

INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE FIBRAS NATURAIS EM COMPÓSITOS HÍBRIDOS, TIPO SANDUÍCHE

Carla Dantas da Silva

UFRN-DEM/PPGEM - Centro de Tecnologia, Campus Universitário - Lagoa Nova

Natal - RN - CEP: 59072 - 970. Tel/Fax: 0(xx)84 215 3768

E-mail: carlinha_dantas@hotmail.com

Raimundo Carlos Silverio Freire Júnior

UFRN – CCET – Programa de Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais

Campus Universitário - Lagoa Nova, Natal - RN - CEP: 59072 - 970

Tel/Fax: 0(xx)84 215 3768

E-mail: freirej@ufrnet.br

Eve Maria Freire de Aquino

UFRN-DEM/PPGEM - Centro de Tecnologia, Campus Universitário - Lagoa Nova

Natal - RN - CEP: 59072 - 970. Tel/Fax: 0(xx)84 215 3768

E-mail: eve@dem.ufrn.br

Resumo. Atualmente, tem aumentado o interesse em estudar a utilização de compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais na indústria. Neste sentido, a idealização de um compósito híbrido envolvendo uma combinação a base de fibras de vidro/fibras naturais se faz necessário, deste que o produto final não possua grande perda na sua resistência mecânica e tenha como atrativo o custo final do produto. Este trabalho de investigação consiste no estudo do desenvolvimento de compósitos laminares híbridos do tipo sanduíche. Os mesmos são constituídos de resina poliéster ortoftálica, sendo que, um dos compósitos tem como reforço camadas de fibras de vidro-E (**CSFV**) nas formas de manta e tecido bidirecional. O outro compósito apresenta uma hibridização caracterizada pelo uso de reforços de fibras de juta e fibras de vidro-E (**CSH**) nas formas de tecidos. Ambos possuem camadas de recheio (**coremat firet**) constituídas de um tecido de polietileno. As propriedades mecânicas foram estudadas, inicialmente, para os ensaios de tração e compressão uniaxiais nos dois materiais. Estudos comparativos foram realizados nos **CSFV** e **CSH** com o objetivo de se conhecer tanto a influência do tipo de carga aplicada em cada laminado, bem como da presença de fibras naturais nos **CSH**, na resistência e rigidez do produto final. Os mesmos resultam de trabalhos de pesquisa através de parceria universidade/indústria.

Palavras-chaves: Compósitos híbridos, fibras de vidro, fibras de juta.

1. INTRODUÇÃO

Já é de conhecimento na literatura o uso de compósitos poliméricos em aplicações estruturais de médio e grande porte, desde que a leveza acompanhada de alto desempenho seja possível. As fibras utilizadas como reforços nesses materiais são geralmente de origem sintética (vidro, carbono, boro, etc.) e, portanto, trazendo com elas preocupações de caráter ambiental. A preservação do meio ambiente tem sido tema de estudos em centros de pesquisa de todo o mundo. Com isso, tem-se buscado uma melhoria na tecnologia voltada para a utilização de matéria-prima

proveniente de fontes renováveis, como a utilização de fibras naturais como reforço para matrizes poliméricas (Joseph (a) e (b), 2002, Rana et al., 2003, Ghosh et al, 1997).

As vantagens do uso de fibras naturais sobre as fibras sintéticas, como as fibras de vidro, no reforço de compósitos são: biodegradabilidade, baixo custo, baixa densidade, boa tenacidade, boas propriedades térmicas, baixo conteúdo energético e uso reduzido de instrumentos para o seu tratamento ou processamento. Mas, problemas relacionados com o baixo desempenho mecânico de algumas fibras naturais tem dificultado o uso direto das mesmas em elementos estruturais. Neste sentido, o aparecimento de novos materiais alternativos, buscando-se melhorar o desempenho estrutural dos compósitos à base de fibras naturais, vem sendo incentivado.

