em potencial para estas aplicações (Bledzki e Gassan, 1999). Esses materiais, denominados compósitos poliméricos, são sistemas multifásicos formados por dois ou mais componentes, que exibem proporções significativas de ambas as fases, e são preparados visando à obtenção de propriedades superiores às dos constituintes puros.

Na última década tem havido um rápido desenvolvimento na área de compósitos reforçados por fibras vegetais, buscando investigar e explorar estes novos materiais (Joseph e Medeiros, 1999; Carvalho e Cavalcanti, 2006). Outra vantagem de acordo com Santos et. al (2006) e colaboradores está relacionado a utilização das fibras vegetais em produtos comerciais contribui para gerar riquezas e reduzir o impacto ambiental causado pela produção e descarte de bens de consumo já que são materiais abundantes, de fonte renovável e contribuem para o melhor aproveitamento do potencial agrícola brasileiro. As fibras vegetais podem ser utilizadas como reforços em polímeros termoplásticos, termorrígidos e borrachas (SANTOS et. al., 2006).

As propriedades mecânicas de compósitos poliméricos com fibras vegetais apresentam uma maior resistência ao desgaste, menor densidade, maior volume aparente além de reforços a tração quando as fibras são utilizadas na sua forma alongada e tensionadas na mesma direção. Associado as propriedades físicas, as fibras vegetais têm menor custo com relação às fibras sintéticas e podem substituí-las em muitas aplicações tecnológicas (Vianna et al, 2004; Bledzki e Gassan, 1999). Dentre as inúmeras fibras naturais, as Fibras de Coco (FC) estão sendo aproveitadas de forma vantajosa devido à facilidade de obtenção e ao baixo custo que apresentam (Carrijo e Makishima, 2002).

É importante ressaltar que normalmente quanto menor a quantidade de microvazios ou defeitos que os materiais de

um modo geral apresentam, melhores são as suas propriedades mecânicas. Neste trabalho foi observado que as propriedades mecânicas do compósito variam em função da granulometria das FC. Entretanto a variação das propriedades pode ter outras possíveis causas além do tamanho de grão. A umidade presente na fibra pode gerar defeitos ou microvazios entre a fibra e a matriz polimérica, dificultando assim uma maior interação entre os dois materiais. Desta forma as propriedades do compósito pode variar em função destes possíveis defeitos além do tamanho de partícula presente no compósito. O trabalho de Brow e colaboradores tem definido que a água presente na resina e a água que pode ser produzida durante a reação de cura, tornam-se insolúveis e separa-se na resina curada, ocorrendo então a sua vaporização, ocasionando domínios na matriz curada denominados de microvazios (Brown e St John, 1996).

Além aplicação das aplicações em compósitos poliméricos, elas estão sendo utilizados na cobertura de solos em forma de adubação e na retenção de umidade necessária para o cultivo de outras espécies. Apesar de a sua reutilização ser de maneira simples o fato de recuperação do solo associada à diminuição do volume de material sólido descartada, é um fator positivo para o meio ambiente. Aplicações tecnológicas, entretanto, buscam agregar as FC na construção de novos materiais compósitos, onde a união das fibras por meio da matriz polimérica associa as propriedades de ambos os constituintes.

2. EXPERIMENTAL

As FC foram cortadas do mesocarpo fibroso, com a utilização de uma faca específica resultando em amostras de fibras com espessura entre 2,5 a 3 mm. Imediatamente ao corte as amostras foram acondicionadas em água limpa de forma a evitar qualquer reação com o ar atmosférico. Posteriormente as amostras foram aquecidas na estufa BIOPAR com sua temperatura de 120° C variando de +/- 5° C, durante 2 horas. Após a secagem as fibras foram moídas num moinho de bolas da marca Marccone modelo MA, com a relação de 35 bolas para cada 5 gramas de fibra seca. Em seguida, as amostras foram separadas por meio de um jogo de peneiras e utilizando um agitador específico da marca BERTEL, obedecendo aos padrões segundo a norma ABNT 10439 método A.

