

## **ANÁLISE COMPARATIVA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS HÍBRIDOS COM FIBRAS NATURAIS**

Camilla Medeiros Dantas, [k1000\\_rn@hotmail.com](mailto:k1000_rn@hotmail.com)  
Inácio Alves Nogueira Júnior, [inacio\\_nogueira@yahoo.com.br](mailto:inacio_nogueira@yahoo.com.br)  
Aluisio Azevedo Neto, [aluazevedo@uol.com.br](mailto:aluazevedo@uol.com.br)  
Raimundo Carlos Silverio Freire Júnior, [freirej@ufrnet.br](mailto:freirej@ufrnet.br)  
Eve Maria Freire de Aquino, [eve@dem.ufrn.br](mailto:eve@dem.ufrn.br)

<sup>1</sup>UFRN – CT – Pós-Graduação de Engenharia Mecânica  
Campus Universitário – Lagoa Nova – Natal – RN – CEP: 59072 – 970

**Resumo:** *Os materiais compósitos vêm sendo empregados cada vez mais na indústria, de forma geral, em substituição dos materiais ditos convencionais como o aço por exemplo. Como definição, pode-se dizer que se trata de um conjunto de dois ou mais materiais diferentes, combinados com o intuito de melhorar as propriedades do elemento conjunto. Esse trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades mecânicas de tração e flexão de três pontos em três laminados diferentes e compará-los. Para isso foram confeccionadas três placas, mediante o processo de laminação manual. Na qual a configuração utilizada foi utilizando 5 camadas de manta de fibra de Vidro-E, na outra placa utilizou-se cinco camadas de Juta na forma de tecido bidirecional e na terceira utilizou-se uma configuração híbrida com cinco camadas onde se utilizou três camadas de manta de fibra de vidro e duas de juta. Para todas as situações a matriz utilizada foi a resina de poliéster tereftálica. Em seguida se verificou as propriedades mecânicas desses compósitos verificando a influência da utilização do tecido de juta em relação a manta de fibra de vidro.*

**Palavras-chave:** *Compósito; Propriedades Mecânicas; Manta de Fibra de Vidro-E; Juta; Resina Tereftálica*

### **1. INTRODUÇÃO**

Com diversas conquistas tecnológicas recentes, onde a aplicação de materiais vem tornando-se cada vez mais diversificadas, faz-se necessária pesquisas sobre novos materiais cujas propriedades atendam as expectativas da demanda tecnológica. Os compósitos que podem ser definidos como materiais constituídos pela mistura ou combinação de dois ou mais materiais, diferindo em forma e/ou composição química e que sejam essencialmente insolúveis entre si, vem tomando lugar de destaque.

Materiais compósitos destacam-se por apresentarem um excelente desempenho estrutural, considerando a resistência e a rigidez específicas. Além de baixa densidade, apresenta em alguns casos propriedades anticorrosivas e permitindo-se fabricar peças geometricamente complexas, entre outros parâmetros.

Ao se combinar diferentes materiais para criar compósitos, os quais, via de regra, apresenta propriedades especiais que nenhum de seus constituintes possui isoladamente, pode-se combinar propriedades físicas, mecânicas e químicas para proporcionar as características desejadas ao produto final. Assim, podem-se montar diferentes tipos de compósitos, que apresentam características e usos diversos, em diferentes aplicações. (Levy, 2006)

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. Além disso, pode dar-se destaque ao crescimento do uso de compósitos à base de fibras vegetais tais como: fibras de sisal, juta, bananeira, curauá entre outras, ressaltando que sua principal aplicação resume-se 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. A partir disso, foram idealizados os compósitos híbridos envolvendo a combinação de fibras sintéticas e fibras vegetais. A aplicação deste tipo de compósito, no entanto, está condicionada a que o produto final apresente um bom desempenho mecânico aliado a um baixo custo de produção. Em princípio, a configuração desses compósitos híbridos costuma ser de vital importância na resposta final do material (Mohanty et al., 1995; Aquino, 2005).