As fibras vegetais, por serem compostas principalmente de celulose, são também chamadas de fibras celulósicas ou lignocelulósicas. Estas fibras são abundantes e disponíveis em todo mundo. No passado, as fibras vegetais eram empregadas na fabricação de cordas, fios, carpetes, e outros produtos decorativos (Araújo et al., 1984, Potter et al, 1967). Porém com o avanço no desenvolvimento das fibras sintéticas, houve um decréscimo no consumo destas fibras. Atualmente com a diminuição rápida das reservas de petróleo, consciência crescente de preservação do meio ambiente, e controle de poluição, tem-se dado grande importância à utilização de recursos renováveis na fabricação de diversos produtos (Rowell et al., 1996). Estas possuem grande importância no desenvolvimento econômico dos países sub-desenvolvido e em desenvolvimento, como também são recursos naturais renováveis e biodegradáveis, leves, fortes, duráveis, de fácil secagem, baixo custo e apresentam um bom conjunto de propriedades mecânicas, adequadas à várias aplicações.

Um dos principais obstáculos no uso de fibras vegetais em compósitos poliméricos está associado à baixa temperatura de processamento permitida devido à possível degradação da fibra lignocelulósica e/ou à possibilidade de emissões de voláteis que poderiam afetar as propriedades dos compósitos. A temperatura de processamento é, portanto, limitada a aproximadamente 200 °C, embora seja possível usar altas temperaturas por períodos curtos.

A alta absorção de umidade das fibras vegetais é um outro obstáculo considerável. Absorção de umidade pode resultar em inchamento das fibras e o interesse na estabilidade dimensional dos reforços em compósitos não pode ser ignorado. No compósito a absorção de umidade é minimizada pelo recobrimento das fibras pelo polímero. A absorção de umidade das fibras podem ser reduzida através de modificações químicas de alguns de seus grupos hidroxila, porém isto implica em acréscimo no custo das fibras. Uma boa adesão fibra/matriz também pode diminuir a razão e quantidade de água absorvida pelo compósito (Carvalho, 1996).

Outras dificuldades associadas com o uso das fibras vegetais como reforço em compósitos poliméricos estão relacionadas aos seus baixos módulos elasticidades, ao fato de apresentarem propriedades mecânicas inferiores às das fibras sintéticas, terem baixa resistência biológica e serem susceptíveis a degradação em meios alcalinos e ácidos. Além disto, as propriedades mecânicas das fibras vegetais são dependentes da idade da planta, tipo de solo, condições climáticas, do local e as condições de processamentos empregadas bem como de sua estrutura e composição química (Gowda et al, 1999)

A concepção de compósitos poliméricos híbridos, ou seja, combinação entre tipos diferentes de reforços, pode possibilitar aplicações estruturais dos mesmos frente as mais adversas condições de serviços (Shan et al, 2002). O objetivo inicial desse trabalho de investigação é a concepção de um compósito polimérico híbrido, onde fibras sintéticas de alto desempenho possam ser combinadas parcialmente com fibras naturais de forma a se obter um material com possibilidade futura de aplicação estrutural. Além do objetivo em termos da aplicação, a possibilidade de ampliação do emprego de fibras naturais como reforços em plásticos reforçados leva a uma diminuição direta do uso de fibras sintéticas, diminuindo assim, problemas de impacto ambiental e social.

A configuração escolhida para o compósito híbrido a ser estudado, parte, em princípio, da substituição de camadas de manta de fibras de vidro-E em um compósito laminar do tipo sanduíche (já em uso pela indústria de plástico reforçado em reservatórios e/ou tubulações) por camadas de

tecido de fibras de juta (Margaria et al, 1997). O tecido de fibra de juta escolhido, segundo a indústria, consome a mesma quantidade de resina que a manta de fibra de vidro durante o processo de impregnação, o que 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.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os compósitos sanduíches de fibra de vidro (**CSFV**) utilizados neste trabalho foram confeccionados utilizando-se como matérias primas a matriz de resina de poliéster insaturada ortoftálica e como reforços tecidos têxteis cruzados (450g/m^2) e mantas (450g/m^2) de fibras de vidro-E. Como camada de recheio foi usado um tecido de polietileno (**coremat firet - xx**), já usado constantemente em laminados do tipo sanduíche convencionais.

