

ESTUDO DA DEGRADAÇÃO POR RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS COM FIBRA DE VIDRO

Possidonio M.A.V.¹, Cordeiro G.C.², Vieira J.D.³

¹UENF/Laboratório de Engenharia Civil, ma.possidonio@uenf.br

²UENF/Laboratório de Engenharia Civil, gcc@uenf.br

³UFF/Departamento de Engenharia Civil, janine@vm.uff.br

Resumo - O presente estudo tem como objetivo a avaliação da degradação física de compósitos poliméricos reforçados com fibra de vidro expostos ciclos de exposição à radiação ultravioleta e condensação. O estudo da degradação é muito importante para que se possa avaliar o desempenho destes compósitos submetidos a condições severas de uso. Neste trabalho foram utilizados corpos de prova extraídos de perfis pultrudados tipo cantoneira de dois tipos de matrizes (éster vinílica e fenólica) reforçadas com fibras de vidro. O programa experimental consistiu, basicamente, em: obtenção de perfis pultrudados; confecção dos corpos de prova para ensaios físicos e mecânicos; caracterização dos compósitos; exposição aos ciclos radiação ultravioleta-condensação; e caracterização após a degradação com a intenção de verificar alterações das propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova. Os resultados indicaram alterações expressivas da cor original dos compósitos e redução da resistência à tração em torno de 10% em comparação com os compósitos de referência, que não foram submetidos aos ciclos de degradação.

Palavras-chave: Materiais compósitos, perfis pultrudados, degradação, resistência à tração.

Área do Conhecimento: Engenharias

Introdução

Materiais compósitos são cada vez mais empregados na Engenharia Civil. Pesquisas atuais mostram que estes materiais apresentam baixo peso específico, baixa condutividade elétrica (isolante) e alta resistência à corrosão quando comparados ao aço, por exemplo (CHAWLA, 1987). A produção de perfis pultrudados de resina reforçada com fibra de vidro com formas variadas e elevada resistência mecânica possibilita o uso de compósitos em diferentes estruturas, como pontes, passarelas e escadas.

Atualmente merece destaque o emprego de perfis pultrudados pela indústria do petróleo e gás devido ao fato do material apresentar alta durabilidade quando exposto a severas

condições ambientais. Entretanto não há estudos sobre a durabilidade dos compósitos em situações de campo. Neste escopo, o presente estudo tem como objetivo a avaliação da degradação física de compósitos poliméricos reforçados com fibras de vidro expostos à radiação ultravioleta. Para tal, foram utilizados corpos de prova extraídos de perfis pultrudados, tipo cantoneira, de dois tipos de matrizes (éster vinílica e fenólica) reforçadas com fibras de vidro. O estudo da degradação é muito importante para que se possa avaliar o desempenho destes compósitos simulando o envelhecimento acelerado em condições severas de uso.

Metodologia

O programa experimental se dividiu, basicamente, em: obtenção de perfis pultrudados; confecção dos corpos de prova para ensaios mecânicos; caracterização dos compósitos; exposição a ciclos radiação ultravioleta-condensação; e caracterização após a degradação com ensaios de resistência à tração direta e avaliação qualitativa da cor.

Obtenção de perfis pultrudados

Primeiramente, perfis pultrudados do tipo cantoneira de compósitos com matrizes de resinas fenólica e éster vinílica, reforçadas com fibras longas de vidro (*E-glass*) foram adquiridos junto a empresa nacional de compósitos localizada no Estado de São Paulo. Os compósitos apresentam fração volumétrica de fibras de 70% (incluindo manta). A Figura 1 mostra uma imagem de microscopia eletrônica de varredura das fibras de vidro que apresentam diâmetro igual a cerca de 32 μm .

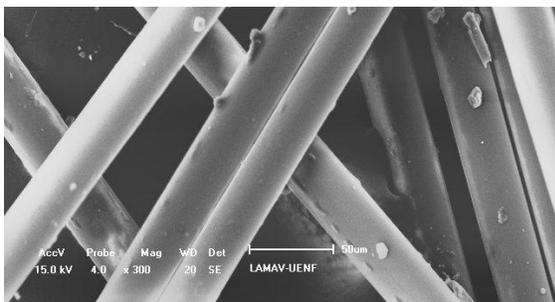


Figura 1. Fibras de vidro do tipo *E-glass*.