Diante disso, o objetivo desse trabalho consiste em avaliar e comparar as propriedades mecânicas de três compósitos diferentes, sendo um deles contendo reforço de manta de fio picado de vidro E, outro com fibra de juta natural na forma de tecido, que segundo a indústria, consome a mesma quantidade de resina que a manta de fibra de

vidro durante o processo de impregnação, e por último um híbrido contendo os dois tipos de reforços. 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. Para todas as situações foi utilizada a resina poliéster Tereftálica como matriz.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Materiais

Para fabricação dos compósitos utilizou-se a resina poliéster Tereftálica, como matriz, do fabricante NOVAPOL: L-120/05, com densidade de  $1,30 \text{ g/cm}^3$  e viscosidade (BROOKFIELD) de 310cP a  $25^\circ\text{C}$ .. O catalisador utilizado para o sistema de cura da resina foi o Butanox.

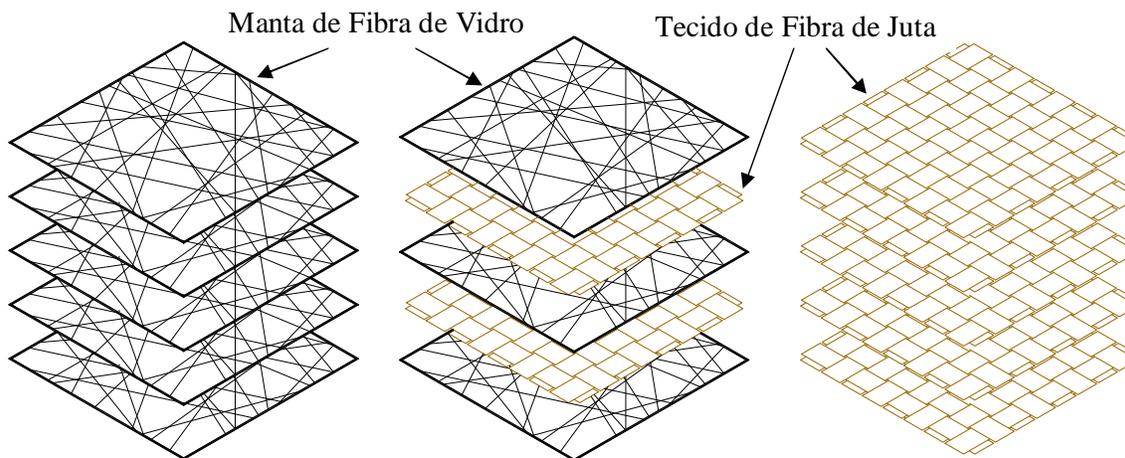
Como material de reforço utilizou a manta de fios picados de vidro-E, do fabricante OWENS-CORNING, com uma gramatura de  $450 \text{ g/m}^2$  sendo a densidade da fibra de  $2,54 \text{ g/cm}^3$  e um tecido de juta bidirecional.

A Figura (1) ilustra os reforços nas estruturas laminares e a resina utilizada respectivamente.



**Figura 1. Materiais utilizados nos compósitos: Manta de fio picado de vidro E, Fibra de Juta, Resina poliéster Tereftálica.**

Foram produzidos três tipos de laminados diferentes. Em todos eles colocaram-se as camadas de reforços intercaladas com a matriz de resina, um deles contém cinco camadas de manta de fio picado de vidro E (FV), o outro é um híbrido com três camadas de fibra de vidro E e duas camadas de juta (FJV) e o terceiro, contém cinco camadas de tecido de fibra de juta (FJ) conforme é demonstrado na Fig. (2).