No compósito sanduíche híbrido (**CSH**) fez-se a substituição das mantas de fibras de vidro-E por tecido de fibras de juta, onde a mesma foi utilizada "in natura", ou seja, sem nenhum tipo de tratamento químico. A configuração dos dois laminados é mostrada a seguir:

$$\begin{aligned} &(\text{MV}/\text{TV}/\text{MV}/\text{C}/\text{MV}/\text{TV}/\text{MV}) \text{ Sanduíche de Fibra de Vidro} \\ &(\text{TJ}/\text{TV}/\text{TJ}/\text{C}/\text{TJ}/\text{TV}/\text{TJ}) \text{ Sanduíche Híbrido} \end{aligned}$$

Os símbolos **MV**, **TV**, **TJ** e **C** são referentes à manta de fibra de vidro, tecido têxtil de fibra de vidro, tecido textil de juta e o **coremat**, respectivamente.

O processo de fabricação utilizado foi o **hand lay-up** obtendo-se placas de $1,0 \text{ m}^2$. Estas placas foram cortadas com um disco de corte com fio diamantado (DIFER D252), de forma a evitar qualquer tipo de dano possível nos corpos de prova. As dimensões dos corpos de prova para o ensaio de tração e compressão uniaxiais foram retiradas da norma ASTM D 3039 (1990) e do trabalho de Mandell et al (1997), respectivamente. Os corpos de prova foram feitos de forma retangular com as seguintes dimensões: $200 \times 25 \text{ mm} \times 7\text{mm}$ para os ensaios de tração e $100 \times 25 \text{ mm} \times 7\text{mm}$ para os ensaios de compressão, na qual o primeiro valor é referente ao comprimento, o segundo a largura e o terceiro a espessura. Os comprimentos úteis (galgo) são de 127 mm para os corpos de prova de tração e de 35 mm para os corpos de prova de compressão. Exames microscópicos foram realizados em todos os corpos de prova com o objetivo de identificar possíveis danos induzidos nos mesmos, durante o processo de preparação. Os ensaios de tração e compressão uniaxiais foram feitos utilizando-se uma máquina servo hidráulica MTS – 810 (Materials Test System), com uma velocidade de deslocamento de $1,0 \text{ mm/min}$. Todos os ensaios foram feitos a temperatura ambiente (25°C) e com umidade relativa do ar a 50% . 5 (cinco) corpos de prova com resultados válidos foram considerados na realização de cada ensaio estático.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA O CSFV

Na figura 1, tem-se as curvas tensão versus deformação obtidas no ensaio de tração uniaxial para o **CSFV**. Pela figura pode-se perceber que os compósitos possuem um comportamento linear até a ruptura final, obedecendo assim, a Lei de Hooke. A presença do **coremat**, como camada de recheio, não alterou a proporcionalidade (linearidade) entre a tensão e a deformação, característica esta, predominante nos compósitos laminados de resina poliéster reforçado com fibras de vidro-E.

Os resultados obtidos para o **CSFV** foram de 99.7 MPa de limite de resistência à tração, $1,86 \text{ GPa}$ para o Módulo de Elasticidade na direção da carga aplicada e $5,4\%$ de deformação de ruptura. As dispersões encontradas entre os ensaios foram de 11.25% , 9.98% e 11.40% , para o limite de resistência, o módulo de elasticidade na direção da carga aplicada e para a deformação de ruptura, respectivamente. Estes valores não são considerados altos já que a presença da camada de recheio no laminado pode levar a uma dispersão maior nos resultados. Isso ocorre devido ao fato de

se tratar de diferentes materiais, onde as interfaces entre **coremat** e mantas de fibras de vidro estão sujeitas a uma maior probabilidade de distribuição não uniforme das tensões interlaminares.

