

## **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO MECÂNICO DE TECIDOS DESENVOLVIDOS DE FIBRAS DE SISAL PARA REFORÇO EM COMPÓSITOS POLIMERICOS**

Camila Cruz da Silva<sup>1</sup>, [cmlcruz5@gmail.com](mailto:cmlcruz5@gmail.com)  
Ricardo Alex Dantas Cunha<sup>1</sup>, [ricardoalexc@gmail.com](mailto:ricardoalexc@gmail.com)  
Renata Carla Tavares dos Santos Felipe<sup>1</sup>, [rcfelipe@cefetrn.br](mailto:rcfelipe@cefetrn.br)  
Raimundo Nonato Barbosa Felipe<sup>1</sup>, [nonatofelipe@cefetrn.br](mailto:nonatofelipe@cefetrn.br)  
Gilson Gomes de Medeiros<sup>1</sup>, [gilsong@cefetrn.br](mailto:gilsong@cefetrn.br)

<sup>1</sup>Instituto federal de Educação Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Av. Senador Salgado Filho, 1159, Tirol, CEP: 59000-000, Natal/RN

**Resumo:** A utilização das fibras naturais ( lignocelulosicas) é algo que vêm crescendo no mundo dos materiais compósitos, já que estas provêm de fontes renováveis, são biodegradáveis e desenvolvem a região onde estas são produzidas diminuindo assim o êxodo rural. Neste contexto o objetivo deste trabalho é a fabricação de dois tecidos de sisal para a utilização destes como reforço em compósitos poliméricos, sendo que estes tecidos possuindo configurações diferentes um tipo plano que é caracterizado pelo o entrelaçamento dos cabos da trama no urdume um acima e um abaixo ; e o outro, um tecido tipo laço diagonal onde este é caracterizado pela sobrepassagem de dois cabos da trama sobre o urdume, um abaixo, dois acima novamente e assim sucessivamente. Após a obtenção destes tecidos foram confeccionados mediante o processo de fabricação de laminação manual, os compósitos usando a matriz de poliéster. Obteve-se corpos de provas para a determinação das propriedades de tração e flexão usando as normas ASTM D3039 e ASTM D790, respectivamente para ambos compósitos. Após a realização dos ensaios espera-se que o tecido tipo laço diagonal tenha melhores propriedades mecânicas em relação ao plano, já que o tecido laço diagonal possui bom empacotamento e espaçados na largura exata do mesmo.

**Palavras-chave:** Reforço Natural, Matriz Polimérica, Propriedades Mecânicas

### **1. INTRODUÇÃO**

Hoje em dia, com o avanço da tecnologia, surge em todo o mundo uma busca por novos materiais que possuam leveza e ao mesmo tempo apresente boa resistência mecânica, resistência química, durabilidade, e que sejam de fácil manutenção. Neste contexto se enquadra a utilização de materiais compósitos, que vem sendo utilizados da indústria automobilística á estatuetas do Oscar.

Os compósitos podem ser definidos como uma classe de materiais heterogêneos, multifásicos, podendo ser o não polimérico, em que um dos componentes descontínuos, dá a principal resistência ao esforço (componente estrutural) e o outro, contínuo que é o meio de transferência desse esforço (componente matricial) (Mano, 2003). Esses materiais são caracterizados por apresentarem duas fases, uma fase de reforço, que podem ter a forma de filamento; e outra fase, conhecida como matriz de que tem a função aglutinante, que faz com que o reforço trabalhe de forma integrada suportando os esforços mecânicos (Levy, 2006).

Os compósitos são classificados de acordo com o tipo de reforço que ele vem a possuir, sendo estes reforços fibrosos ou particulados. Os compósitos com reforço particulado se subdividem em dois tipos que são os de reforço aleatórios e orientados. Já os compósitos reforçados com material fibroso se subdividem em três, que são os multiaxiais, os de camadas únicas, e as multicamadas. Como material de reforço fibroso temos a utilização de fibras sintéticas (fibras de carbono, vidro, aramidadas) e as fibras naturais ( fibras de abacaxi, bananeira, canho, linho, piaçava, juta, sisal, rami) (Monteiro et all., 2006) .