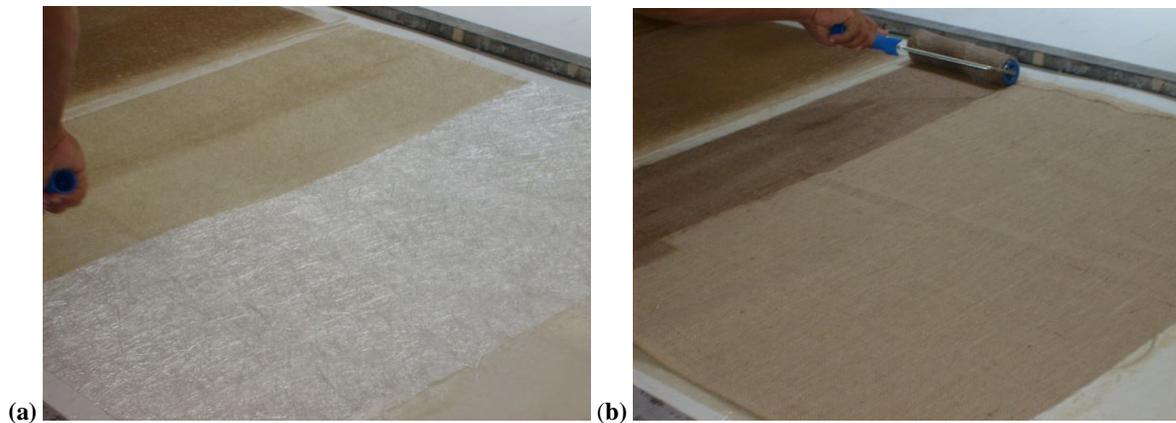


**Figura 2. Configuração utilizada na construção dos laminados compósitos (a) FV – laminado de manta de fibra de vidro, (b) FJV – laminado híbrido vidro-juta e (c) FJ – laminado de tecido de fibra de juta.**

### 2.2. Métodos

Para todas as situações o processo de fabricação utilizado foi o de laminação manual (*hand-lay-up*), que consiste na colocação de mantas ou tecidos de fibra sobre a superfície de um molde, seguido da aplicação de resina. Faz-se uso de rolos ou pincéis que servem também para a compactação das fibras e eliminação das bolhas de ar. A Figura (3) ilustra esse processo.

Foram realizados seis ensaios de tração e flexão em três pontos para cada laminado com o intuito de se fazer uma análise das propriedades mecânicas de resistência e rigidez destes compósitos.



**Figura 3. Processo de fabricação por laminação manual (*hand lay up*)**

Para a realização do ensaio de tração utilizou-se a norma ASTM D 3039M (2008) com as seguintes dimensões dos corpos de prova: largura 25,4 mm, espessura (FV: 4 mm, FJ: 5 mm e FJV: 6 mm), distância entre as lingüetas 127 mm e comprimento total do CP 203 mm. A velocidade do ensaio foi de 1 mm/min.

Para os ensaios de flexão, a norma ASTM D 790 (2007) pede que as dimensões dos corpos de prova estejam relacionadas com a espessura do material. Desta forma os corpos de prova ficaram com as dimensões demonstradas na Tabela 1:

**Tabela 1. Dimensões dos corpos de prova de flexão em três pontos**

Compósito	Comprimento*	Largura*	Espessura*	Distância entre apoios*
<b>FV</b>	80	16	4	64
<b>FJ</b>	100	16	5	96
<b>FJV</b>	120	16	6	80

\*Dimensões em mm

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Análise dos Ensaio de Tração dos Laminados FV, FJ e FJV

Apresentam-se nas Figuras (4), (5) e (6) os diagramas Tensão x Deformação dos laminados **FV**, **FJ** e **FJV**, ensaiados a tração, respectivamente, na qual se percebe que os três materiais possuíram comportamento aproximadamente linear até a fratura final. Como era de se esperar o comportamento mecânico desses materiais se demonstrou decrescente do laminado de manta de fibra de vidro (**FV**) passando pelo laminado híbrido vidro-juta (**FJV**) até o laminado somente fabricado com fibra de juta (**FJ**).

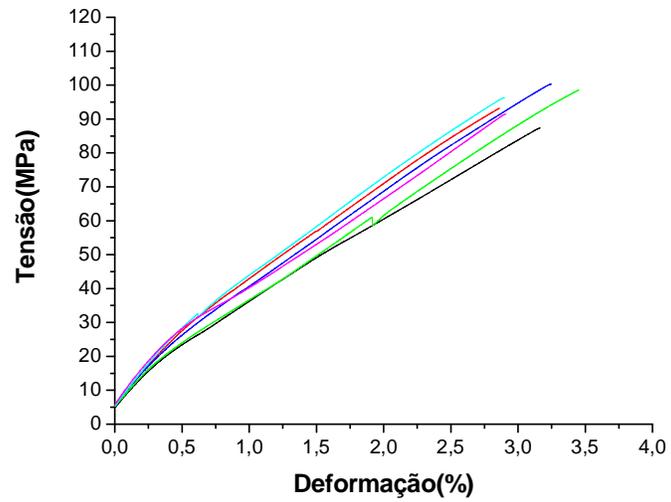


Figura 4. Diagrama tensão versus deformação do laminado de manta de fibra de vidro (FV).