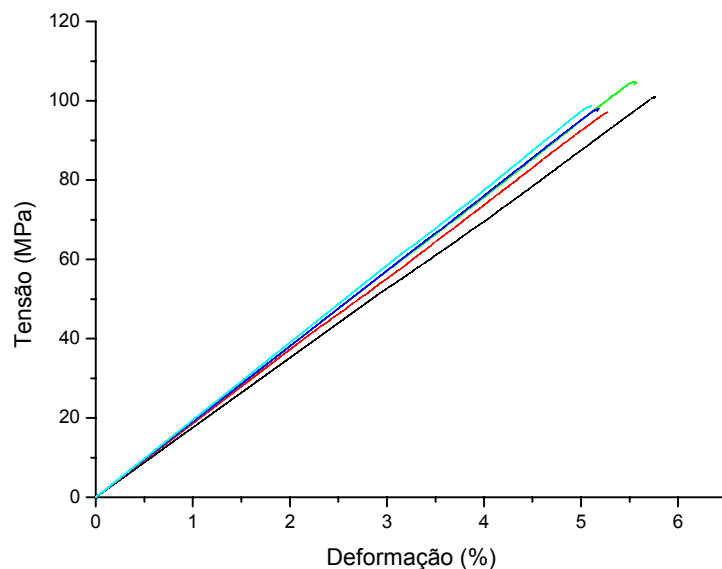


Figura 1. Gráfico tensão versus deformação do **CSFV** para o ensaio de tração.

Mostra-se, na Figura 2, as curvas tensão versus deformação obtidas no ensaio de compressão uniaxial para a configuração do **CSFV**. Por esta figura percebe-se, também, um comportamento praticamente linear até a fratura final do compósito. Os valores médios para o desempenho do material à compressão uniaxial correspondendo ao limite de resistência, módulo de elasticidade na direção da carga aplicada e da deformação de ruptura foram de 118.45 MPa, 1.69 GPa e 7.25 %, respectivamente. Suas respectivas dispersões foram de 11.47 %, 9.24 % e 11.47 %. Valores estes que apresentaram a mesma variação no comportamento à tração do material.

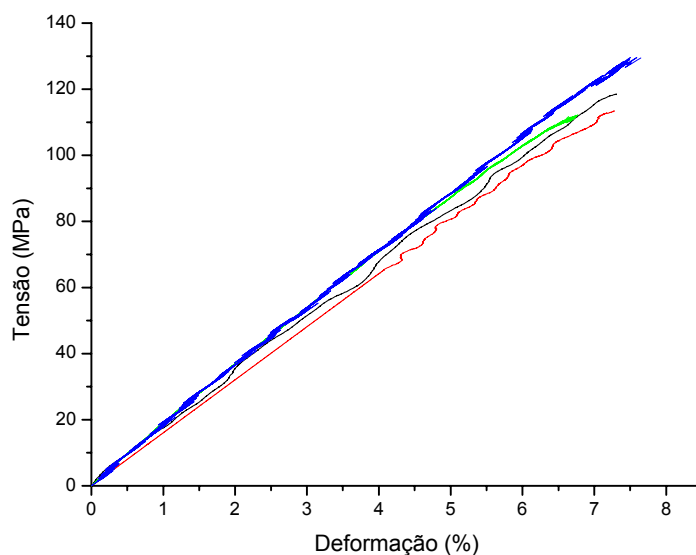


Figura 2. Gráfico tensão versus deformação do **CSFV** para o ensaio de compressão.

Na figura 3 tem-se um comparativo entre os comportamentos à tração e à compressão do **CSFV**. Aqui a complexidade inerente aos ensaios de compressão em compósitos laminados, parece

não ter exercido influência direta na dispersão dos resultados. É notória a superioridade do desempenho à compressão sobre a tração, uma diferença percentual de 15.63% com relação a resistência mecânica mas, há uma perda no módulo elástico (rigidez) de 9.13%. Esse resultado comprova a eficiência das estruturas do tipo sanduíche quando submetidas às cargas estáticas compressivas.