Dentre os reforços fibrosos as fibras naturais vêm ganhando mercado em relação às fibras sintéticas, já que incentivam a conservação do meio ambiente, pelo fato dessas serem biodegradáveis, possuem baixo custo de obtenção, baixa densidade, boa tenacidade, boas propriedades térmicas e uso reduzido de instrumentos para o seu tratamento ou processamento (Barros, 2007).

As fibras de abacaxi, por exemplo, vem sendo estudadas no que se diz respeito às propriedades viscoelásticas das mesma em compósitos poliméricos como pode ser observado em trabalhos como o de George (George et all., 1993), outras fibras também vem sendo estudadas como as fibras de bananeira (Pothan et all., 1997). Entre os reforços fibrosos

de origem vegetal, o sisal mostra-se promissor no desenvolvimento de materiais compósitos devido as suas propriedades e sua disponibilidade no mercado. Esta fibra vem sendo estudada em compósitos poliméricos no que se diz respeito as suas propriedades mecânicas de tração, flexão e impacto, e a moldagem por injeção da fibra em matriz de polipropileno (Arzondo et al., 2005), trabalhos também vem sendo desenvolvidos com as fibras em diferentes tipos de matriz Li Y (Li Y et al, 1998) estuda a fibra nos seus diferentes tipos de aspectos regiões e propriedades mecânicas das mesma. A fibra de sisal é extraída da folha do *agave sisalina perene*, esta planta é originária do México, e foi implantada no Brasil no início do século XX, na região nordeste, tendo como seus principais produtores os estados da Bahia, Paraíba e Rio Grande do Norte.

Dentre inúmeras vantagens da fibra de sisal podemos citar que o sisal é uma fibra leve, atóxica, que apresenta alto módulo e resistência específica e custa aproximadamente dez vezes menos que a fibra de vidro. Entre outras vantagens do sisal podemos apontar a facilidade de modificação superficial, característica das fibras vegetais, sua abundância no Brasil e facilidade de cultivo (Mochnac et al, 2002).

A fibra de sisal é bastante utilizada no setor de cordarias, tapeçarias e vem sendo introduzida na indústria automobilística e construção civil. O cultivo da fibra gera cerca de 700mil empregos diretos e indiretos na região nordeste do país (Embrapa), e gera cerca de 80 milhões de Dolores em divisas para o Brasil (Sindfibras).

Como reforço fibroso, algumas das fibras citadas acima podem ser encontradas na forma de mantas de fios picados, tecidos unidirecionais e tecidos bidirecionais. Os tecidos são fabricados em teares, onde estes possuem três mecanismos básicos o urdume, que dá o comprimento de cada tecido, a trama, onde os cabos da trama entrelaçam o urdume, dando a forma e a características do tecido para reforço e o pente que é o mecanismo de compactação entre o urdume e a trama. (Levy, 2006). Existem na indústria basicamente três tipos de tecidos para reforços, que são: tecido plano, tecido cetim e o tecido laço diagonal.

O tecido plano é caracterizado pelos cabos da trama entrelaçados nos cabos do urdume, onde os cabos da trama se entrelaçam um acima e um abaixo dos cabos do urdume e assim sucessivamente, sendo que na próxima coluna o que estava em cima passa a ser abaixo e o que estava abaixo passando por cima e assim sucessivamente até o final do tecido. Nesse tipo de tecido podemos encontrar quatro variações que são estas: tecidos plano tipo *basket 2x2*, tecido plano *basket* do tipo *Oxford*, tecido Plano tipo *Leno* e *Mock- leno* (Levy, 2006).

Os tecidos cetim (*harness satin- HS*), são caracterizados por apresentarem um comprimento maior entre as sobrepassagens, seus entrelaçamentos acontecem com no mínimo três cabos acima e um abaixo (*4 harness satin- 4HS*) e no Máximo de onze cabos acima e um abaixo (*12 harness satin- 12HS*), sendo que cada coluna começa um cabo a frente da outra formando uma diagonal no tecido (Levy, 2006).

O tecido laço diagonal se caracteriza por apresentar linhas diagonais que formam na parte superior do tecido, nesse tecido tipo de tecido, os cabos são colocados dois cabos da trama sobre um cabo o urdume, um abaixo e dois acima, e assim sucessivamente, dessa forma formando as diagonais. Este tipo de tecido possui duas variações o tecido diagonal mão direita que possui as diagonais começando da parte inferior esquerda e chegando a parte superior direita, e o tecido diagonal mão esquerda que começa na parte inferior direita e termina a sua ondulação na parte superior esquerda (Levy, 2006).

