

## RESÍDUOS DE PLÁSTICO REFORÇADO: DESEMPENHO MECÂNICO

Liana de Holanda Viana Barros, [lianaviana17@yahoo.com.br](mailto:lianaviana17@yahoo.com.br)<sup>1</sup>

Neemias Silva De Souza, [neemias.souza@ifrn.edu.br](mailto:neemias.souza@ifrn.edu.br)<sup>1</sup>

Yldeney Silva Domingos, [yldeney@yahoo.com.br](mailto:yldeney@yahoo.com.br)<sup>1</sup>

Romilson de Nascimento Barros, [romilson.barros@ifrn.edu.br](mailto:romilson.barros@ifrn.edu.br)<sup>1</sup>

Raimundo Nonato Barbosa Felipe, [raimundo.felipe@ifrn.edu.br](mailto:raimundo.felipe@ifrn.edu.br)<sup>1</sup>

Renata Carla Tavares dos Santos Felipe, [renata.felipe@ifrn.edu.br](mailto:renata.felipe@ifrn.edu.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN/ PPgUSRN, Avenida Senador Salgado Filho, 1559, Tirol. Natal-RN, CEP 59015-000

**Resumo:** Compósito é a junção de dois ou mais materiais onde um é o reforço e o outro é a matriz. Eles podem ser formados por matriz metálica, cerâmica ou polimérica; no entanto as matrizes poliméricas são as mais utilizadas, visto que para se fabricar um elemento estrutural com a mesma possui um custo menor. Dentre estes compósitos poliméricos, os mais empregados são os plásticos reforçados com fibras de vidro (PRFV), devido ao seu custo. No entanto, um grande problema que atualmente é enfrentado diz respeito a geração de resíduos pós processo de fabricação dos PRFV, gerando dessa forma um grande impacto ambiental, uma vez que este resíduo poderá ser exposto ao meio ambiente ou até mesmo ir para aterros sanitários. Neste trabalho será fabricado um compósito formado por mantas de fibras de vidro-E numa matriz de poliéster, mediante o processo de fabricação **hand lay-up**; na composição deste material, serão inseridos resíduos da indústria de plástico reforçado por fibras de vidro; sendo algo inovador neste compósito. Após o processo de desmoldagem, serão cortados corpos de prova mediante a norma ASTM 793 e 790, que diz respeito às normas de densidade e flexão em três pontos, respectivamente; e comparado os valores com um compósito tendo a mesma configuração, porém não utilizando resíduos de PRFV. Ao término do trabalho foi possível observar que o compósito utilizando resíduos em sua composição ficou mais leve com relação ao comportamento mecânico houve uma perda na resistência e rigidez porém a característica da fratura final foram as mesmas.

**Palavras-chave:** Compósito, geração de resíduos, comportamento mecânico.

### 1. INTRODUÇÃO

Os materiais compósitos poliméricos são fabricados a partir da união de uma matriz de polímero e de um material de reforço que pode ser na forma de partículas ou fibras; ou até mesmo de fibras e partículas, segundo Felipe (2012a) Esses compósitos poliméricos podem ser formados por matrizes termofixas ou termoplásticas, no entanto ao se utilizar as termofixas, verifica-se que rigidez não é afetada pela ação da temperatura como no caso dos termoplásticos. A resinas termofixas não fundem com o aquecimento e são mais resistentes em razão da maior complexidade em sua formação química devido as ligações cruzada porém a uma dada temperatura o compósito polimérico com esse tipo de matriz se decompõe; não podendo dessa maneira, ser reciclado (ODIAN, 2004). No entanto, essa condição dificulta o reconhecimento de estratégias que visem solucionar de maneira rápida e específica o reaproveitamento de resíduos gerados na indústria.