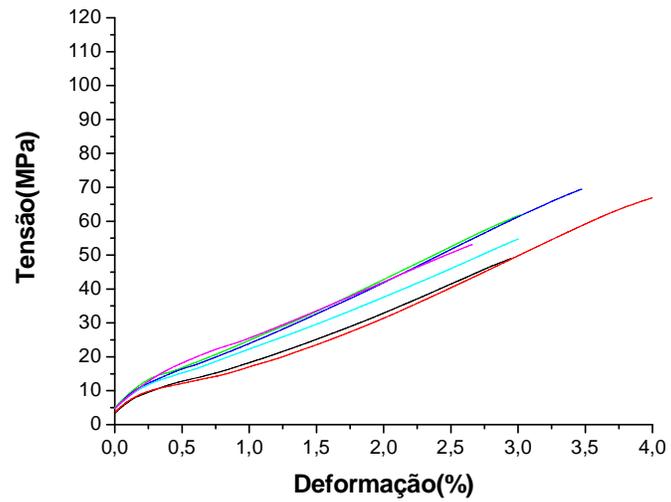
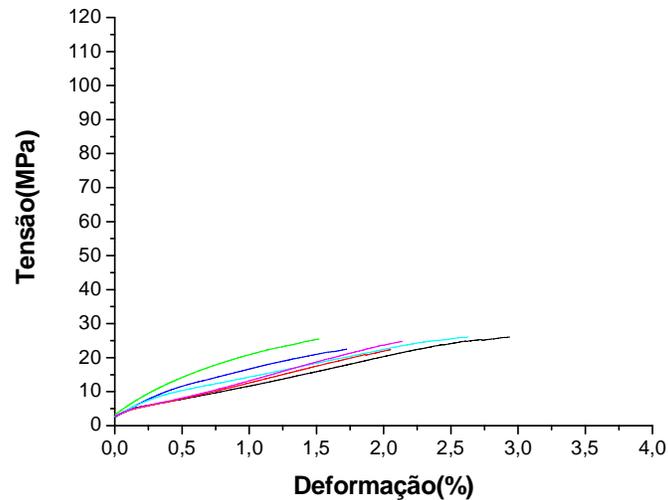


Figura 5. Diagrama tensão versus deformação do laminado de manta de fibra de vidro e tecido de juta (FJV).



**Figura 6. Diagrama tensão versus deformação do laminado de tecido de fibra de juta (FJ)**

Demonstra-se nas Figuras (7) e (8) os valores médios referentes à resistência última e o módulo elástico à tração uniaxial, bem como as respectivas dispersões dos resultados. Os valores de tensão última correspondem aos valores médios no momento da fratura e o módulo de elasticidade corresponde ao ângulo de inclinação da reta até 1 % da deformação do material para evitar a influência da formação de dano no material.

Analisando a Figura (7), verificou-se que houve uma diminuição de 35,3 MPa (diferença percentual de 37,3 %) do laminado **FV** para o laminado híbrido **FVJ** enquanto que essa diminuição foi de 34,6 MPa (diferença percentual de 58,5 %) do **FJV** para o **FJ**. Esses resultados eram esperados, visto que as propriedades mecânicas da fibra juta são inferiores aos da fibra de vidro. Outro fator interessante com relação aos resultados da tensão última, dizem respeito à dispersão dos resultados, segundo se verifica na Fig. (7), a maior dispersão verificada foi para o laminado híbrido **FJV**, demonstrando que a mistura de três materiais distintos (resina, vidro e juta) trouxe mecanismos de fratura mais complexos ao laminado **FJV**.

