

## **DETERMINAÇÃO DO DESEMPENHO MECÂNICO DO COMPÓSITO POLIÉSTER/FIBRA DE VIDRO QUANDO EM CONTATO COM PETRÓLEO E CALOR**

Ricardo Alex Dantas da Cunha<sup>1</sup>, [ricardoalex@gmail.com](mailto:ricardoalex@gmail.com)  
Camila Cruz da Silva<sup>1</sup>, [cmlcruz5@gmail.com](mailto:cmlcruz5@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 Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Av. Senador Salgado Filho, 1159, Tirol CEP: 59000-000, Natal /RN.

**Resumo:** A utilização de plásticos reforçados vem crescendo nas indústrias petrolíferas, automobilísticas e de construção civil, já que estes são bastante leves e resistentes à corrosão quando comparados aos materiais convencionais como os metais. O compósito de matriz polimérica vem ganhando destaque nesse mercado de tecnologia de ponta já que permite trabalhar com projetos avançados. Diante deste contexto, o material a ser utilizado nesta pesquisa é a matriz poliéster reforçada com manta de fios picados do tipo E. Este compósito foi confeccionado mediante o processo de fabricação de laminação manual e, da placa obtida, foram fabricados corpos de provas para realização dos ensaios de tração e flexão, utilizando as normas ASTM D3039-06 e ASTM D790-03 respectivamente. Depois, os mesmos foram imersos em petróleo e expostos a uma temperatura elevada, tendo em conta que nos processos industriais alguns equipamentos trabalham com fluidos aquecidos. Ao término de um período em que os corpos de prova foram submetidos a essas condições, foram realizados novos ensaios mecânicos, verificando-se pouca variação nas propriedades do material.

**Palavras-chave:** poliéster, fibra de vidro, temperatura, petróleo, comportamento mecânico.

### **1. INTRODUÇÃO**

Em escala mundial um material composto é um sistema combinado por dois ou mais materiais a nível macroscópico que trabalham simultaneamente, funcionando como uma unidade visando obter um conjunto de propriedades que nenhum dos componentes individualmente apresentaria (Mendonça, 2005), sendo formado por um reforço caracterizado pela resistência mecânica do material, e a matriz que é responsável por transmitir os esforços ao reforço e a parte estrutural do material composto. Onde o reforço pode apresentar-se na forma de fibras sintéticas (vidro, carbono, kevla) e naturais (coco, bananeira, sisal) ou em forma particulada (pó de madeira, pó metálico). Tais compostos plásticos reforçados com fibras estão sendo utilizadas extensivamente como um dos materiais avançados da engenharia em novas tecnologias de ponta, como aeroespacial, automobilística, construção civil e na indústria do petróleo por causa de sua forma e aplicação específica elevada (Ray et al., 2007).

Dentre os compósitos fibrosos podemos citar os reforçados com fibra de vidro, este tipo de fibra é o mais utilizado em compósitos poliméricos. Algumas vantagens de se utilizar fibra de vidro em relação às outras são: sua alta-resistência, boa disponibilidade comercial, baixo custo (Almeida et al., 2004). Dentre os vários tipos de fibra de vidro estar o tipo E, onde este se encontra em 90% dos reforçados de uso geral, possuindo baixo teor de álcalis e excelentes propriedades elétricas e mecânicas.

Devido sua grande diversificação na combinação de materiais, seu excelente desempenho nas propriedades mecânicas e o baixo custo, os compósitos reforçados vêm substituindo os materiais convencionais (aço, ferro fundido) em alguns setores industriais, levando em consideração a manutenção dos plásticos reforçados serem menor do que os materiais convencionais.