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de dois tecidos de fibra de sisal, para reforço em compósito de matriz polimérica, sendo estes tecidos de configuração do tipo plano, e outro do tipo laço diagonal. Com estes tecidos foram confeccionadas duas placas em compósito, poliéster/tecido de sisal, e determinada às propriedades mecânicas de tração uniaxial e flexão em três pontos dos compósitos assim obtidos, conforme normas ASTM D3039 e ASTM D790 respectivamente para ambos compósitos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

#### Matriz e Reforço

Para a confecção das placas de compósito, foi utilizada como matriz a resina poliéster ortoftálica insaturada L-120/08 pré-acelerada, fabricada pela NOVOCOL, com densidade entre 1,10 e 1,15g / cm<sup>3</sup>; viscosidade BROOKFIELD, a 25 °C, entre 260 e 300 cP. Como sistema de cura para a resina foi utilizado o catalisador o metil-etil-cetona (MEKP), fabricada pela AKZO NOBEL. As fibras de sisal utilizadas para a confecção dos tecidos foram produzidas na cidade de João Câmara/RN possuindo um diâmetro médio de 0,125 ± 0,028 mm, os tecidos possuindo uma gramatura de 688,60 g/m<sup>2</sup> para o tecido tipo laço diagonal e para o tecido plano uma gramatura de 662,53g / m<sup>2</sup>.

#### Equipamentos

Os equipamentos utilizados para a realização deste trabalho foram:

- Máquina de ensaio universal (Pavitest /CONTENCO);
- Balança eletrônica, analítica, modelo FA2104N (BIOPRECISA);
- Micrometro analógico com uma resolução de 0,001mm

### 2.2 Métodos

### 2.2.1 Confecção dos Tecidos

Para a confecção dos tecidos, primeiro foram medidos os diâmetros de cento e cinquenta fios de sisal em dez pontos para cada fibra, para poder obter a média dos diâmetros dos mesmos, após foram formados mechas de sisal, sendo que cada mecha contendo cerca de quinze fios da fibra, os tecidos foram fabricados em teares manuais, com uma dimensão de (300 X 300) mm. As mechas de fibras de sisal foram dispostas no urdume e entrelaçadas pela trama de maneira a obter os tecidos formados por completo.

### 2.2.2 Confecção do compósito

Os compósitos foram produzidos mediante o processo de *hand lay up* (laminação manual), com 1% de catalisador em volume referente à resina poliéster, sendo um formado por um tecido de sisal tipo plano (CRTP), e o outro formado por um tecido de sisal do tipo laço diagonal (CRTLD), obtendo-se, desta maneira, duas placas. Após a cura, foram cortados corpos de prova (CP) para caracterização do compósito e determinação das propriedades mecânicas. Todos os corpos de provas foram cortados com disco de corte de fio de diamante.



Figura. 1 CRTP

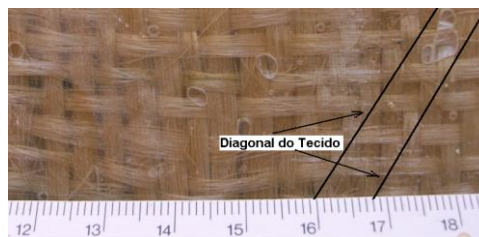


Figura. 2 CRTD

### Ensaio de Densidade

Para a realização deste ensaio, foi utilizada a norma ASTM D792.

### Ensaio de Flexão

O ensaio de flexão foi baseado de acordo com a norma ASTM D790, sendo confeccionado 5 corpos de provas possuindo as seguintes dimensões: 12,7 mm de largura, 45 mm de comprimento e 2 mm de espessura, os ensaios foram realizados com uma velocidade de 1 mm/min e com a distância entre os apoios de 32 mm.

### Ensaio de Tração

O ensaio de tração foi baseado de acordo com a norma ASTM D3039, sendo confeccionado 5 corpos de provas possuindo as seguintes dimensões: 25 mm de largura, 127 mm entre as lingüetas e 250 mm no comprimento total do mesmo. Foram utilizados cinco corpos de prova para a realização dos ensaios e retirado um valor médio das propriedades, com uma velocidade de 1 mm/min.

## 3. RESULTADOS E DISCURSÕES

### 3.1 Ensaio de densidade

Na tabela abaixo (tabela 1), pode ser observada as densidades de ambos os compósitos.