Quando se comparam os valores obtidos para o módulo elástico na Fig. (8), verifica-se que a fibra de juta diminui a rigidez do material. Isso pode ser confirmado ao analisar o comportamento do compósito híbrido. A diferença percentual registrada no módulo elástico é da ordem de 36,7 % (diminuição de 2,67 GPa para 1,69 GPa), quando comparamos os **FV** e **FJV**, e de 39,1 % em relação aos **FJV** e **FJ** (diminuição de 1,69 GPa para 1,03 GPa).

Considerando a dispersão dos resultados do módulo de elasticidade, se verifica que esta é aproximadamente igual para os três casos, sendo levemente superior para o **FV**, aqui a hibridização do laminado **FJV** não possui grande influência nos resultados. Isso pode ser explicado, devido ao módulo de elasticidade ser medido para tensões bem inferiores às de fratura, ou seja, o material ainda não está submetido a danos que comprometam o comportamento do material e conseqüentemente sua rigidez.

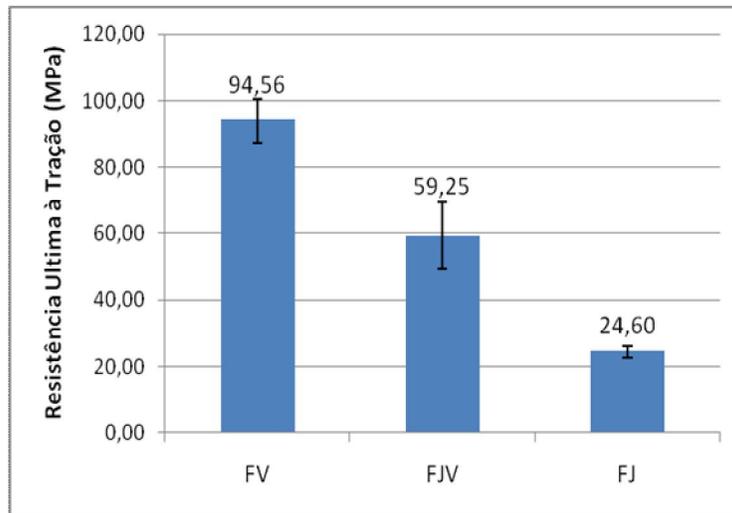


Figura 7. Resistência Última dos laminados ensaiados à Tração Uniaxial.

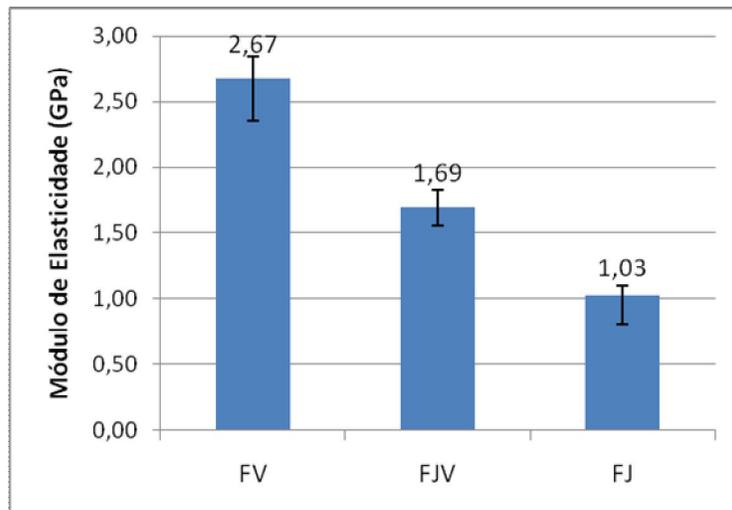


Figura 8. Módulo de Elasticidade dos laminados ensaiados à Tração Uniaxial.

### 3.2. Análise dos Ensaios de Flexão em Três Pontos dos Laminados FV, FJV e FJ

Apresentam-se nas Figuras (9), (10) e (11) os diagramas, Tensão versus Deflexão, obtidos para os laminados **FV**, **FJV** e **FJ** ensaiados à flexão em três pontos, respectivamente. Percebe-se que existe um comportamento aproximadamente linear durante todo o carregamento, comportamento esse verificado também no ensaio de tração destes materiais.