Na indústria de gás natural e petróleo, os plásticos reforçados por fibras de vidro estão alcançando uma larga escala, devido às exigências severas de resistência à propagação de chama, limitações da emissão de fumaça, de gases tóxicos, e de resistência às intempéries (Dantas, 2008). A utilização em dutos, tubulações de linhas de transferência, grade de piso, sistema de bandejamento, escadas e perfis estruturais, estão buscando novas técnicas de manutenção onde a necessidade de reparos está associada à eficiência operacional e o baixo custo conduzindo ao uso crescente desses materiais nesse segmento industrial (Costa et al., 2006).

Os plásticos reforçados estão presentes nos diversos setores industriais, trabalhando com aquecimento ou resfriamento no conjunto operacional. No entanto, em contato com temperatura estes materiais começam a mudar

começam a sofrer algumas alterações nas suas respectivas propriedades mecânicas. Diante disso, inúmeras pesquisas estão sendo realizadas nos polímeros termoplásticos e termorrígidos, sendo estes matrizes; e nos mais diversos tipos de reforços, buscando se observar os diversos problemas que podem ser influenciados pela temperatura. A variação de temperatura juntamente com a umidade relativa do ar; em um curto intervalo de tempo, pode não alterar o material; no entanto pode haver algumas mudanças ao longo do tempo devido à afinidade da água com algumas matrizes poliméricas de natureza polar, não possuindo dessa forma um maior aproveitamento estrutural (Ray et al., 2007). Efeitos de ciclos térmicos estão sendo estudados envolvendo propriedades de impacto, onde o material termoplástico foi exposto a diferentes temperaturas que variaram de 0°C até 100°C, para avaliarem se houve alguma modificação na micro estrutura da matriz do composto (Tamer et al., 2008).

Para uma otimização dos relatos até onde o calor ou o frio pode alterar as propriedades mecânicas de materiais compostos, foram desenvolvidos estudos que se refere ao condicionamento de materiais termoplásticos (Carall – alumínio e a fibra de carbono/epóxi) submetidos à exposição de temperatura em torno de 80°C e 90% de umidade relativa, sendo observados os efeitos higrotérmicos, onde foram avaliadas as propriedades elásticas no ensaio de compressão, mostrando que este não teve muita alteração na propriedade elástica (Ngo et al., 2008).

Objetivo desse trabalho consiste em comparar as propriedades mecânicas através dos ensaios de tração uniaxial e flexão em três pontos do compósito formado por resina poliéster insaturada do tipo ortoftálica e manta de fibra de vidro-E, para as condições do material imerso em petróleo por 30 dias e com incidência de calor (60° C) e no estado seco, ou seja, antes da sua imersão em petróleo. O período de 30 dias foi definido porque foi verificado que para períodos superiores de imersão do compósito poliéster/fibra de vidro E em petróleo, as propriedades mecânicas permaneceriam praticamente inalteradas, trabalho já desenvolvido pelos autores (Botelho et al., 2007 – Dantas, 2009). Utilizou-se o processo de laminação manual (*hand lay up*) para a fabricação do referido material; depois foram confeccionados corpos de provas segundo as normas ASTM D3039-06 e ASTM D790-03 e submetidas às condições citadas anteriormente. Desta forma, observou-se pouca variação das propriedades mecânicas após as condições em que foram ensaiados o compósito.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Para confecção do compósito, utilizou-se como matriz a resina poliéster insaturada do tipo ortoftálica L-120/08 pré-acelerada, fabricada pela empresa NOVOCOL, com as seguintes características de fabricação: densidade entre 1,10 e 1,15 g/cm<sup>3</sup>; viscosidade BROOKFIELD, a 25 °C, entre 260 e 300 cP. Como material de reforço, foi usada a manta de fios picados de vidro-E, fabricada pela OWENS-CORNING com uma gramatura de 450 g/m<sup>2</sup>. O catalisador utilizado para o sistema de cura (tempo necessário para que a matriz e o reforço se unam) da resina foi a metil-etil-cetona (MEKP), fabricada pela AKZO NOBEL. A PETROBRAS/UN-RNCE cedeu o petróleo utilizado na imersão dos corpos de provas, tendo um API 30,1518 (dado fornecido pelo laboratório da unidade UN-RNCE/ATP-MO).