Segundo Domingos (2017) e Felipe (2012b), são vários os processos de fabricação em compósitos poliméricos, é importante ressaltar que estes materiais são leves, possuem uma alta resistência a corrosão, sendo possível fabricar peças com *designers* complexos, uma vez que a fabricação dos moldes de uma maneira geral é simples. No entanto, no processo de fabricação de um elemento estrutural com compósito polimérico, como por exemplo o plástico reforçado com fibras de vidro (PRFV), após a desmoldagem ocorre a geração de resíduos de PRFV, gerado pelo corte das aparas (excesso de material que fica fora do molde) durante o processo de desmoldagem, sendo estes resíduos expostos ao meio ambiente e colocado em aterros sanitários. De acordo com dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, cerca de 10% do total dos materiais compósitos fabricados são perdidos na forma de resíduos, o que aumenta o passivo ambiental, com a necessidade da disposição em aterros sanitários de classe II, e os custos envolvidos nesse processo, logo é importante dá um destino adequado a esse resíduo, sabe-se ainda que o PRFV por ano gera 13 mil toneladas de resíduos; sendo este direcionado ao aterro sanitário. (LIMA, 2006). Todo o resíduo gerado devido ao excesso ou corte das aparas após o processo de desmoldagem, em moldes abertos ou fechados, uma vez sendo de matriz termofixa, ele só poderá ser utilizado na forma de partículas ou grãos. (FELIPE, 2012b; LEVY, 2006).

Nas últimas décadas, a preocupação com o meio ambiente vem crescendo cada vez mais, principalmente no meio industrial, devido à grande quantidade de resíduos poluentes serem descartados e expostos, sem nenhuma utilidade. Conforme Silva (2009) e Rios (2003), o Brasil está na em sexto lugar no mundo no que se refere a produção de veículos automotivos e um dos maiores produtores de plásticos, com isso, já se espera que o mesmo seja um grande gerador de resíduos; e como consequência se ver a necessidade de dá um destino adequado a eles. Segundo Orth *et al.* (2014), os veículos automotivos são compostos de 15% de plástico; tendo uma perspectiva de crescimento dentre os próximos 13 anos entre (25 e 30) %.

Diante disso, esse trabalho objetiva a fabricação de um compósito polimérico formado por três camadas de manta de fibras picadas, sendo inserido, nele 10% em peso de resíduos de PRFV. Após a fabricação do compósito, foram cortados corpos de prova mediante as normas ASTM 792 e 790, que tratam de densidade e flexão em três pontos e comparados os seus valores com um compósito tendo a mesma configuração porém sem resíduos de PRFV.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram fabricadas duas placas mediante o processo de fabricação *hand lay-up*, utilizando a resina poliéster do tipo ortoftálica, fabricante Novopol e manta de fibras de vidro do tipo E com gramatura de 450 g/m<sup>2</sup>, fabricante Fibertex e como catalisador MEKP a 1%. Confeccionaram-se fabricadas duas placas, uma sem resíduos de PRFV e a outra com 10% em peso referente ao peso de resina. O resíduo foi pego da indústria, situada na cidade de Macaíba (RN), onde a mesma fabrica equipamento de PRFV. Este foi triturado e selecionado, mediante jogo de peneiras granulométricas sendo então classificado na malha 0,59 mm de abertura. Na Figura 01 é possível observar os resíduos, processo de fabricação das placas e os corpos de provas cortados conforme a norma ASTM 792 para determinação da densidade e 790 para determinação do comportamento à flexão. O ensaio de flexão em três pontos foi realizado na máquina de Ensaio universal mecânico, modelo AGI-250 KN, com velocidade de carregamento de 1,0 mm/min. Na Figura 02 é possível verificar a configuração do compósito, sendo o PRFV sem resíduo (PRFVSR) e o PRFV com resíduo (PRFVCR).



Figura 01 – (a) Resíduos da indústria e seleção (b) Processo de fabricação (c) Corpos de prova.

