

## **Biodegradação de compósitos de madeira plástica por fungos de podridão branca e parda**

**André Luis Catto<sup>1</sup>, Scheyla Hermann de Almeida<sup>1</sup>, Ruth M. Campomanes Santana<sup>1</sup>, Rosa Mara Borges da Silveira<sup>2</sup>, Eduardo Soares Rosseto<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Departamento de Engenharia de Materiais - LAPOL (andrecatto@terra.com.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Instituto de Biociências – Departamento de Botânica.

### **Resumo**

Na busca por novos materiais biodegradáveis, encontra-se a combinação de fibras naturais com materiais poliméricos, biodegradáveis ou não. A incorporação de fibras naturais na matriz de polímero termoplástico está associada à melhoria de suas propriedades devido a vantagens como o fato das fibras serem biodegradáveis e menos abrasivas, quando comparadas às fibras sintéticas. Os materiais produzidos com os polímeros sintéticos convencionais são considerados inertes ao ataque imediato de microrganismos. Assim, neste trabalho pretende-se avaliar a biodegradabilidade da madeira plástica obtida através de resíduos pós-uso de tampas de garrafas de refrigerante de PP-EVA e de duas espécies diferentes de madeira. Será realizado monitoramento do cultivo de diferentes espécies de fungos (basidiomicetos), três delas de podridão branca, fungos com alta capacidade de degradação da lignina, e uma espécie de podridão parda, que degradam celulose e hemicelulose, apresentando coloração escura nos locais degradados. Serão avaliados os diferentes substratos em função do tempo, sendo feito acompanhamento visual e por análise gravimétrica dos compósitos, com a finalidade de avaliar qual das espécies de fungo apresenta maior cinética de crescimento e em qual espécie de madeira e então ter uma estimativa do potencial de degradação biótica destes materiais. Com base nos resultados apresentados neste trabalho, conclui-se que os fungos *Trametes villosa* (TV) e *Trametes versicolor* (Tvers), ambos de podridão branca, foram aqueles que melhor interagiram com os compósitos carregados com eucalipto (EU), já para os compósitos com pinus (Pi), além do *Trametes versicolor*, o fungo *Fuscopórea Férrea* (FF), de podridão parda, também apresentou alta taxa de degradação.

Palavras-chave: basidiomicetos, biodegradação, madeira plástica, reciclagem.

Área Temática: Tema I – Resíduos Sólidos

## **Biodegradation of wood plastic composites by white and brown rot fungi**

### ***Abstract***

*In the search for new biodegradable materials, there are a combination of natural fibers with polymeric materials, biodegradable or not. The incorporation of natural fibers in thermoplastic polymer matrix is associated with improvement of their properties due to advantages such as the fact that the fibers are biodegradable and less abrasive when compared to synthetic fibers. The materials produced with conventional synthetic polymers are considered inert to the immediate attack of microorganisms. Thus, this study aims to evaluate the biodegradability of wood plastic obtained from post-consumer waste of bottle caps soda (PP-EVA) and two different species of wood. Monitoring will be conducted on the cultivation of different species of fungi (basidiomycetes), three of them white-rot fungi with high capacity lignin degradation, and one of brown-rot fungi, which degrade cellulose and hemicellulose, with dark coloring on degraded places. Monitoring will be performed cultivation of different species of fungi (basidiomycetes) on different substrates as a function of time, being done by visual monitoring and gravimetric analysis of composites, in order to assess what species of fungus has greater kinetics of growing and what kind of wood and then have an estimate of the potential biotic degradation of these materials. Based on the results presented in this study, it is concluded that the fungi *Trametes villosa* (TVill) and *Trametes versicolor* (Tvers), both white-rot fungi, were those who best interacted with the composite filled with eucalyptus (Eu), while for the composites with pine (Pi), *Trametes versicolor* (Tvers) and *Fuscopórea férrea* (FF) fungi, this from brown-rot fungi, also showed high degradation rate.*

*Key words: basidiomycetes, biodegradation, recycling, wood plastic.*

*Theme Area: Theme I - Solid Waste*

## **1 Introdução**

A agressão ao meio ambiente, causada por resíduos poliméricos de processos, serviços e produtos utilizados na vida moderna, tem se tornado uma preocupação crescente em todos os setores, principalmente no tocante aos danos causados pelos resíduos urbanos. Estes resíduos possuem tempo de decomposição muito longo, por não serem biodegradáveis (CABRAL et. al., 2005). Na busca por novos materiais biodegradáveis, encontra-se a combinação de fibras naturais com materiais poliméricos, biodegradáveis ou não. Como os polímeros sintéticos convencionais são considerados inertes ao ataque imediato de microrganismos, provocam sérios problemas ambientais, pois após seu descarte, demoram em média 100 anos para decomporem, aumentando assim a quantidade de lixo polimérico descartado no meio ambiente (CAMPOS & FRANCHETTI, 2005).