Confecção dos corpos de prova para ensaios físicos e mecânicos

Os corpos de prova foram extraídos de perfis estruturais pultrudados, através da Central de Usinagem ROMI modelo Discovery 560 do Laboratório de Engenharia Civil (LECIV) da UENF. As dimensões dos corpos de prova foram adotadas com base nos estudos desenvolvidos por Vieira (2008) e estão indicadas na Figura 2.

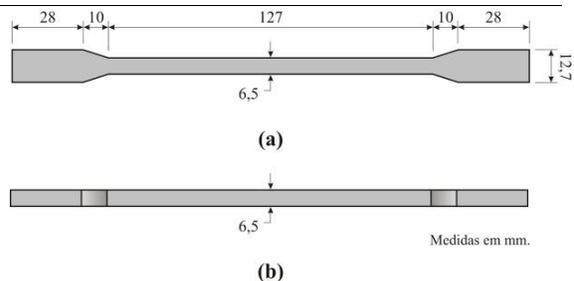


Figura 2. Dimensões dos corpos de prova. Vista em planta (a) e lateral (b).

Exposições ao envelhecimento acelerado

A exposição dos corpos de prova aos ciclos de radiação ultravioleta seguida de condensação foi realizada no LECIV com o emprego do equipamento para envelhecimento acelerado Comexim (Figura 3). O equipamento foi programado para realizar ciclos na seguinte sequência: 5 horas de exposição à radiação ultravioleta; 1 hora de condensação; e 10 minutos de ventilação. Foram realizados 320 ciclos, sendo 160 ciclos de cada lado dos corpos de prova, perfazendo um total de aproximadamente 2000 horas de ensaio.



Figura 3. Equipamento de envelhecimento acelerado do LECIV/UENF.

Caracterização físico-mecânica dos compósitos

A caracterização mecânica dos corpos de prova foi feita com base em ensaios de resistência à tração direta. Estes ensaios foram realizados em uma máquina universal de

ensaios (Figura 4-a) com velocidade de carregamento igual a 0,5 mm/min. Foi utilizada uma célula de carga de 50 kN para aquisição dos valores de força. Os valores de deformação foram obtidos através de um extensômetro (*clip-gage*), conforme Figura 4-b. Os ensaios foram realizados no Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da COPPE/UFRJ (antes e após os ciclos de envelhecimento). Cada resultado de resistência equivale à média de cinco corpos de prova. Foram realizados ensaios antes e após o envelhecimento acelerado em ambos os tipos de compósitos estudados.

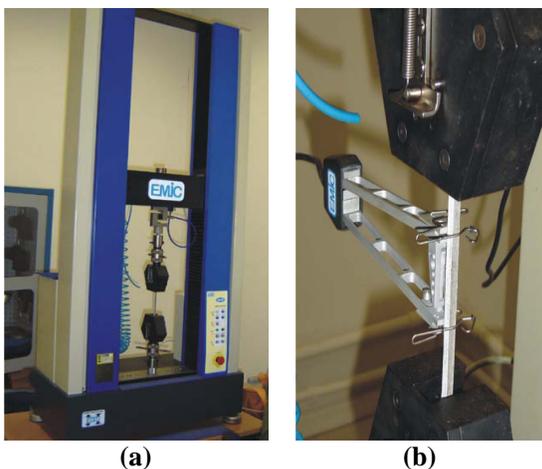


Figura 4. Máquina universal de ensaios (a) e detalhe do extensômetro (tipo *clip-gage*) utilizado (b).

Resultados e Discussão

Após a exposição aos ciclos radiação ultravioleta-condensação constatou-se perda de brilho e variação expressiva na coloração dos corpos de prova, tanto para os compósitos com resina éster quanto para os confeccionados com resina fenólica. Estes resultados foram também observados por Correia *et al.* (2006) e Rodrigues (2007). A Figura 5 mostra os corpos de prova ao final dos ciclos de envelhecimento.

Com relação aos ensaios de resistência mecânica realizados nos corpos de prova de referência (antes da exposição aos ciclos), pode-se observar, pela Figura 6, que o compósito com resina éster vinílica apresentou o maior valor médio de resistência à tração em comparação com o compósito com resina fenólica. Pode-se também observar que o módulo de Young, representado pela inclinação da curva tensão *versus* deformação específica, é maior para o compósito de referência com éster (31,9 GPa).