### Equipamentos

Os equipamentos empregados nesta pesquisa científica foram:

- Máquina de ensaio universal Pavitest (CONTENCO), destinadas aos ensaios de tração e flexão;
- Forno do tipo mufla, modelo F 100 (EDGCON 3P) para determinação dos teores da fibra, do reforço e dos vazios;
- Balança eletrônica, analítica, modelo FA2104N (BIOPRECISA) usada na pesagem do material para o ensaio de densidade.

### 2.2 Métodos

O compósito foi confeccionado mediante o processo de *Hand lay-up* (laminação manual), como matriz foi utilizada a resina poliéster insaturada do tipo ortoftálica adicionado a ela 1% de catalisador referente ao seu volume, e como reforço fibroso quatro camadas de manta de fios picados de vidro-E, obtendo-se, desta maneira, uma placa. Após a cura, foram cortados corpos de prova (CP) para caracterização do compósito e determinação das propriedades mecânicas. Os corpos de provas utilizados nos ensaios mecânicos, parte deles foram colocados imersos em petróleo e após o período de imersão, estes foram submetidos a uma temperatura de 60° C em água destilada por um período de 96 horas e ensaiados. A seguir poderá ser observada a figura contendo a configuração do compósito, como pode ser verificado, este possui 4 camadas da manta de fios picados com 450 g/m<sup>2</sup>.

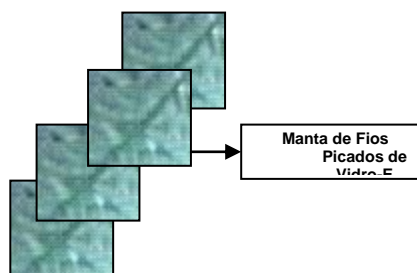


Figura 1: Configuração do Compósito

### Ensaio de Densidade

De acordo com a norma ASTM D 792/00, o ensaio de densidade do compósito foi determinada, com a utilização de dezessete corpos de prova, onde tiveram suas dimensões de 25 x 25 mm.

### Ensaio de Flexão em Três Pontos

Para a determinação das propriedades de flexão do material, foi utilizada a norma ASTM D790/03, a partir dela foram confeccionados 10 corpos de prova com as dimensões: 76,09 x 16,04 x 2,88 mm (comprimento, largura e espessura). Os corpos de provas foram ensaiados em uma máquina de ensaio universal (PAVITEST) com uma velocidade de 1 mm/min, e com a distância entre os cutelos de 61 mm.

### Ensaio de Tração Uniaxial

De acordo com a norma ASTM D 3039/06, foram confeccionados 10 corpos de provas com as seguintes dimensões: 25,12 mm de largura, 127 mm de distância entre as lingüetas e 250 mm de comprimento total. Após as condições estabelecidas para o ensaio os corpos de prova foram rompidos em uma máquina de ensaios universal (PAVITEST) com uma velocidade de 1 mm/min, para a determinação das propriedades mecânicas do material.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Densidade do Compósito e Teores de Reforço, Matriz e Vazios

Na Tabela 1 a seguir, são mostrados os valores médios obtidos para a densidade do compósito e os teores de reforço, de matriz (resina) e de vazios, apenas para a situação do material sem imersão em petróleo, ou seja, estado seco.

Tabela 1. Caracterização do compósito.

Compósito	Valor médio	Desvio padrão
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,54	± 0,03
Teor de reforço (%)	22 %	± 1 %
Teor de resina (%)	76 %	± 1 %
Teor de vazios (%)	2 %	± 1,5 %

### Ensaio de Flexão em Três Pontos

No gráfico a seguir (figura 3), pode observar que o módulo de flexão do composto quando em contato com o petróleo e posteriormente com a influência da temperatura em torno de 60° C, observa-se que no que se refere à rigidez do material, houve um decréscimo a propriedade.