Tabela 1- Densidade dos Compósitos

Tipo de Compósito	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Compósito Reforçado Tecido Plano (CRTP)	1,04 ± 0,08
Compósito Reforçado Tecido Plano Laço Diagonal (CRTLD)	1,02 ± 0,07

### 3.2 Ensaio de Flexão

No que se refere ao Limite de Resistência a Flexão, o material que apresentou melhor desempenho mecânico foi o compósito reforçado com tecido de sisal do tipo plano, como pode ser observado na figura abaixo:

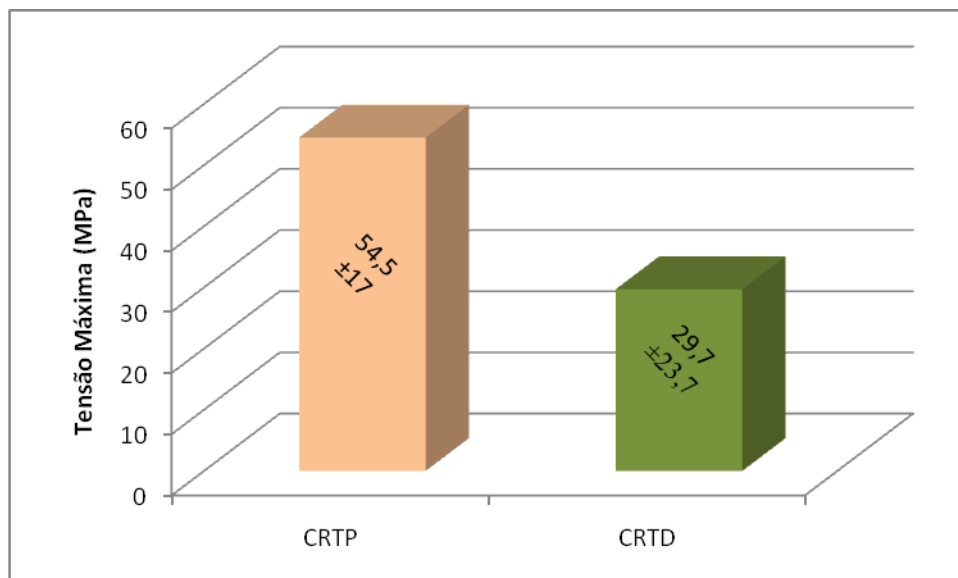


Figura 3 Limite de Resistência à Flexão de Acordo Com o Tipo de Tecido

Em referência o Módulo de Elasticidade entre os dois compósitos, podemos observar que o material que obteve melhor desempenho foi o composto reforçado com tecido de sisal do tipo plano, em relação ao compósito reforçado com tecido de sisal do tipo laço diagonal, como pode ser observado na figura abaixo:

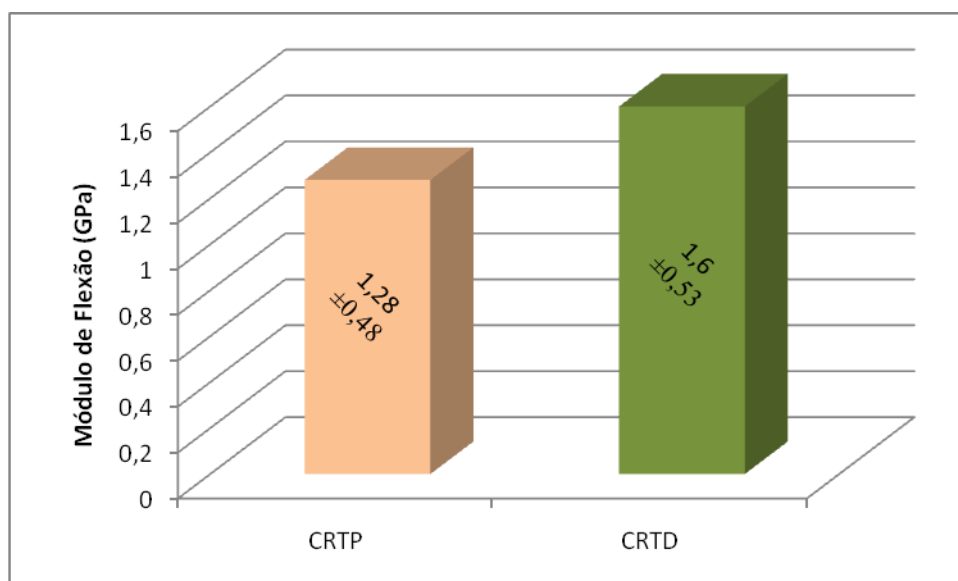
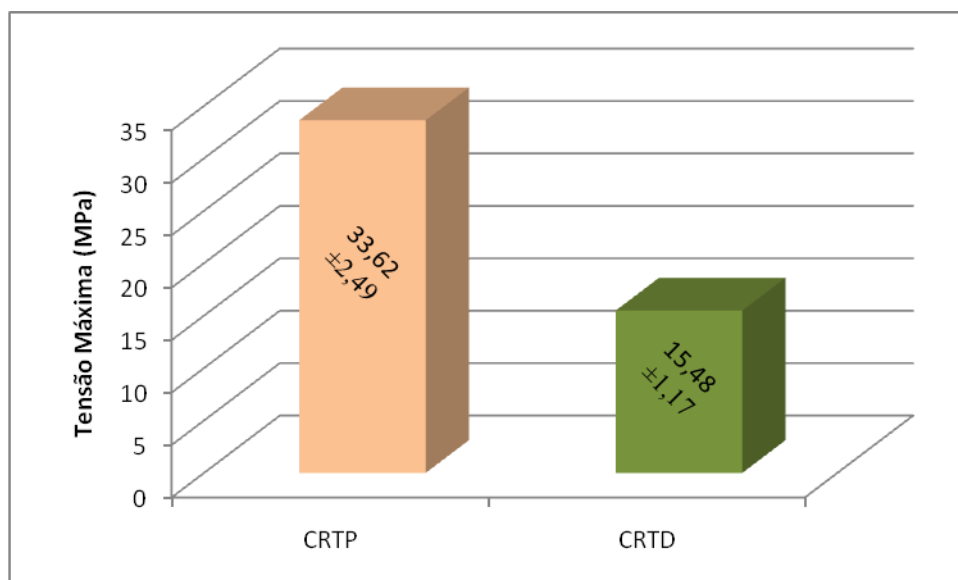


Figura 4 Módulo de Elasticidade à Flexão de Acordo Com o Tipo de Tecido

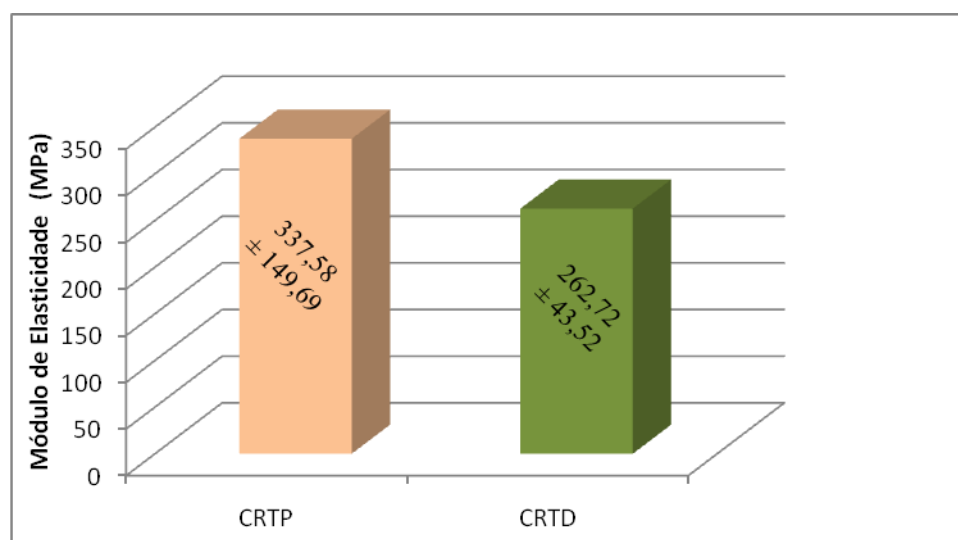
### 3.3 Ensaio de Tração

Como pode ser observado na figura abaixo (figura 5), o módulo de resistência à tração do material reforçado com o tecido de sisal do tipo plano (CRTP) obteve melhor desempenho mecânico em relação ao o material reforçado com o tecido de sisal do tipo diagonal ( CRTD).