O desenvolvimento de compósitos envolvendo o emprego de materiais lignocelulósicos como reforço em matrizes poliméricas recicladas vem crescendo cada vez mais em resposta à conservação ambiental, tornando mais frequente na indústria de polímeros, devido aos lignocelulósicos serem fontes renováveis, de baixo custo, biodegradável e não tóxicas (NOTHENBER, 1996). Dentre os materiais lignocelulósicos mais utilizados para este fim se encontram a serragem, um resíduo da indústria madeireira, as fibras vegetais e os resíduos lignocelulósicos agrícola e agroindustrial (HILLIG, 2006). Outro

aspecto muito relevante é o aproveitamento do potencial brasileiro de resíduos de madeira. A produção de madeira serrada no Brasil consome em torno de 33,5 milhões de metros cúbicos em toras, gerando aproximadamente metade desse volume em resíduos, que são descartados ou reciclados apenas parcialmente. No Brasil, são geradas 620 mil toneladas por ano de serragem. O armazenamento dos resíduos de serragem é problemático, pois há riscos de incêndio e ocupam volumes muito grandes. Além disto, as propriedades da madeira são interessantes comercialmente. Porém a preparação desses compósitos poliméricos com resíduos de madeira requer uma boa compatibilização na interface da matriz polimérica com a madeira (HILLIG, 2006, LIANG et al., 2004). Assim, alguns agentes compatibilizantes ou de acoplamento têm sido utilizados na modificação de fibras vegetais, para aumentar essa adesão interfacial entre o reforço celulósico e a matriz polimérica poliolefínica e com isso melhorar as propriedades mecânicas do compósito polimérico (REDIGHIERI, 2006 e ZHANG & THOMPSON, 2005). Os compósitos de fibra natural e polímero se encaixam como uma possibilidade de amenizar estes problemas. Porém, faz-se necessário um estudo mais detalhado sobre a biodegradabilidade desses materiais. A biodegradação de um material ocorre quando o mesmo é usado como nutriente por um determinado conjunto de microrganismos (bactérias, fungos, algas), os quais devem possuir enzimas adequadas para romper algumas das ligações químicas da cadeia principal do polímero, sendo necessárias condições favoráveis de temperatura, umidade, pH e disponibilidade de oxigênio, para a atuação dos microrganismos (SINGH & SHARMA, 2008 e LUCAS et al., 2008). Dentre os fungos degradadores de madeira se destacam os de podridão-branca (“white-rot-fungi”), por serem organismos mais efetivos na biodegradação dos materiais lignocelulósicos na natureza, devido a síntese de enzimas oxidativas capazes de degradar os constituintes primários da madeira), em relação aos fungos de podridão-parda (“brown-rot-fungi”) (FERRAZ, 2004).

A degradação da madeira por fungos de podridão-branca pode ocorrer de duas formas: a mais comum envolve a remoção simultânea de todos os componentes, a outra menos frequente, envolve a remoção seletiva de lignina e polioses, mantendo a celulose praticamente intacta. Neste caso, os materiais lignocelulósicos degradados por fungos de podridão branca adquirem uma aparência esbranquiçada e se rompem facilmente no sentido das fibras. Já de podridão parda ou castanha atuam principalmente na degradação de polissacarídeos, como a celulose, gerando um resíduo enriquecido em lignina que torna a madeira marrom, que se quebra facilmente em cubos, no sentido transversal ao das fibras vegetais (FERNANDES et. al., 2005).

Assim, neste trabalho, pretende-se avaliar o potencial de biodegradabilidade da madeira plástica obtida através de resíduos pós-uso de tampas de garrafas de refrigerante de PP-EVA e de serragem de madeira. Será realizado monitoramento do cultivo de diferentes espécies de fungos (basidiomicetes) sobre os diferentes substratos em função do tempo, sendo feito acompanhamento visual e por análise gravimétrica dos compósitos, com a finalidade de avaliar qual das espécies de fungo apresenta maior cinética de crescimento e em qual espécie de madeira e então ter uma estimativa do potencial de degradação biótica destes materiais.