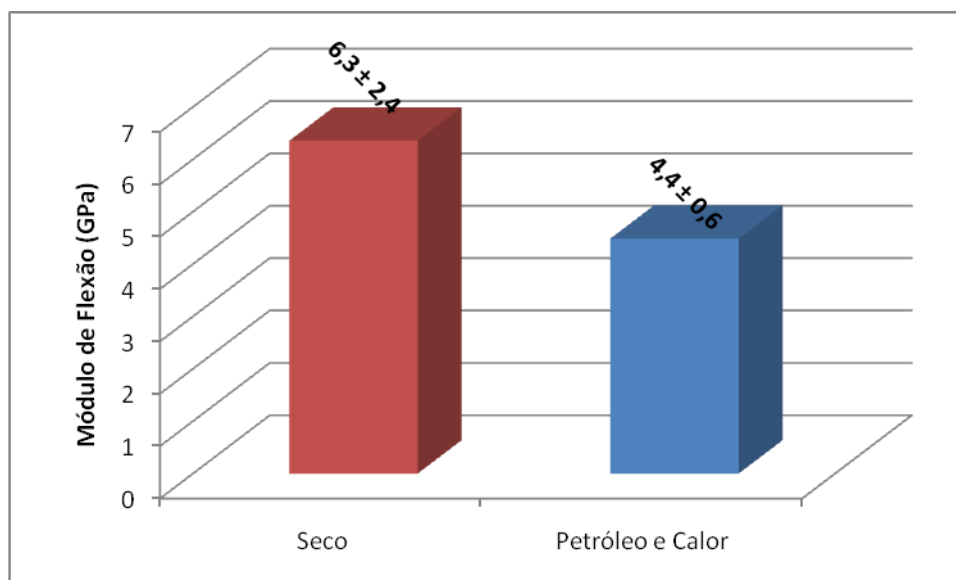


Figura 3: Módulo de Resistência a Flexão

Na ilustração que segue abaixo, a tensão máxima de flexão apresentou ser maior no material imerso no petróleo e influenciado pela temperatura ( $60^{\circ}\text{C}$ ) do que no seco (antes da imersão), onde no seco a tensão máxima foi cerca de 193,4 MPa e no imerso em petróleo com a influência de calor foi de 205,33 MPa, porém vale ressaltar que se for considerar os desvios padrões observa-se que elas permanecem constantes.