Figura 5. Corpos de prova após ciclos de envelhecimento acelerado.

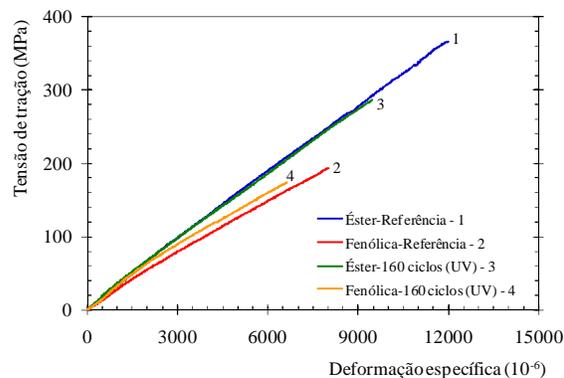


Figura 6. Curvas tensão de tração *versus* deformação dos compósitos estudados.

Após os 160 ciclos na máquina de envelhecimento observa-se uma queda significativa nos valores de resistência à tração para ambos os compósitos. Este comportamento é mais bem observado na Figura 7, na qual podem ser comparados os

valores médios de resistência à tração antes e após a exposição ao ambiente agressivo. Este fato aponta para o início da degradação dos compósitos.

É importante destacar que houve redução da resistência à tração para o compósito com matriz de éster, mas não houve variação significativa nos valores médios de módulo de elasticidade após o envelhecimento acelerado. Os valores de módulo de Young antes e após a exposição aos ciclos de envelhecimento são equivalentes a 31,9 GPa. Para o compósito com matriz fenólica houve redução tanto da resistência quanto do módulo de Young em decorrência dos ciclos de envelhecimento. Neste caso, os valores de módulo de Young antes e após a exposição aos ciclos de envelhecimento são iguais a 27,3 GPa e 24 GPa, respectivamente.

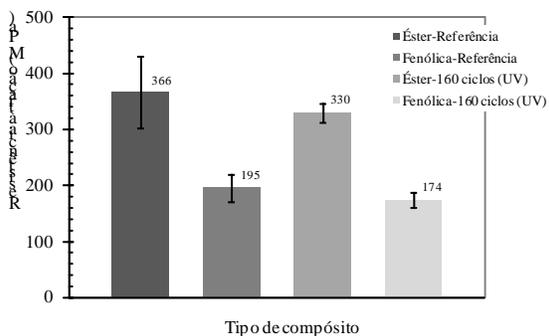


Figura 7. Valores médios de resistência à tração dos compósitos estudados.

Conclusão

Com resultados apresentados no presente estudo, é possível concluir que:

- o compósito com resina éster vinílica apresenta elevada resistência à tração, com valor média igual a 366 MPa;
- o método de envelhecimento acelerado causa perda expressiva de resistência à tração nos dois tipos de compósitos estudados. Como a queda de resistência situa-se em torno de 10% para os dois compósitos

avaliados, conclui-se que ambas as resinas se comportam de forma similar sob a exposição contínua a ciclos de envelhecimento acelerado;

- o compósito com matriz de éster vinílica não apresenta variação significativa de módulo de Young em função dos ciclos de envelhecimento;
- o compósito com matriz fenólica apresenta redução de módulo equivalente à redução de resistência que sofre após à exposição prolongada aos ciclos de envelhecimento acelerado.

Agradecimentos

Ao PIBIC/UENF pelo auxílio financeiro e ao Laboratório de Propriedades Mecânicas do Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da COPPE/UFRJ pela realização dos ensaios mecânicos.

Referências

- CHAWLA, K.K. **Composite Materials Science and Engineering**. Springer-Verlag New York Inc, 292 p., 1987.
- CORREIA J.R., CABRAL-FONSECA S., BRANCO F. A., FERREIRA J.G., EUSÉBIO M.I., RODRIGUES M.P. *Durability of Pultruded Glass-Fiber-Reinforced Polyester Profiles for Structural Applications*. **Mechanics of Composite Materials**. 42:463-474, 2006.
- RODRIGUES, L.P.S. *Efeitos do Envelhecimento Ambiental Acelerado em Compósitos Poliméricos*. 127 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2007.
- VIEIRA, J.D. *Estudo do Comportamento Estrutural de Perfis Pultrudados sob Efeito de Alta Temperatura*. 196 f. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2008.