## 2 Parte Experimental

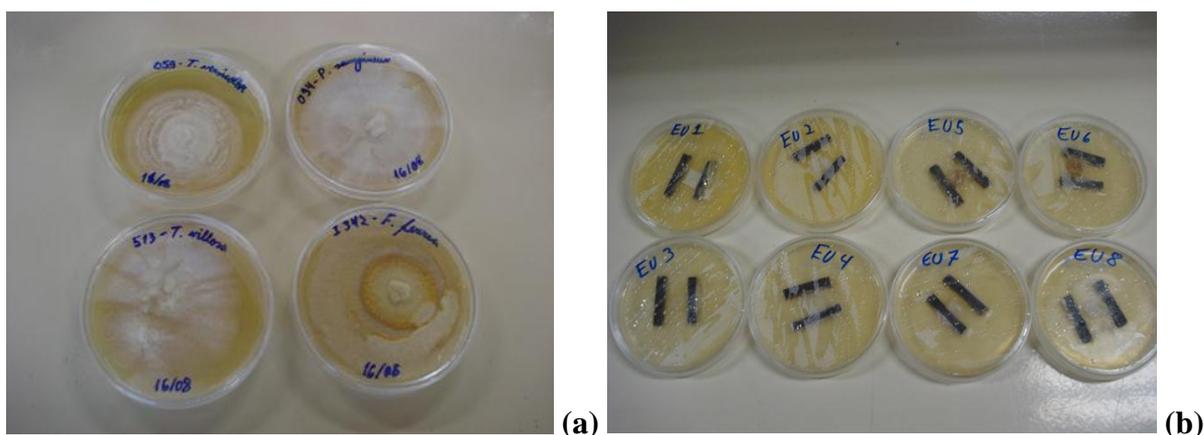
Os materiais utilizados foram resíduos provenientes de tampas de garrafas de refrigerantes de PP e o EVA (copolímero de etileno acetato de vinila) proveniente dos “liners” internos das tampas, fornecidos na forma de “flakes” pela empresa Prisma Montelur Termoplásticos; e 2 tipos de serragem: eucalipto (Eu) e pinus (Pi), das espécies *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* respectivamente, proveniente do estado do Rio Grande do Sul.

O pó de madeira (Eu e Pi) passou por separação de tamanho em um sistema de peneiras da série Tyler de 32 e 16 mesh, e o tamanho de partículas selecionado foi entre >250 e <500  $\mu\text{m}$ . As misturas foram processadas numa extrusora de rosca simples (L/D: 22), com o perfil de temperatura de 170° a 190°C e velocidade do parafuso de 65 rpm, e picotadas na forma de “pellets”. Após as amostras foram moldadas por injeção, a uma temperatura de 185°C e pressão de 600 bar, para confecção de corpos de prova para ensaios mecânicos. Este corpos de prova então foram cortados nas dimensões de  $\pm 31,8\text{mm} \times 6,3\text{mm} \times 3,17 \text{mm}$ , pesados e colocados em duplicata em erlenmeyers e esterilizados em autoclave a 127°C. Os fungos escolhidos para os experimentos foram os das espécies *Trametes villosa* (TVill), *Trametes versicolor* (Tvers), *Fuscopórea férrea* (FF) e *Pycnoporus sanguineus* (PS), os quais foram isolados em placas de petry em meio de cultivo ágar extrato de malte (AEM) previamente autoclavadas, e acondicionados em estufa a 25°C, no escuro (Figura 1-a). Após uma semana, os fungos foram inoculados (a partir dos cultivos prévios, inóculos de  $\pm 1 \text{cm}^2$ ) em cada amostra (substrato), em placas de petry contendo os pedaços de corpos de prova dos compósitos e colocados então em estufa a 25° C, no escuro, por 60 dias para acompanhamento (Figura 1-b). A formulação e nomenclatura das amostras estão na Tabela I.

**Tabela I.** Formulação das amostras de madeira plástica.

Nomenclatura						
Amostras	Formulação		Fungos			
	Matriz (PP-EVA)	Carga (Eu ou Pi)	TVill	Tvers	FF	PS
PP-EVA-Eu-AC	70%	30%	✓	✓	✓	✓
PP-EVA-Pi-AC	70%	30%	✓	✓	✓	✓

Figura 1. Espécies de fungos utilizadas nos experimentos (a) e placas de petry contendo os pedaços de corpos de prova dos compósitos (b).



### 3 Resultados e Discussão

Através do acompanhamento gravimétrico semanal foi observado que para os compósitos carregados com fibras de eucalipto a maior perda de massa ocorreu nas amostras submetidas aos fungos de podridão branca *Trametes villosa* (TVill) seguidas pelas submetidas ao *Trametes versicolor* (Tvers) e ao *Pycnoporus sanguineus* (PS), indicando a maior

degradação desta espécie de madeira por estas espécies de fungos (Figura 2), o que pode ser visualizado pelas imagens das Figuras 3-a e 3-b.

Figura 2. Perda de massa dos compósitos PP-Eu em 8 semanas expostos aos diferentes fungos.