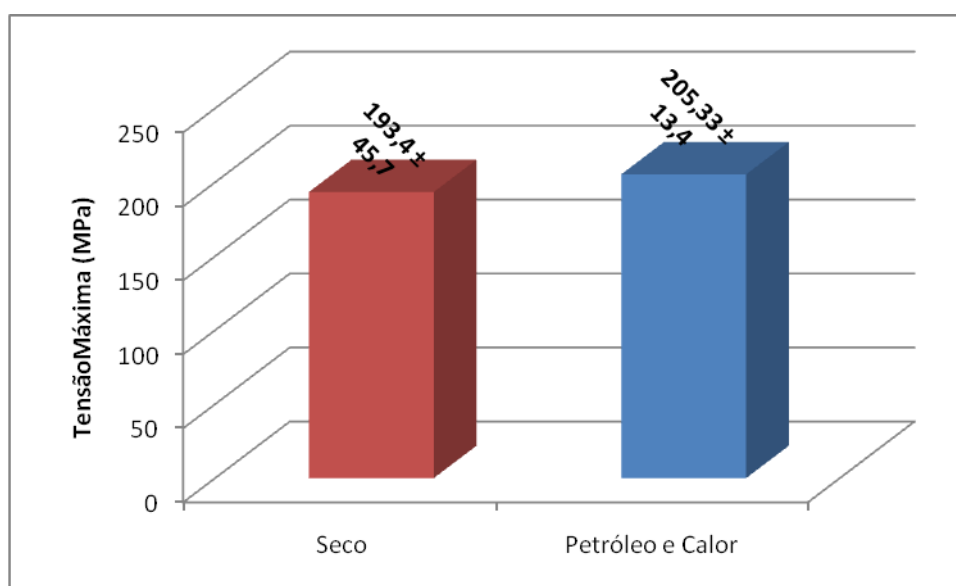


Figura 4: Tensão Máxima de Flexão

### Ensaio de Tração Uniaxial

No que se diz respeito ao módulo de elasticidade (E) o material imerso em petróleo e exposto ao calor, houve um acréscimo no módulo quando comparado com o material seco. Passando de 375 GPa para 517 GPa, como pode ver observado no gráfico abaixo.

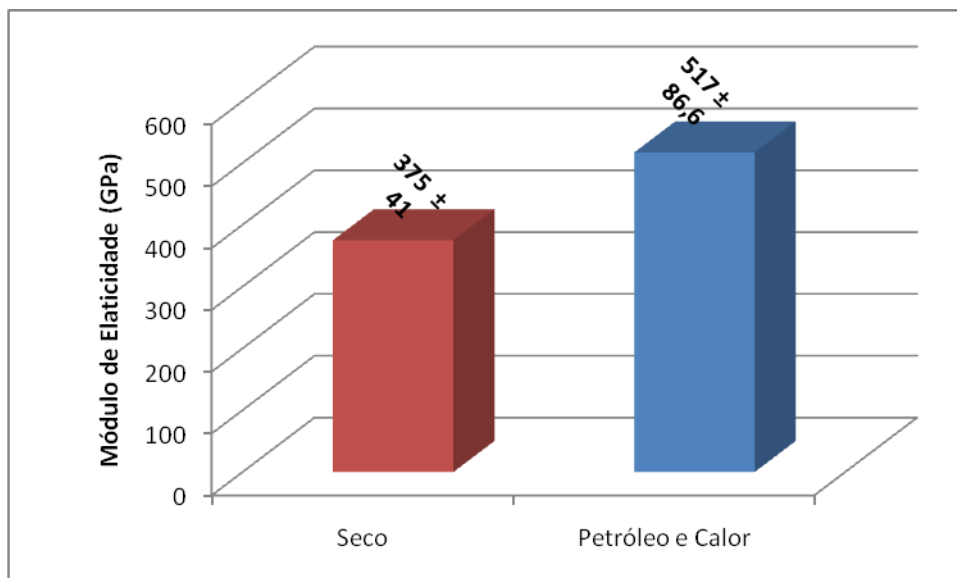


Figura 5: Módulo de Elasticidade

No que se refere aos resultados do limite de resistência à tração, as amostras que foram imersas em petróleo e com incidência de calor, demonstraram um aumento considerável, apresentando o mesmo comportamento.