Utilizou-se poliéster insaturado ortoftálico pré-acelerado com sal de cobalto obtido da empresa Cromitec e iniciador de reticulação metil etil cetona em solução de estireno. Todo o processo de pesagem foi realizado em balança de cinco casas decimais da marca Bioprecisa modelo FA 2104 N. Na produção do compósito utilizou-se da fibra 5% p/p, nas granulometrias de 40, 50, 80, 100, 150 e 200 mesh para a produção do compósito em 5% p/p. Os corpos de prova para o ensaio de flexão foram feitos em matrizes especiais, de maneira a se obter corpos de prova de dimensões iguais entre si. Os teste de flexão foram realizados em máquina de ensaio universal marca Emic segundo normatização brasileira NBR 7447 com velocidade de ensaios de 2 mm/min.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Seguindo a norma brasileira NBR 7447 para ensaios de flexão dos corpos de prova, para se calcular a tensão dos corpos de prova usa-se a equação a seguir que considera a carga máxima aplicada para romper o corpo de prova a qual usa a unidade em Newton (Q), a distância do suporte (L), a largura (b) e a espessura (d) do corpo de prova dados em metros, resultando numa tensão de KPa. A tensão assim calculada leva em consideração a seção transversal do corpo de prova.

$$\sigma = \frac{3.L.Q}{2.b.d^2}$$

O valor de tensão resultante da fórmula a seguir, leva em consideração os valores específicos do corpo de prova em função da carga aplicada durante o ensaio. Deste modo a tensão para os corpos de prova confeccionados neste trabalho será:

$$\sigma = \frac{3.0.075Q}{2.0.02.(0.05)^2}$$

$$\sigma = 225.10^3. Q$$

Os materiais compósitos foram ensaiados com relação à força de resistência a flexão utilizando o método bi-apoiado. A estrutura do compósito em função dos seus constituintes será a responsável pelas propriedades físicas do material, onde cada constituinte contribui no somatório geral das propriedades do compósito (Callister, 2008). A Figura (1) apresenta os resultados do ensaio de flexão, onde os materiais apresentam variação na granulometria do compósito. O menor valor de resistência mecânica foi conseguido quando a maior granulometria da fibra de coco foi utilizada no compósito. Deste mesmo modo a maior força de resistência a flexão foi observada quando a menor granulometria foi utilizada.

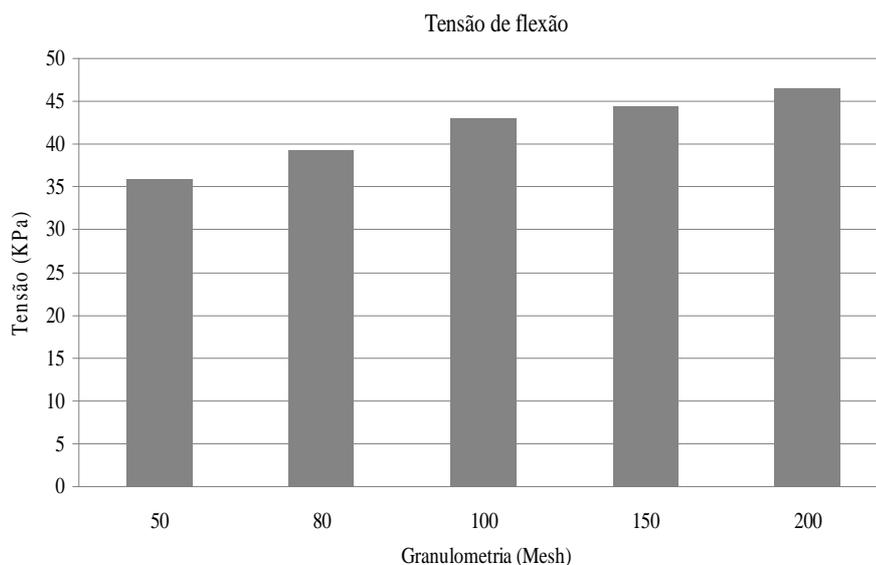


Figura 1. Tensão de flexão para corpos de prova confeccionados com diferentes granulometrias de fibras de coco na proporção de 5% em peso de fibra em relação ao polímero.