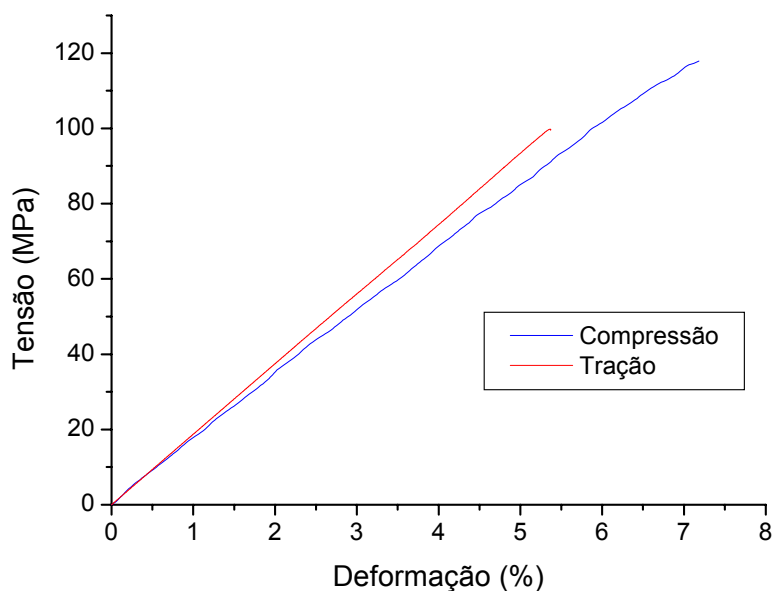


Figura 3: Gráfico comparativo Tração x Compressão do CSFV

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA O CSH

A figura 4, mostra as curvas tensão versus deformação obtidas no ensaio de tração uniaxial para o CSH. Em análise aos resultados obtidos, constata-se, antes de tudo, que a substituição das mantas de fibras de vidro-E por tecidos de fibras de juta, não alterou o comportamento linear encontrado no CSFV. Os resultados obtidos para este caso foram: limite de resistência à tração de 68.7 MPa, módulo de elasticidade na direção da aplicação da carga de 1.42 GPa e uma deformação de ruptura de 4.88%.

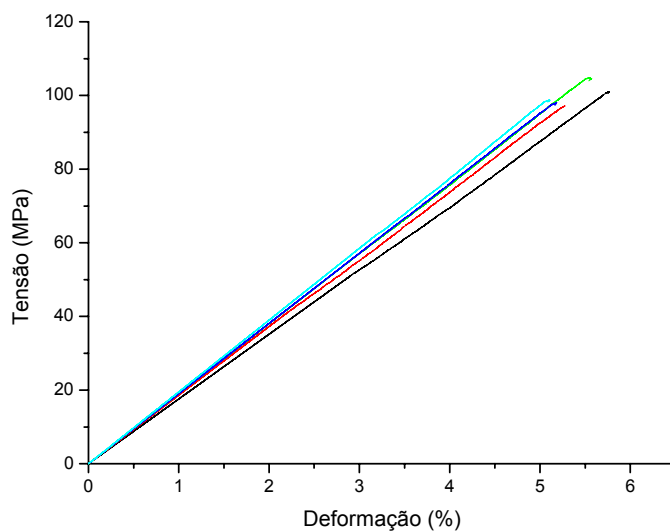


Figura 4. Gráfico tensão versus deformação do CSH para o ensaio de tração.

As dispersões encontradas foram de 3.63%, 8.06% e 8.13% para o limite de resistência à tração, módulo de elasticidade e deformação de ruptura, respectivamente. Os mesmos são considerados baixos levando em conta a hibridização do material, principalmente tratando-se de fibras naturais. As mesmas possuem uma acentuada variação em suas propriedades (fibra a fibra) tendo em vista as variações encontradas em parâmetros como a geometria (diâmetro, comprimento, etc.) e até em sua constituição. Neste sentido, pode-se dizer que o **CSH** possui propriedades bastante uniformes em termos de resistência e rigidez.

No caso do compósito sanduíche híbrido (**CSH**), mostra-se, na Figura 5, as curvas tensão versus deformação obtidas no ensaio de compressão uniaxial. Os valores médios obtidos foram para o limite de resistência à compressão de 85.36 MPa, módulo de elasticidade na direção de aplicação da carga de 1.89 GPa e deformação de ruptura de 4.64%. Os percentuais de dispersão foram de 16.90%, 16.85% e 15.84%, respectivamente para o limite de resistência, o módulo elástico e para a deformação de ruptura.