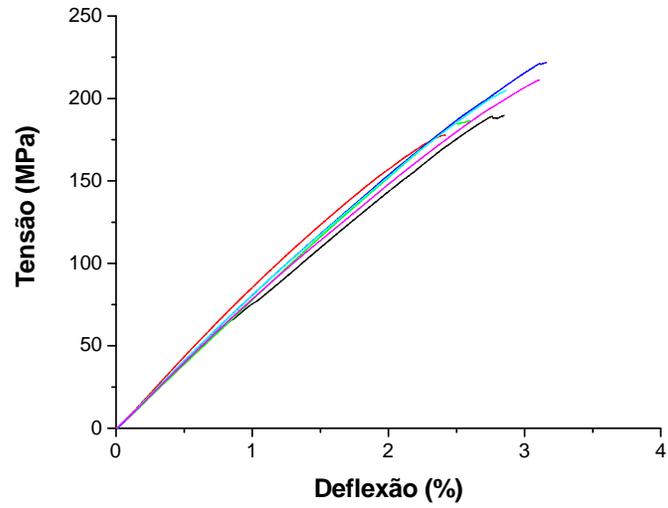


Figura 9. Diagrama tensão versus deflexão do laminado de manta de fibra de vidro (FV).

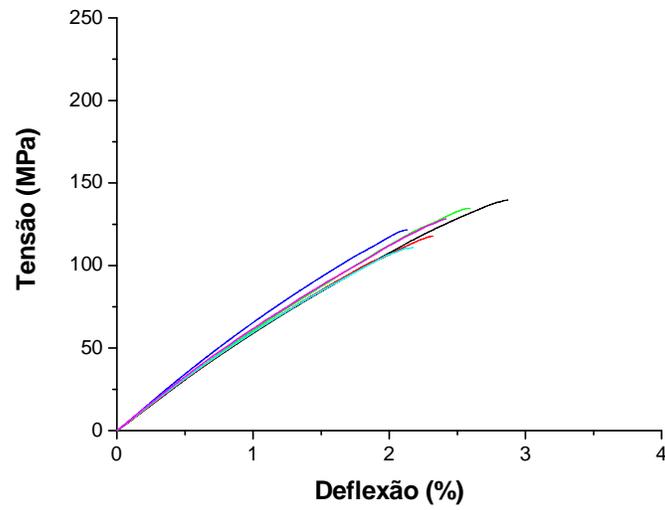


Figura 10. Diagrama tensão versus deflexão do laminado de manta de fibra de vidro e tecido de juta (FJV).

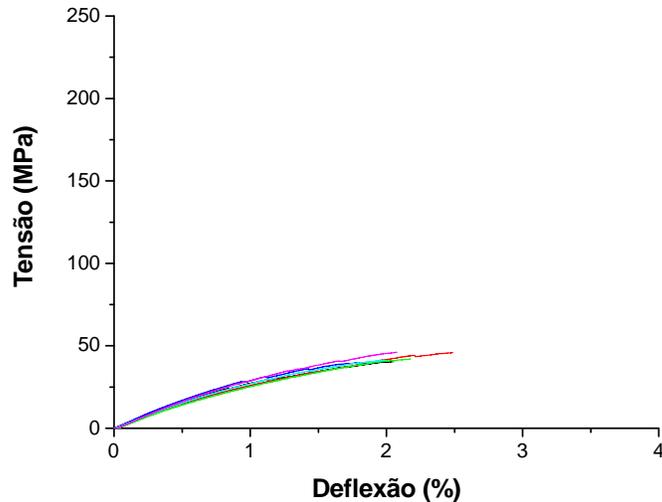


Figura 11. Diagrama tensão versus deflexão do laminado de tecido de fibra de juta (FJ).

Demonstra-se nas Figuras (12) e (13) as resistências últimas e o módulo de elasticidade à flexão em três pontos dos corpos de prova estudados. Como ocorreu nos ensaios de tração houve uma diminuição destas propriedades na mesma proporção que se trocou a fibra de vidro pela fibra de juta, comportamento este já esperado.