A maior resistência observada nestes ensaios ocorreu com a participação das partículas mais finas de fibras de coco incorporadas ao compósito. No processo de reticulação do poliéster, ocorre a união das macromoléculas por meio de ligações químicas permanentes. Neste processo a interferência de partículas estranhas ao polímero pode causar modificações em relação ao comportamento mecânico do compósito. A maior fração volumétrica específica de cada partícula exige que as cadeias moleculares se acomodem de maneira mais forçada em torno da partícula de fibra vegetal, pelo fato da partícula ser relativamente maior em volume. Desta forma a partícula pode criar um maior espaço vazio entre ela e o polímero, gerando um ponto heterogêneo no compósito, isto é, uma espécie de ilha cercada por poliéster reticulado. Esses espaços vazios ou microvazios podem agir como concentradores de tensão, reduzindo a capacidade de transporte da carga e a capacidade de absorção de energia do compósito (Lin e Jang, 1990).

O tamanho de partícula é um fator importante nas propriedades mecânicas do material compósito. Partículas dispersas no seio polimérico podem agir como pontos heterogêneos que se localizam entre as moléculas adjacentes, dificultando a dissipação de energia transmitida ao material. Desta maneira, as partículas de fibras de coco, quando presentes na matriz do compósito, podem agir de forma a inibir a distribuição de energia transmitida ao sistema. Deste modo, partículas maiores dificultam mais a aproximação das moléculas do polímero ao passo que partículas menores interferem de forma mais amena. Por outro lado as pequenas partículas também apresentam mais área de contato relativa, o que favorece um melhor acoplamento ou ligação com o próprio polímero.

Entretanto esta hipótese é apenas uma especulação com relação ao fato de que as menores partículas apresentaram melhores propriedades mecânicas comparadas com as partículas maiores. Deve-se investigar com mais cuidado esta relação de tamanho de partícula e resistência mecânica, para se obter a resposta mais precisa do mecanismo que ocorre nestes materiais compósitos. A Tabela (1) apresenta os valores de tensão para os corpos de prova ensaiados por ensaios de flexão.

Tabela 1. Valores de tensão absoluto para corpos de prova de compósitos com fibras de coco na proporção de 5% em peso.

Granulometria (Mesh)	Tensão (KPa)
50	36,01
80	39,4
100	43,064
150	44,506
200	46,649

Pode-se observar através da Tab. (1) a relação da tensão necessária aplicada aos corpos de prova em função do diâmetro de partícula utilizada em cada tipo de compósito. Comparando-se o maior diâmetro de partícula (50 mesh/0,295 mm) com o menor diâmetro utilizado na construção dos corpos de prova (200 mesh/0,074 mm), observa-se que houve um aumento de da tensão necessária de aproximadamente 36 para 46,5 KPa. Deste modo a tensão necessária para

a ruptura aumentou em relação ao tamanho de partícula. O aumento da força de flexão é proporcional em relação a diminuição do tamanho de partícula para toda a faixa e tamanho de partícula ensaiada. A Tabela (2) apresenta o volume absoluto e relativo das partículas micronizadas por meio de moinho de bolas. A menor partícula (200 mesh) representa aproximadamente 5% do volume da maior partícula ensaiada (50 mesh).

Tabela 2. Volume das partículas de coco micronizadas em moinho de bolas, calculadas a partir do diâmetro médio.

Granulometria (Mesh)	Volume (mm ³)	Volume Relativo (%)
50	1,392	100
80	0,393	30
100	0,279	20
150	0,138	10
200	0,0687	5

A Tabela (3) apresenta a força relativa necessária para romper o corpo de prova. Comparando-se os valores representativos pelos compósitos construídos com menor e maior diâmetro/volume de partícula, nota-se que a força necessária foi 30% superior.