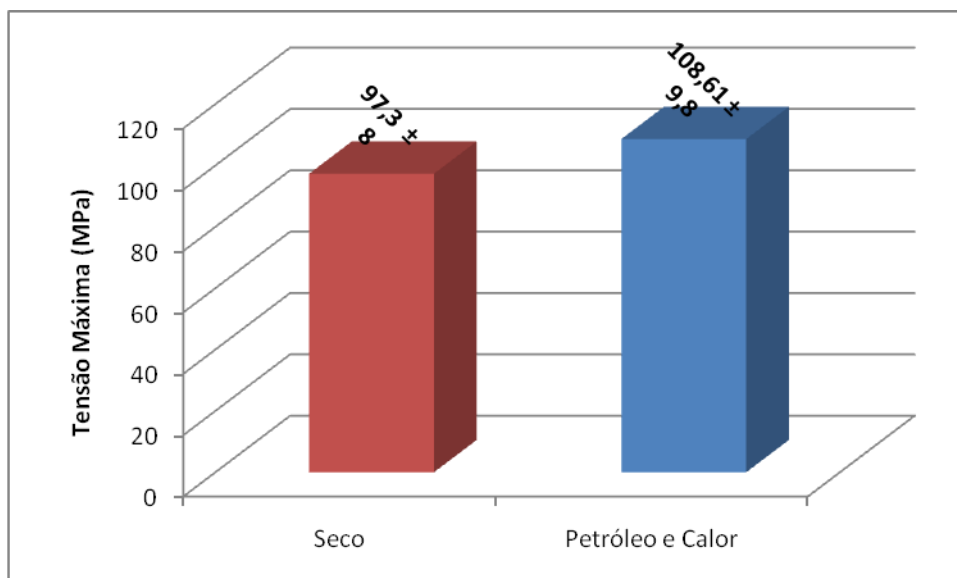


Figura 6: Tensão Máxima

## 4. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

### 4.1 Conclusões

No que se refere aos resultados obtidos através do ensaio de flexão, destacamos que o módulo de elasticidade a flexão sofreu uma redução de 30% no material condicionado quando comparado o mesmo no estado seco; e sofreu um acréscimo médio de 4% na tensão máxima do material imerso, onde o mesmo tinha 193,4 MPa e atingiu 205,33 MPa.

Observando os resultados do ensaio de tração, podemos concluir que o módulo de elasticidade do compósito, saiu de 375 GPa (seco) para 517 GPa (petróleo e calor), ou seja, teve um acréscimo significativo nessa propriedade de 38%. No que se refere o limite de resistência à tração no estado seco era de 97,3 MPa e subiu para 108,61 MPa, aumentando assim sua capacidade de carregamento em torno 12%.

Diante do exposto, se for levado em consideração os valores dos desvios padrões, já que para todos os ensaios foram rompidos 5 corpos de provas, daí metrologicamente, deve-se considerar os respectivos desvios, verifica-se que para os resultados dos ensaios de tração, houve um ganho na rigidez do material e uma perda na resistência, sendo um fator relevante, mostrando entanto que o calor fragiliza o material. No entanto quando observa-se os valores de flexão, as propriedades mecânicas permaneceram contantes.

Observou ainda que ao se comparar as fraturas finais, ou seja, após a realização dos ensaios mecânicos, para todos os corpos de provas tracionados, a fratura aconteceu na região útil do corpo de prova, entre as lingüetas, conforme norma ASTM; nos corpos flexionados, mesmo após a incidência de petróleo e calor, a ruptura foi bem localizada, ou seja, na região de compressão e de tração, não havendo mudança quando comparado com o corpo de prova no estado seco, esta análise foi feita visualmente.

### 4.2 Sugestões

Sugere-se um período de imersão incidência de calor maior, com uma temperatura mais elevada, onde possamos ter maiores esclarecimentos das propriedades mecânicas envolvendo esse tipo de material, para uma melhor aplicabilidade nas indústrias, principalmente na indústria petrolífera, já que a mesma trabalha com temperaturas maiores. Além disso, é importante que seja feita uma análise mais detalhada da fratura.

## 5. AGRADECIMENTO

Agradecemos o apoio do CNPq, pela bolsa PIBIT concedido ao aluno; da Tecniplas Tubos e Conexões Ltda., pelo fornecimento da matéria prima para a fabricação do compósito; e da PETROBRAS/UN-RNCE, pelo fornecimento do petróleo.