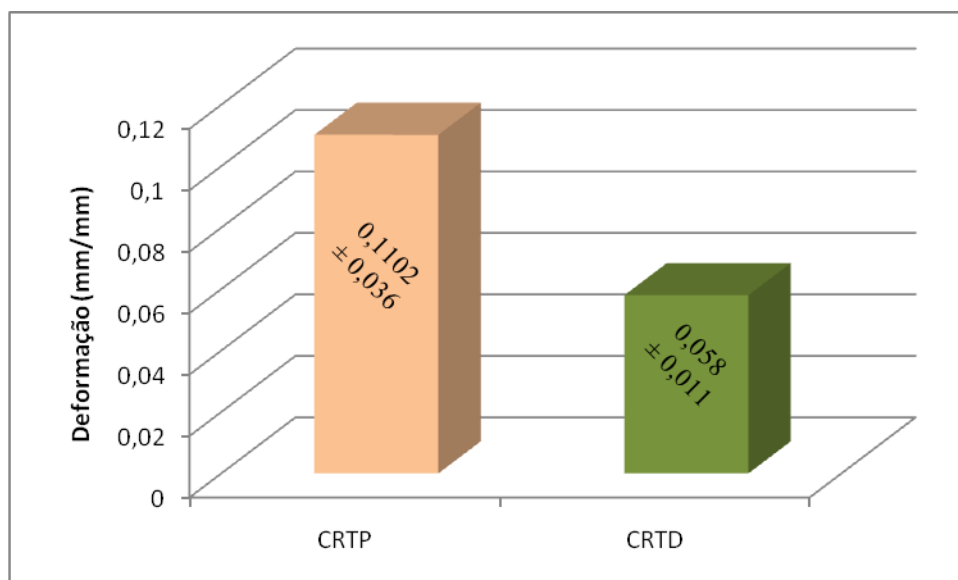
**Figura 5 Módulo de Resistência à Tração de Acordo Com o Tipo de Tecido**

Em relação ao módulo de elasticidade podemos observar na figura abaixo (figura 6) que o material que apresentou melhor rigidez foi o compósito reforçado com o tecido de sisal do tipo plano (CRTP), quando comparado ao compósito reforçado com tecido de sisal do tipo diagonal.



**Figura 6 Módulo de Elasticidade à Tração de Acordo Com o Tipo de Tecido**

No que se diz respeito à deformação do material, o material que obteve melhor desempenho a essa propriedade foi o material compósito reforçado com o tecido de sisal do tipo plano, quando comparado ao material composto reforçado com um tecido de sisal do tipo diagonal, como pode ser observado na figura 7.



**Fig. 7 Deformação Máxima de Acordo Com o Tipo de Tecido**

#### 4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados acima, pode – se observar que o material que obteve melhor desempenho mecânico foi o compósito reforçado com um tecido de sisal do tipo plano (CRTP), quando comparado com o compósito reforçado com o tecido de sisal do tipo diagonal (CRTD), contradizendo dessa forma a literatura que diz que quanto maior for o entrelace entre a trama e o urdume, menor será a resistência do material, já que este irá possuir maiores pontos de tensões. Em relação à fibra de sisal podemos destacar a utilização da fibra de sisal ser muito promissora, apesar de já terem alguns estudos sobre a mesma, porém é interessante haver um aprofundamento quanto às várias configurações de tecidos, tornando-se a mesma atrativa para a utilização em elemento estrutural, já que a mesma é mais econômica do que as fibras sintéticas, como a fibra de vidro, por exemplo, destacando também que o Rio Grande do Norte é o terceiro maior produtor desta, e com a introdução dela no mercado de compósitos aumenta com esse processo, a renda e o emprego no campo, principalmente na região do Mato Grande, que é a área, que possui maior concentração da fibra.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFRN, pela bolsa PIBIC concedida para a aluna, para realização da pesquisa.