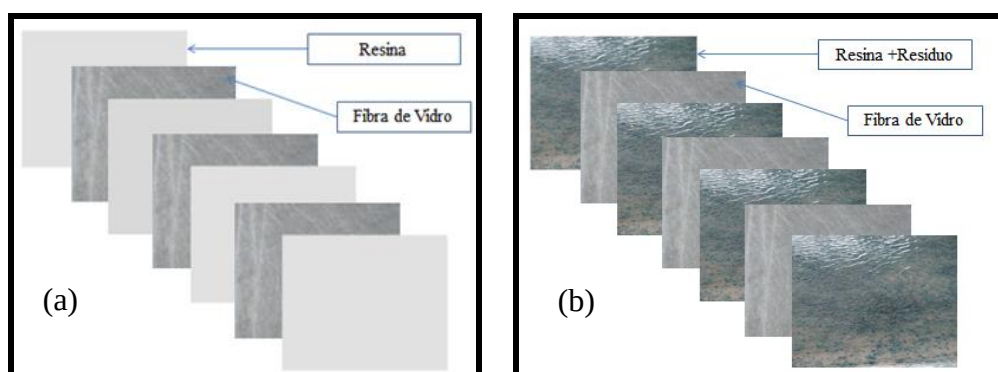


Figura 02 – (a) PRFVSR (b) PRFVCR

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 01 é possível observar a densidade do compósito com a utilização de resíduos e sem resíduos; sendo dessa forma possível detectar que o compósito utilizando o resíduo se tornou mais leve. Os resultados foram obtidos a partir da média de cinco corpos de prova.

**Tabela 01 – Densidade do compósito**

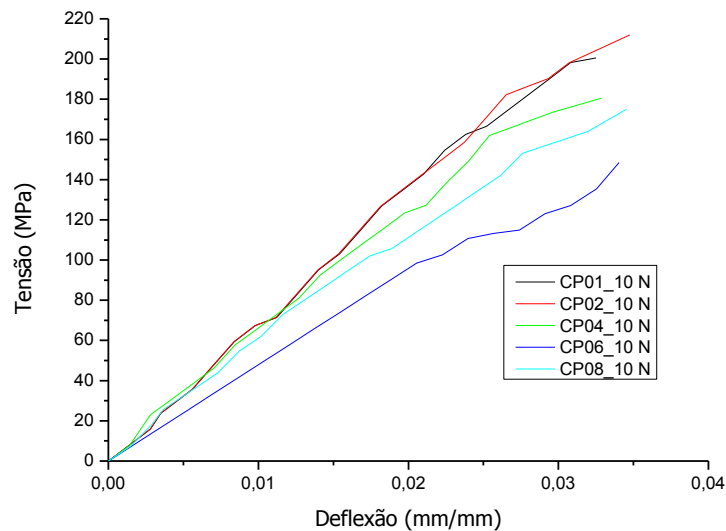
|                                | PRFVSR      | PRFVCR      |
|--------------------------------|-------------|-------------|
| Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,47 ± 0,01 | 1,33 ± 0,01 |

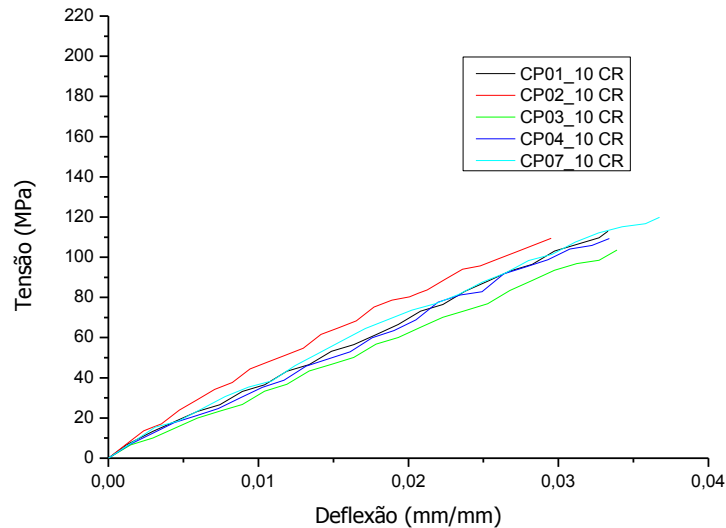
No que se refere ao comportamento mecânico à flexão observa-se na Tabela 02 que houve uma queda de aproximadamente 65% na resistência à flexão e com relação a rigidez de aproximadamente 63% quando comparado os valores do plástico reforçado com fibras de vidro (PRFVSR) com o (PRFVCR). No entanto, apesar desses valores é possível ver a sua aplicação em elementos estruturais em que a prioridade de carregamento não seja o esforço de flexão ou que estes não sejam tão elevados. Os valores dos ensaios foram a partir da média de cinco corpos de prova.