Tabela 3. Tensão de ruptura relativa dos corpos de prova construídos com diferentes tamanhos de partículas ensaiados por flexão.

Granulometria (Mesh)	Tensão KPa	Tensão Relativa (%)
50	36,01	100
80	39,4	110
100	43,064	120
150	44,506	125
200	46,649	130

A Tabela (3) relaciona o tamanho de partícula com a tensão máxima relativa na resistência a flexão dos compósitos. A tensão relativa está apresentada com os valores aproximados. A tensão aumenta em 30% quando comparados os valores de maior e menor diâmetro de partícula. Considerando que a quantidade de fibras vegetais estão na proporção de 5% em peso em relação ao peso da matriz polimérica, a diferença de 30% é um valor expressivo para os materiais compósitos. É importante salientar que o aumento de resistência a flexão ocorreu em função da diminuição do tamanho da fibra incorporada. A Figura (3) representa os ensaios de flexão feitos com compósitos com partículas de 50 mesh. Os ensaios foram repetidos com seis corpos de prova, todos eles com diâmetros iguais. A força média de flexão até a ruptura mostrou ser aproximadamente 160 N e a deformação média em torno de 4 mm. A Figura (4) representa o mesmo ensaio, porém para compósitos feitos com 200 mesh de tamanho de partícula. A força média de flexão é de aproximadamente 200 N e a deformação média até a ruptura de aproximadamente 4 mm.

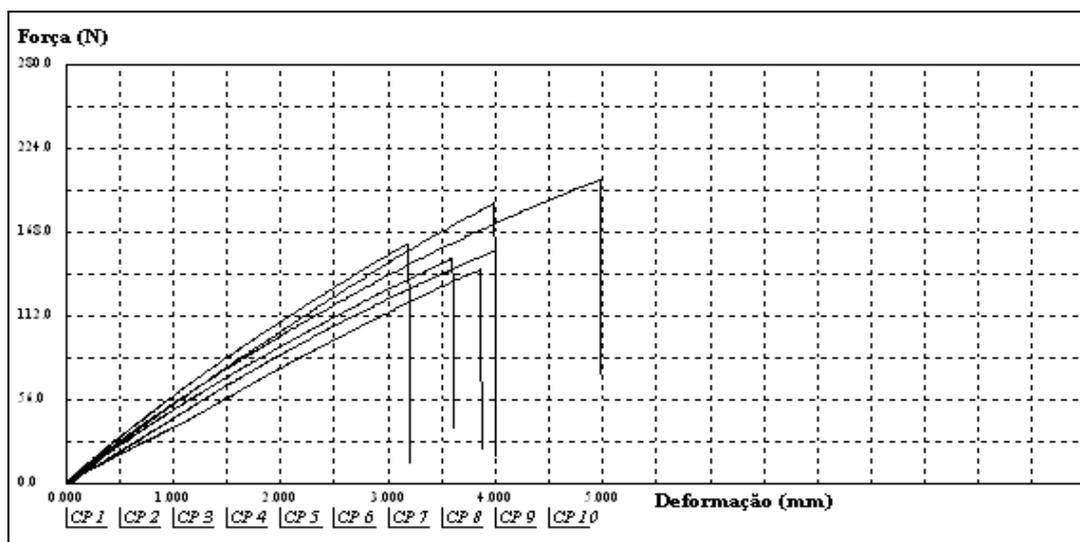


Figura 3. Curva do ensaio de flexão para compósitos com tamanho de partícula de fibra igual a 50 mesh.