#### 6 REFERÊNCIAS

- Mano, B. E. – Polímeros como Materiais de Engenharia - São Paulo, SP: Edgard Blücher, 2003
- Levy, F. N e Pardini, L. C - Compósitos Estruturais: Ciência e Tecnologia - São Paulo, SP: Edgard Blücher, 2006.
- Monteiro, S. N.; Aquino, R. C. M. P.; Lopes, F. P.D.; Carvalho, E.A.; Almeida, J. R. M.- Comportamento Mecânico e Características Estruturais de Compósitos Poliméricos Reforçados com Fibras Contínuas e Alinhadas de Curauá- Revista Matéria, Vol. 11, n. 3, pp. 197 – 203, 2006.
- Mochnac, S.; Amico, S. C.; Sydenstricker, T.H.D - Caracterização e Modificação Superficial de fibras de sisal Para a Utilização em Compósitos Poliméricos - Sulmat 2002, Congresso de Engenharia de Materiais do Mercosul, 2002, Joinville/SC 10 a 14 de Setembro de 2002.
- Barros, G.A - Tubulações de PRFV com Adição de Areia Quartzosa Visando sua Aplicação na Indústria do Petróleo, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, (2007).
- George, J.; Joseph K, Bhagawan. S.S.; Sabu, T. Influence of short pineapple fiber on the viscoelastic properties of low-density polyethylene - Materials Letters- Vol .18, Issuez, december, pp. 163 – 170, 1993.

- Pothan, L.A.; Thomas, S.; Neelakantan, N.R.; Short Banana Fiber Reinforced Polyester Composites: Mechanical, Failure and Aging Characteristics - Journal of Reinforced Plastics and Composites, Vol. 16, N. 8, pp .744-765, 1997.
- Arzondo, L..M.; Perez, C.J.; Carrelá, J.M.- Injection molding of long sisal fiber-reinforced polypropylene: effects of compatibilizer concentration and viscosity on fiber adhesion and thermal degradation – Polymer Engineering and Science, April, 2005.
- Li, Y.; Mai, Y. W.; Ye, L. Sisal fibre and its composites: a review of recent developments – Composite Science and Technology Vol 60, pp 2037- 2055 , 2000.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária ( <Acesso em 08/12/2010>)
- Sindfibras , Natural Fibres Industries Association (<http://www.brazilianfibres.com.br/>< acesso em 02 de dezembro de 2009>)
- ASTM D 3039 – Standard Test Methods for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials (2006).
- ASTM D 790 – Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials - American Society for Testing and Materials, 1990.
- ASTM D 792 – Standard Test Methods for Specific Gravity and Density of Plastics by Displacement - American Society for Testing and Materials, 1979.

## MECHANICAL PERFORMANCE EVALUATION OF TISSUES DEVELOPED WITH SISAL FIBER FOR REINFORCEMENT IN POLYMERIC COMPOSITES

Camila Cruz da Silva<sup>1</sup>, [cmlcruz5@gmail.com](mailto:cmlcruz5@gmail.com)  
Ricardo Alex Dantas Cunha<sup>1</sup>, [ricardoalex@gmail.com](mailto:ricardoalex@gmail.com)  
Renata Carla Tavares dos Santos Felipe<sup>1</sup>, [rcfelipe@cefetrn.br](mailto:rcfelipe@cefetrn.br)  
Raimundo Nonato Barbosa Felipe<sup>1</sup>, [nonatofelipe@cefetrn.br](mailto:nonatofelipe@cefetrn.br)  
Gilson Gomes de Medeiros<sup>1</sup>, [gilsong@cefetrn.br](mailto:gilsong@cefetrn.br)

<sup>1</sup>Instituto federal de Educação Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Av. Senador Salgado Filho, 1159, Tirol, CEP: 59000-000, Natal/RN

**Abstract .** *The use of natural (lignocellulosic) fibers is growing in the world of composite materials, in virtue of these fibers are originary from renewable sources, are biodegradable and help to develop the area in which they are produced thus reducing the rural exodus. In this context, the objective of this work is the manufacture of two sisal wovens to use as reinforcement in polymeric composites, having these tissues different configurations: a plan type, which is characterized by the interweaving of the weft wires in the wrap, one up and one down; and the other, a tissue of diagonal lace type, characterized by two cables passing up the wrap, one down, two up again and so on. After obtaining these tissues, the composites were made by the manufacturing process of manual lamination, using a polyester matrix. We obtained proof bodies for the determination of the tensile and bending using ASTM D3039 and ASTM D790, respectively, for both composites. After the testing, it is expected that the tissue of diagonal lace type has better mechanical properties than the plan type, since the former has good packaging and spacing at its exact width.*

**Keywords:** *Natural Reinforcement, Polymeric Matrix, Mechanical Properties.*