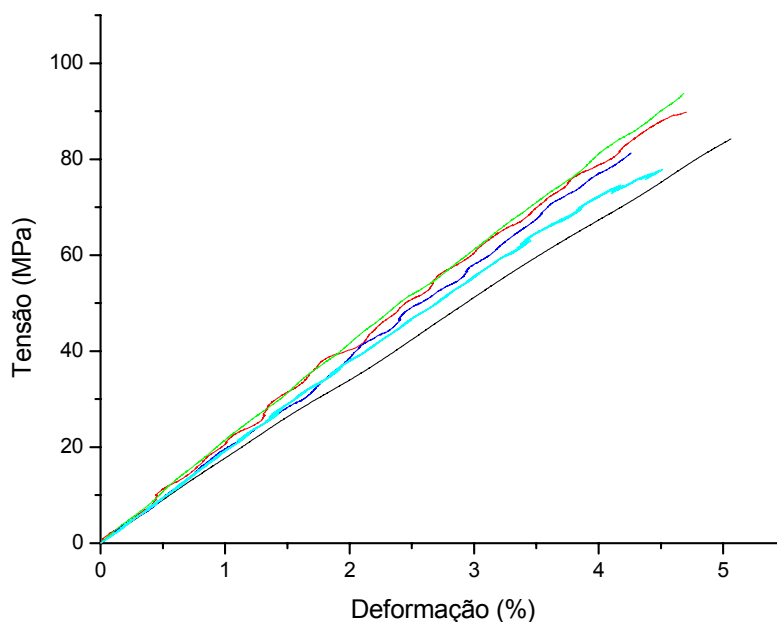


Figura 5. Gráfico tensão versus deformação do **CSH** para o ensaio de compressão.

No estudo comparativo entre os comportamentos à tração e à compressão do **CSH**, mostrado na figura 6, pode-se perceber que o compósito registra uma melhor resposta mecânica frente ao carregamento de compressão, seja na resistência última seja no módulo de elasticidade longitudinal, quando comparada ao caso da tração. A presença de tecidos têxteis de fibras de juta, nas camadas externas do laminado parece exercer certa influência na fluência da resina nos ensaios de compressão, já que se observa uma sensível melhora na rigidez do compósito. Fica mais uma vez comprovada a eficiência da estrutura do tipo sanduíche sob cargas estáticas compressivas. Para o caso do compósito híbrido, as deformações de ruptura são praticamente as mesmas para a tração e compressão uniaxiais. Observa-se, também, no estudo comparativo que as dispersões encontradas nos ensaios de compressão são bem maiores que as encontradas nos ensaios de tração para todas as propriedades estudadas. A complexidade na realização dos ensaios compressivos em compósitos pode influir em parte nos resultados obtidos.

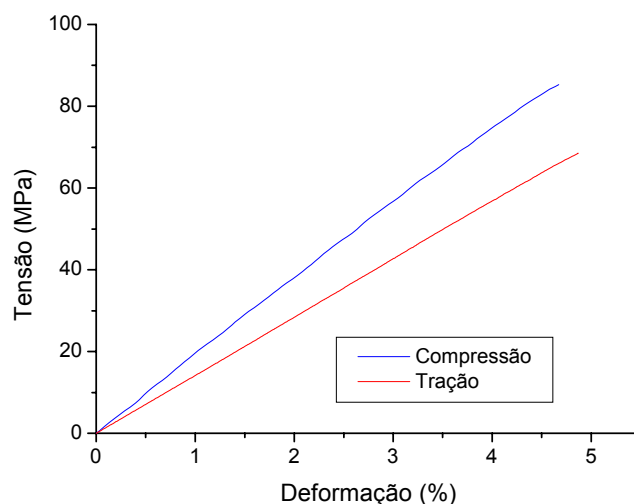


Figura 6: Gráfico comparativo Tração x Compressão do CSH

5. COMPARAÇÃO DAS DUAS CONFIGURAÇÕES

Pela figura 7 tem-se um comparativo entre os comportamentos das configurações tipo sanduíche quando as mesmas estão sujeitas à tração uniaxial. Pelo gráfico pode-se perceber uma diferença nítida entre os comportamentos dos dois compósitos, ou seja, a presença de tecidos cruzados de fibras de juta no compósito híbrido afeta diretamente na resposta à tração do material. Verifica-se que o **CSFV** é mais rígido e mais resistente na tração.