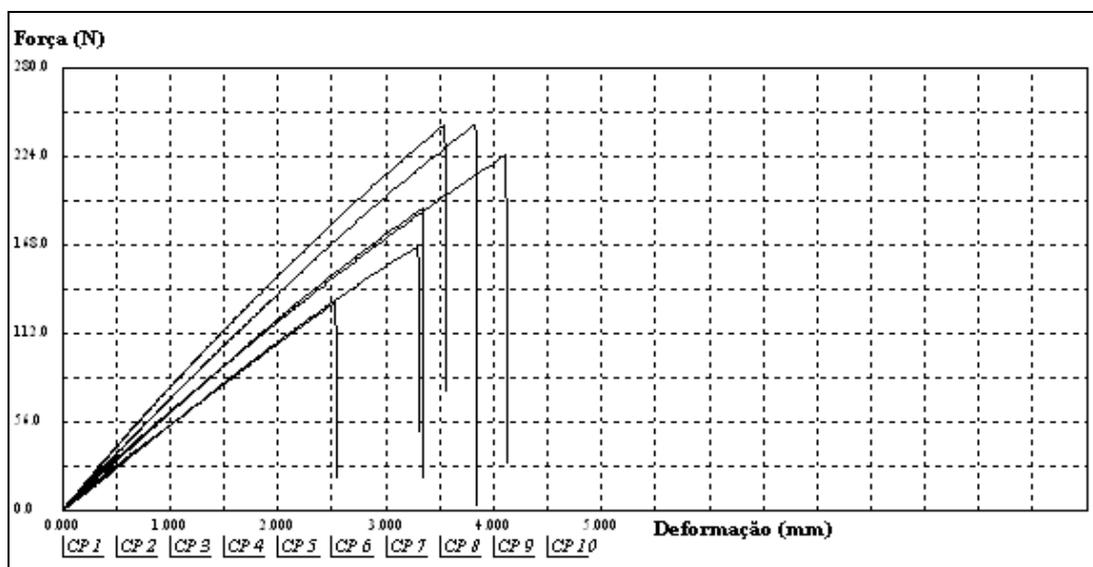


Figura 1. Curva do ensaio de flexão para compósitos com tamanho de partícula de fibra igual a 200 mesh.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho observamos que os compósitos construídos com poliéster ortoftálico e 5% em peso de fibras de coco finamente divididas por meio de moinho de bolas, apresentaram propriedades físicas diferentes com relação ao tamanho das partículas das fibras. O volume relativo das partículas de coco foi 5% para a fibra de menor tamanho (200 mesh) em relação à de maior tamanho (50 mesh). A tensão aumenta em 30% quando comparados os valores de maior e menor diâmetro de partícula. É importante salientar que o aumento de resistência a flexão ocorreu em função da diminuição do tamanho da fibra incorporada.



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

FLEXURAL STRENGTH OF THE COMPOSITES POLYMERIC WITH DIFFERENT PARTICLES SIZES

Abstract. *The addition of loads to polymers in order to reduce costs, improve properties and expand applications is a technology that has grown substantially in recent decades. These materials, known as polymer composites are multiphase systems consisting of two or more components, which exhibit significant proportions of both phases. To this end, a wide path of study of the application of natural fibers have attracted the interest of many researchers in Brazil and worldwide due to advantages in employment such as lower cost of production be from renewable sources and they propitiat advantageous mechanical properties when compared to synthetic materials. Among other states that can have a higher wear resistance, lower density, larger apparent volume of reinforcements beyond the draw when the fibers are used in their elongated shape and tensioned in the same direction. In this study sought to evaluate the mechanical properties of flexural strength of composites constructed with polyester fibers and orthophthalic Coco micron. The composites were made by varying the amount and size of fibers and tested for the strength to resist bending method using the straight-backed, according to Brazilian standard NBR 7447 for testing the strength of the specimens, which predicts a evaluation of five samples for each type of test. The results showed that increased strength was obtained with the composite of smaller particle size, and the resistance of the composites is shown descending and proportional to the particle size, that is, the larger the particle size of fiber lower the resistance to bending to failure.*

Keywords: *Composites, Particle, Vegetable fiber, Polymer fiber, Coconut.*