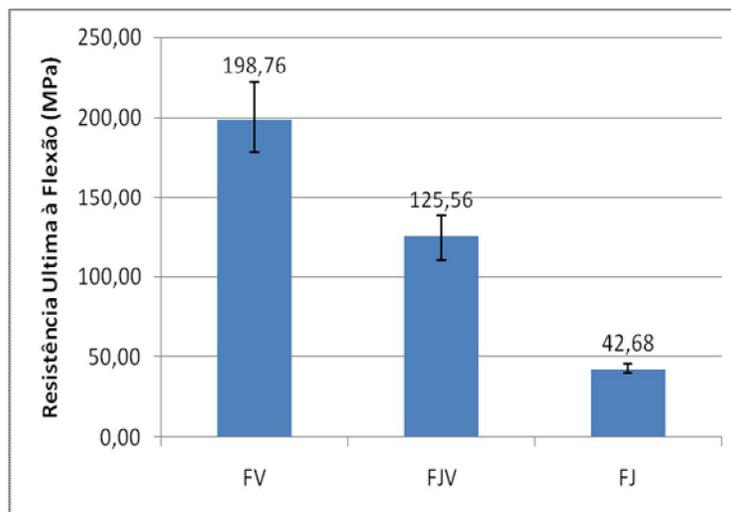


Figura 12. Resistência Última à Flexão dos laminados ensaiados à flexão em três pontos.

Analisando mais atentamente os resultados da Fig. (12) percebe-se que houve uma diminuição de 73,2 MPa (diferença percentual de 36,8 %) entre os laminados **FV** e **FJV** e de 82,9 MPa (diferença percentual de 66 %) entre **FJV** e **FJ**. Comparando esses valores com os obtidos para o ensaio de tração, demonstrados na Figura 7, percebe-se que a diferença percentual foi praticamente a mesma obtida entre os laminados **FV** e **FJV** (37,3 % para o ensaio de tração e 36,8 % para o ensaio de flexão), porém entre os laminados **FJV** e **FJ** essa diferença já foi um pouco mais significativa (58,5 % para o ensaio de tração e 66 % para o ensaio de flexão), sugerindo que outros fatores (presença de tensões de compressão durante o ensaio e um mecanismo de fratura concentrado no ponto de aplicação da carga) além da adição de juta ao compósito influenciaram nas propriedades da flexão fazendo com que neste ensaio a perda de resistência seja menor. Considerando a dispersão destes dados, percebe-se que esta foi maior para o laminado de manta de fibra de vidro sugerindo que o comportamento desta fibra sob cargas de tração/compressão possui menor regularidade.

Analisando agora a rigidez à flexão na Fig. (13), percebe-se uma diminuição desta menos acentuada entre o laminado **FV** e o **FJV** se comparado ao resultado obtido no ensaio de tração, onde a diferença percentual foi de 21,8 % enquanto que o valor obtido no ensaio de tração foi de 36,7 %. Porém quando se compara os laminados **FJV** e o **FJ**

percebe-se uma queda nos valores muito mais alta, já que a diferença percentual foi de 64,1 %, enquanto que no ensaio de tração este resultado diminuiu somente 39,1 %.

Para a flexão, verificou-se que a rigidez do material não diminuiu tanto quando adicionada a fibra de juta ao mesmo. Fato que não pode ser verificado para os corpos de tração. A redução registrada no módulo elástico é da ordem de 22 % (diminuição de 6,98 GPa para 5,46 GPa), quando comparamos os **FV** e **FJV**, e de 64% em relação aos **FJV** e **FJ** (diminuição de 5,46 GPa para 1,96 GPa).

Com relação à resistência do material, percebe-se que há um decréscimo proporcional nos resultados, uma vez que esses resultados variam de uma média de 35% dos valores.