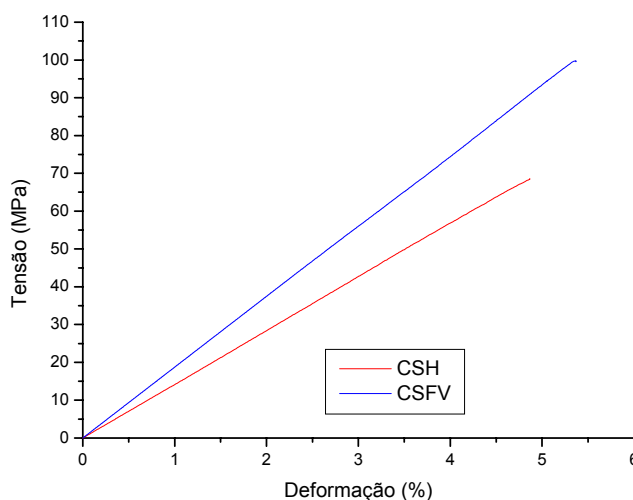


Figura 7. Comparativo do **CSFV** x **CSH** ensaiados à tração.

Esta diferença na rigidez e resistência é bastante acentuada já que a diferença percentual entre o **CSFV** e o **CSH** é de 24,2 % e 31,3 % no módulo de elasticidade e no limite de resistência à tração, respectivamente. Ou seja, apesar do grande atrativo da utilização de fibras naturais na aplicação em materiais compósitos sanduíches, deve-se saber que as mesmas normalmente não possuem propriedades mecânicas de alto desempenho e devem ser aplicadas considerando a utilização do produto acabado.

Mostra-se, na figura 8, um comparativo entre os comportamentos à compressão das duas configurações. Observa-se que, também na compressão, a presença de fibras naturais no compósito híbrido influencia diretamente na resposta do material. O **CSFV** apresenta uma maior limite de

resistência (ganho de 27.67%), embora o módulo de elasticidade seja ligeiramente menor (perda de 9.78%), ou seja, observa-se um certo ganho na rigidez para o caso do **CSH**. A menor resistência mecânica observada nos **CSH** leva a uma menor deformação final na fratura. Para o comportamento da rigidez à compressão, a presença do reforço na forma de tecidos nas camadas externas, propiciou um melhor resultado quando comparado à tração.

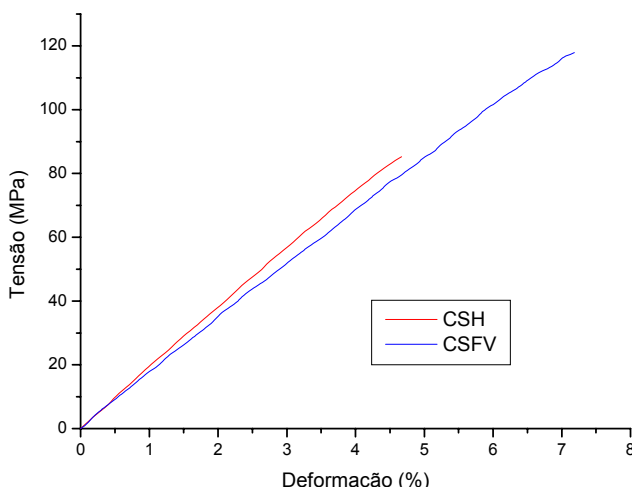


Figura 8. Comparativo do **CSFV** x **CSH** ensaiados à compressão.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para os ensaios de compressão e de tração uniaxiais demonstraram que as configurações **CSFV** e **CSH** possuem um comportamento linear até a fratura final, possibilitando a utilização da Lei de Hooke em qualquer formulação teórica envolvendo os dois materiais. As duas configurações mostraram superioridade na resistência mecânica à compressão quando comparada à tração. O compósito híbrido mostrou, também, superioridade na rigidez sob cargas compressivas. A utilização do **CSH** em aplicações estruturais torna-se viável em elementos onde a rigidez compressiva é fundamental.