**Tabela 02 – Propriedades de Flexão.**

|                              | PRFVSR         | PRFVCR        |
|------------------------------|----------------|---------------|
| Limite de Resistência (MPa)  | 180,49 ± 24,56 | 109,40 ± 5,98 |
| Módulo de Elasticidade (GPa) | 5,40 ± 0,74    | 3,34 ± 0,37   |

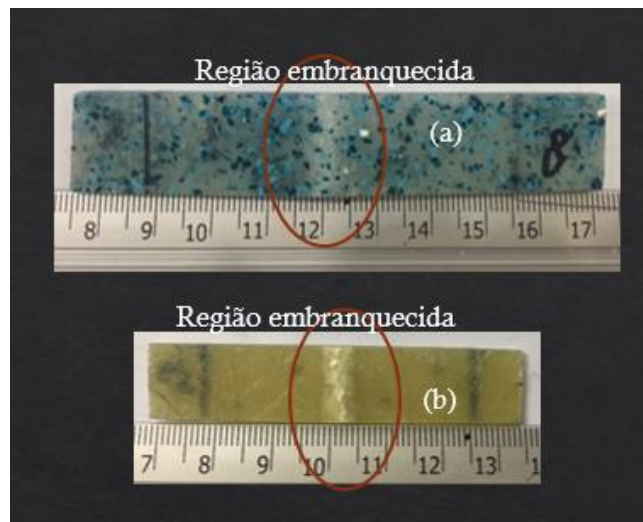
Referente ao comportamento mecânico do plástico reforçado com fibras de vidro com e sem resíduos, nas figuras 03 e 04, ambos apresentaram um comportamento linear e com valores da deflexão semelhantes.

**Figura 03 – Comportamento à flexão do PRFVSR**



**Figura 04 – Comportamento à flexão do PRFVCR**

Com relação à característica da fratura final a mesma se deu bastante concentrada na região tracionada para ambos os compósitos, diante disso, fica evidente que apesar da perda das propriedades de flexão no PRFVCR, o mesmo rompeu também pelo o esforço de flexão sendo assim algo a ser considerado quando for utilizá-lo, sendo evidenciada a fratura final na figura 5a, onde se observa uma região embranquecida, sendo esta a parte que foi tracionada no corpo de prova (CP), tendo então a mesma característica da fratura final do CP sem a adição de resíduos (PRFVSR).



**Figura 05 – (a) PRFVCR (b) PRFVSR**

#### 4. CONCLUSÃO

Diante disso, a partir dos resultados obtidos verifica-se que o compósito utilizando os resíduos da indústria de plástico reforçado com fibras de vidro (CRFVCR) pode ser uma alternativa a ser utilizada na indústria, mesmo sabendo que houve uma perda da resistência à flexão e módulo porém esse material pode ser utilizado já que teve o mesmo comportamento mecânico quando comparado com o PRFVSR; além disso, a utilização desses resíduos minimizará o impacto ambiental gerado por eles.

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao IFRN pela realização dos ensaios mecânicos.