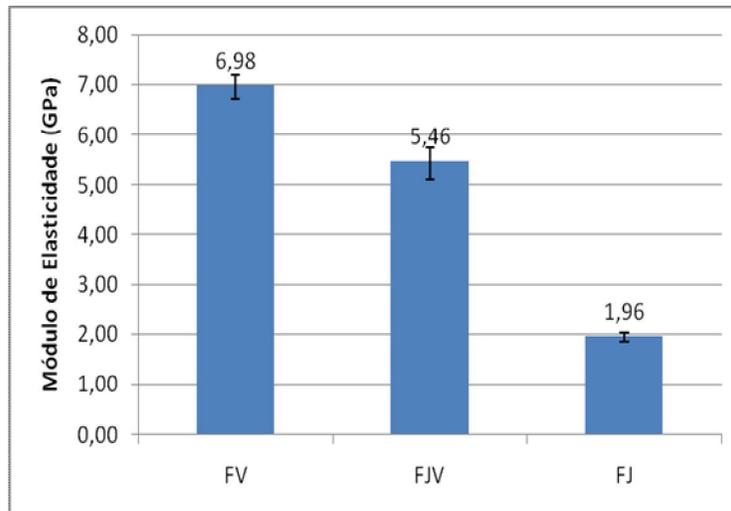


Figura 13. Módulo de Elasticidade à Flexão dos laminados ensaiados à flexão em três pontos

#### 4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados nesse trabalho, pode-se concluir que a adição de fibra de juta diminuiu as propriedades mecânicas do material compósito tanto nos ensaios à tração quanto nos ensaios sob flexão em três pontos. Conforme se sabe, a grande vantagem da utilização desta fibra está no seu custo, assim uma configuração híbrida apresentou-se favorável para aplicação industrial.

Outra conclusão importante é que o acréscimo da fibra de juta não influenciou do mesmo modo o comportamento do material quando sob cargas de tração ou sob cargas de flexão, demonstrando que elementos como o mecanismo de dano, podem influenciar nos resultados.

#### 5. REFERÊNCIAS

- \_\_\_\_\_. ASTM D3039, 2008, “Standard Test Methods for tensile Properties of Polymer Matrix composites”. Philadelphia.
- \_\_\_\_\_. ASTM D790, 2007, “Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials”, Philadelphia.
- Levy, F. N. e Pardini, L. C. 2006, “ Compósitos Estruturais – Ciência e Tecnologia 1 ed.”
- Mohanty, K.; Mistra, M., 1995, “Studies on jute fibers in composites: a literature review”. Polymer Plastic Tecnology Engeering, Vol. 34, No. 5, pp. 729-792.
- Aquino E. M. F., et al, 2005, “Hybrid Composites with Synthetic and Natural Fibers: Degradation by Moisture Absorption”, Conem 2008 - V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Salvador – BA.



**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*

## **COMPARATIVE ANALYSIS ON MECHANICAL PROPERTIES OF HYBRID COMPOSITE WITH NATURAL FIBERS**

Camilla Medeiros Dantas, [k1000\\_rn@hotmail.com](mailto:k1000_rn@hotmail.com)  
Inácio Alves Nogueira Júnior, [inacio\\_nogueira@yahoo.com.br](mailto:inacio_nogueira@yahoo.com.br)  
Aluisio Azevedo Neto, [aluazevedo@uol.com.br](mailto:aluazevedo@uol.com.br)  
Raimundo Carlos Silverio Freire Júnior, [freirej@ufrnet.br](mailto:freirej@ufrnet.br)  
Eve Maria Freire de Aquino, [eve@dem.ufrn.br](mailto:eve@dem.ufrn.br)

<sup>1</sup>UFRN – CT – Pós-Graduação de Engenharia Mecânica  
Campus Universitário – Lagoa Nova – Natal – RN – CEP: 59072 – 970

***Abstract.** The use of composite materials has increased significantly in industry, in general, in replacing of conventional materials such as steel for example. As definition, it can be said that this is a combination of two or more different materials, combined with the aim of improving the properties of the defined element. This study aims at the evaluation of the mechanical properties of tensile strength and three points bending in three different laminates and then comparing them. For this matter, three plates were fabricated by the manual lamination process. In which the configuration used was 5 layers of fiberglass-E blanket, on the other plate it was used five layers of jute in the bidirectional fabric form, and in the third it was used a hybrid configuration with five layers in which it used three layers fiberglass blanket and two of jute. In all cases, the matrix used was the terephthalic polyester resin. Then, the mechanical properties of these composites were verified in order to examine the influence of the use of jute fabric in comparison to the fiberglass blanket.*

**Keywords:** Composite; Mechanical Properties; Fiberglass-E Blanket; Jute; Terephthalic Resin