7. REFERÊNCIAS

- Araújo, M., Castro, E. M. M., 1984, “Manual de engenharia têxtil”. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- ASTM D 3039, 1990, “Standard Test Method for Tensile Properties of Oriented Fiber Composites”, Annual Book of Standard, Philadelphia.
- Carvalho, L. H., 1996, “Chemical modification of fibers for plastics reinforcement in composites”, First International Lignocelluloses Plastics Composites, São Paulo.
- Ghosh, P., Samanta, A. K., Dev, D., 1997, “Simultaneous free radical polymerization and acidic polycondensation of acrylamide-formaldehyde de resin in jute fabric”, Journal Applied Polymer Science, 64: 2473-2489.
- Gowda, T. M., Naidu, A. C. B., Chaya, R., 1999, “Some Mechanical properties of Untreated Jute Fabric-Reinforced Polyester Composites”, Composites Part A - Applied Science and Manufacturing, 30, 277-248.
- Joseph, P., V. (a), 2002, “Environmental effects on the degradation behaviour of sisal fibre reinforced polypropylene composites”, Composites Science and Technology, vol.62, p. 1357-1372.

- Joseph, S. (b), 2002, "A comparison of the mechanical properties of phenol formaldehyde composites reinforced with banana fibres and glass fibres", *Composites Science and Technology*, vol. 62, p. 1857-1868.
- Margaria, G., Aquino, E. M. F., 1997, "Estudo da Resistência/Rigidez em Laminados Compósitos Tubulares", 2º Congresso Internacional de Tecnologia Metalúrgica e de Materiais.
- Potter, D. M., Corbman, B. P., 1967, "Textiles: fiber to fabric", New York, Ed. McGraw-Hill/EUA, 495 p.
- Rana, A.K., Mandal, A., Bandyopadhyay, S., 2003, "Short jute fiber reinforced polypropylene composites: effect of compatibiliser, impact modifier and fiber loading", *Composites Science and Technology*. Vol. 63, pp: 801- 806.
- Rowell, R. M., Sanadi, A. R., Caulfield, D. F., Jacobson, R. E., 1996, "Utilization of natural fibers in plastic composites: problems and opportunities", *First International Lignocelluloses Plastics Composites*, São Paulo.
- Shan, Y., Liao, K., 2002, "Environmental fatigue behaviour and life prediction of unidirectional glass-carbon/epoxi hybrid composites", *International journal of fatigue*, vol. 24, p. 847-859.

INFLUENCE OF THE NATURAL FIBERS IN HYBRIDS COMPOSITES, TYPE SANDWICH

Carla Dantas da Silva

UFRN-DEM/PPGEM - Centro de Tecnologia, Campus Universitário - Lagoa Nova

Natal - RN - CEP: 59072 - 970. Tel/Fax: 0(xx)84 215 3768

E-mail: carlinha_dantas@hotmail.com

Raimundo Carlos Silverio Freire Júnior

UFRN – CCET – Programa de Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais

Campus Universitário - Lagoa Nova, Natal - RN - CEP: 59072 - 970

Tel/Fax: 0(xx)84 215 3768

E-mail: freirej@ufrnet.br

Eve Maria Freire de Aquino

UFRN-DEM/PPGEM - Centro de Tecnologia, Campus Universitário - Lagoa Nova

Natal - RN - CEP: 59072 - 970. Tel/Fax: 0(xx)84 215 3768

E-mail: eve@dem.ufrn.br

Abstract. *This study investigated the development of sandwich composites. Two arrangements were considered: a polyester E-glass laminate, herein named **CSFV**, and a hybrid laminate with polyester/jute and polyester/ E- glass plies, herein named **CSH**. In both laminates a polyethylene fabric core was included. The mechanical properties (strength and Young's Modulus) were studied from tensile and compression tests. For the hybrid specimens, **CSH**, the influence of moisture absorption on the tensile properties was examined. A comparative study was conducted, including both laminates, to determine the influence of loading mode (tension or compression) and the addition of jute fibers in strength and modulus.*

Keywords: Hybrids composites, fiberglass, jute fibers.