## 6. REFERÊNCIAS

- ASTM D 790/03: Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials - American Society for Testing and, 1990.
- ASTM D 3039/06 – Standard Test Methods for Tensile Properties of Fiber-Resin Composites - American Society for Testing and Materials, 1970.
- ASTM D 792/00 – Standard Test Methods for Specific Gravity and Density of Plastics by Displacement - American Society for Testing and Materials, 1979.
- Mendonça, P. T. R. – Materiais Compostos & Estruturas-Sanduíches – Barueri, SP: Manoele, 2005.
- Ray, P. K.; Mula, S.; Bera, T.; Ray, B. C.- Effects of Thermal Shocks and Thermal Spikes on Hygrothermal Behavior of Glass-Polyester Composites – Journal of Reinforced Plastics and Composites. Nov 2007; vol 26: pp 725 – 737.
- Costa, L. M.; Cunha, P. J. A.; Rezende, C. M. – Influência de Diferentes Condições Higrotérmicas na Resistência à Tração de Compósitos de Fibra de Carbono/Epóxi Modificada - Departamento de Engenharia Aeronáutica e Mecânica. ITA/SENAI, Divisão de Materiais, IAE, CTA - Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 16, n° 3, p. 193-201, 2006.
- Almeida, S. P.S., Avaliação Das Propriedades Mecânicas de Compósitos Pultrudados de Matriz Polimérica com Reforço de Fibra de Vidro – Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro – 2004.
- Tamer, S.; Onur, Ç.; Mustafa, Ö. B.; V. G.; Cürüüil, I. - The Effects of Thermal Cycles on the Impact Fatigue Properties of Thermoplastic Matrix Composites. Jul 2008, pp: 100 – 113
- <http://www.abmaco.org.br> (< Acesso 10/01/2010>).
- Dantas, C. M.; Masieiro, F.R.S.; Felipe, R. C. S. T.; Felipe, R. N. B.; Medeiros, G. G. - Compósito De Matriz Poliéster E Reforço De Fibra De Vidro, Até Onde Pode Ter Contato Com Petróleo - 18º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2008, Porto de Galinhas, PE, Brasil.
- Botelho, E. C.; Almeida R. S.; Pardini, L.C.; Rezende M. C. - Influence of Hygrothermal Conditioning on the Elastic Properties of Carall Laminates. Jan 2007, pp: 209-222.

- Ngo, T.D.; Ton-That, M.-T.; Hoa, S.V.; Cole, K.C. - Effect of temperature, duration and speed of pre-mixing on the dispersion of clay/epoxy nanocomposites. Jun 2008, pp: 1831-1840.
- Dantas C. M.; Felipe R. C. S. T.; Felipe R. N. B. - Avaliação das Propriedades de Flexão do Compósito Plástico Reforçado com Fibras de Vidro Quando em Contato com Diferentes Fluidos – 10<sup>o</sup> CBPol – Congresso Brasileiro de Polímeros, 2009, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

## DETERMINATION OF THE MECHANICAL PERFORMANCE OF COMPOSITE POLYESTER/FIBERGLASS WHEN IN CONTACT WITH OIL AND HEAT

Ricardo Alex Dantas da Cunha<sup>1</sup>, [ricardoalexc@gmail.com](mailto:ricardoalexc@gmail.com)

Camila Cruz da Silva<sup>1</sup>, [cmlcruz5@gmail.com](mailto:cmlcruz5@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 Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Av. Senador Salgado Filho, 1159, Tirol CEP: 59000-000, Natal /RN.

**Abstract:** *The use of reinforced plastics is growing in the petroleum, automotive and construction industries, because they are quite lightweight and resistant to corrosion in comparison to conventional materials like metals. The polymeric matrix composite has been gaining attention in the market of high technology since it allows working with advanced designs. Given this context, the material to be used in this study is the polyester matrix reinforced with blanket of chopped wire, type E. This composite was made through the manufacturing process of manual lamination and, from the plate obtained, proof bodies were manufactured for testing of tensile and bending using ASTM D3039-06 and ASTM D790-03, respectively. Later, they were immersed in oil and exposed to high temperatures, taking into account that, in industrial processes, some equipments work with warmed fluids. At the end of a period in which the proof bodies were subjected to these conditions, further tests were carried out, being observed little variation in the mechanical properties of the material.*

**Keywords:** Polyester, Fiberglass, temperature, oil, mechanical performance