## 6. REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D790-10: standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials. USA: ASTM, 2010.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D792-13: standard test methods for density and specific gravity (relative density) of plastics by displacement. USA: ASTM, 2013.
- Domingos, Y. S - Avaliação do envelhecimento ambiental do compósito polimérico na estação de tratamento de efluentes do sistema central de Natal - RN- Brasil. Dissertação de Mestrado Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPGUSRN), do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), 2017
- Orth C. M.; Baldin, N. e Zanotelli, C. T. A geração de resíduos sólidos em um processo produtivo de uma indústria automobilística: uma contribuição para a redução. Gest. Prod., São Carlos, v. 21, n. 2, p. 447-460, 2014.
- Felipe, R. C. T. S.; Felipe, R. N. B.; Batista, A. C. M.; Aquino, E. M. F. Polymer Composites Reinforced with Hybrid Fiber Fabrics. Materials Research. February 12, 2017.
- Felipe, R. C. T. S Envelhecimento ambiental acelerado em prf a base de tecidos híbridos kevlar/vidro: propriedades e instabilidade estrutural. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio grande do Norte, 2012a.
- Felipe, R. N. B.; Felipe, R. C. T. S; Aquino, E. M. F. Laminar composite structures: Study of environmental aging effects on structural integrity. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**. v. 31,n. 21, p. 1455-1466, 2012b.
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Reciclagem de Compósitos**. Disponível em < [http://www.ipt.br/centros\\_tecnologicos/CT-OBRAS/cases/5-reciclagem\\_de\\_compositos.htm](http://www.ipt.br/centros_tecnologicos/CT-OBRAS/cases/5-reciclagem_de_compositos.htm)> Acesso em: 17 mar. 2018.
- Levy, N. F.; Pardini, L. C. **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006
- Lima, G. Direto da prancheta ao usuário final. Revista do Plástico Reforçado, 2006. Disponível em: . Acesso em: 21 nov. 2017.
- Orth, C. M.; Baldin, N. e Zanotelli, C. T. A geração de resíduos sólidos em um processo produtivo de uma indústria automobilística: uma contribuição para a redução. Gest. Prod., São Carlos, v. 21, n. 2, p. 447-460, 2014.
- Odian, G. G. Principles of Polymerization. 4rd. Ed. John Wiley. EUA, 2004;
- Silva, C. Brasil garante posição entre maiores do mundo. O Estado de São Paulo, São Paulo, 23 ago. 2009. Disponível em: . Acesso em: 21 nov. 2017.
- Obaid, A. A.; Deitzel, J.M. Gillespie, Jr and Zheng J. Q. - The Effects of Environmental Conditioning on Tensile Properties of High Performance Aramid Fibers at Near-Ambient Temperatures - Journal of Composite Materials, 2011.
- Rios, M. Brasilplast 2003: um balcão de negócios. Revista Plástico Moderno on-line, n. 340, 2003. Disponível em: . Acesso em: 21 de nov. 2017.

## 7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

## REINFORCED PLASTIC RESIDUES: MECHANICAL PERFORMANCE

Liana de Holanda Viana Barros, [lianaviana17@yahoo.com.br](mailto:lianaviana17@yahoo.com.br)<sup>1</sup>

Neemias Silva De Souza, [neemias.souza@ifrn.edu.br](mailto:neemias.souza@ifrn.edu.br)<sup>1</sup>

Yldeney Silva Domingos, [yldeney@yahoo.com.br](mailto:yldeney@yahoo.com.br)<sup>1</sup>

Romilson de Nascimento Barros, [romilson.barros@ifrn.edu.br](mailto:romilson.barros@ifrn.edu.br)<sup>1</sup>

Raimundo Nonato Barbosa Felipe, [raimundo.felipe@ifrn.edu.br](mailto:raimundo.felipe@ifrn.edu.br)<sup>1</sup>

Renata Carla Tavares dos Santos Felipe, [renata.felipe@ifrn.edu.br](mailto:renata.felipe@ifrn.edu.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN/PPgUSRN, Avenida Senador Salgado Filho, 1559, Tirol. Natal-RN, CEP 59015-000

**Abstract.** Composite is the junction of two or more materials where one is the reinforcement and the other is the matrix. They can be formed by metallic matrix, ceramic or polymeric; however the polymer matrixes are the most used, since in order to manufacture a structural element with the same one has a lower cost. Among these polymer composites, the most used are glass fiber reinforced plastics (GFRP), due to their cost. However, a major problem, which is faced nowadays, is related to the generation of residue after the manufacturing process, it generates a major environmental impact, once this residue is exposed to the environment or even going to landfills. In this work, a composite formed by blankets of E-glass fibers will be fabricated in a polyester matrix, through the hand lay-up manufacturing process; in the composition of this material, residue from the glass fiber reinforced plastic (GFRP) industry will be inserted; something innovative in this composite. After the demoulding process, specimens will be cut through ASTM 793 and 790, which refers to the density and bending in three points standards, respectively; and compared the values with a composite having the same configuration, but not using GFRP residues. At the end of the work it was possible to observe that the composite using residues in its composition was lighter and relation the mechanical behavior has been a loss in strength and stiffness but the characteristic of the final fracture were the same.

**Keywords:** composite, GFRP residues, mechanical behavior.