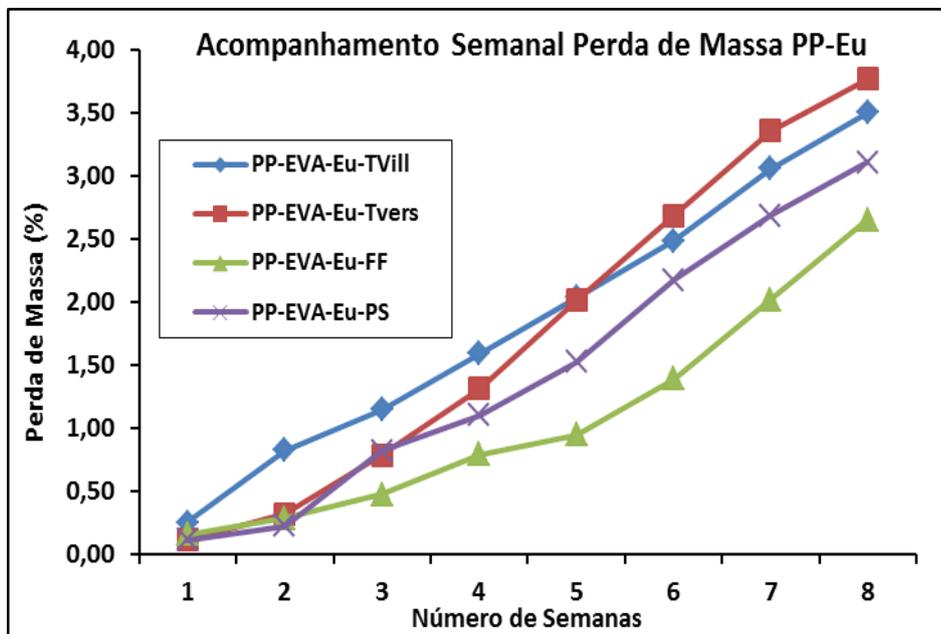


Figura 3. Imagens dos compósitos com eucalipto expostos aos fungos *Trametes villosa* (TVill) e *Trametes versicolor* (Tver) (a) e ao *Pycnoporus sanguineus* (PS) (b)



(a)

(b)

Já nas amostras dos compósitos carregados com pinus, a maior perda de massa ocorreu com o fungo *Trametes versicolor* (Tvers), porém seguido pelo fungo de podridão parda *Fuscopórea férrea* (FF), indicando as diferenças de degradabilidade entre as espécies de madeira (Figura 4).

Figura 4. Perda de massa dos compósitos PP-Eu em 8 semanas expostos aos diferentes fungos.

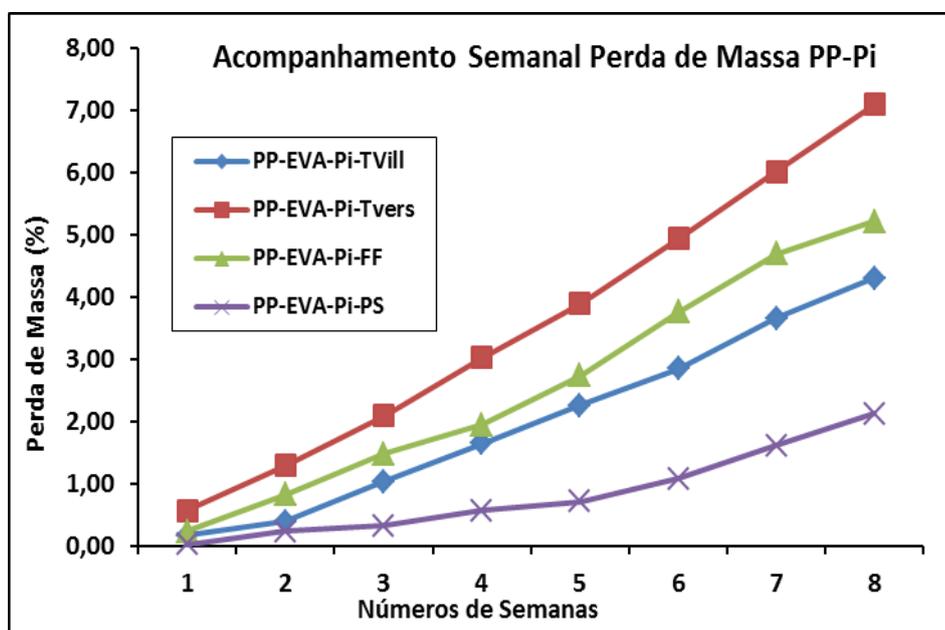
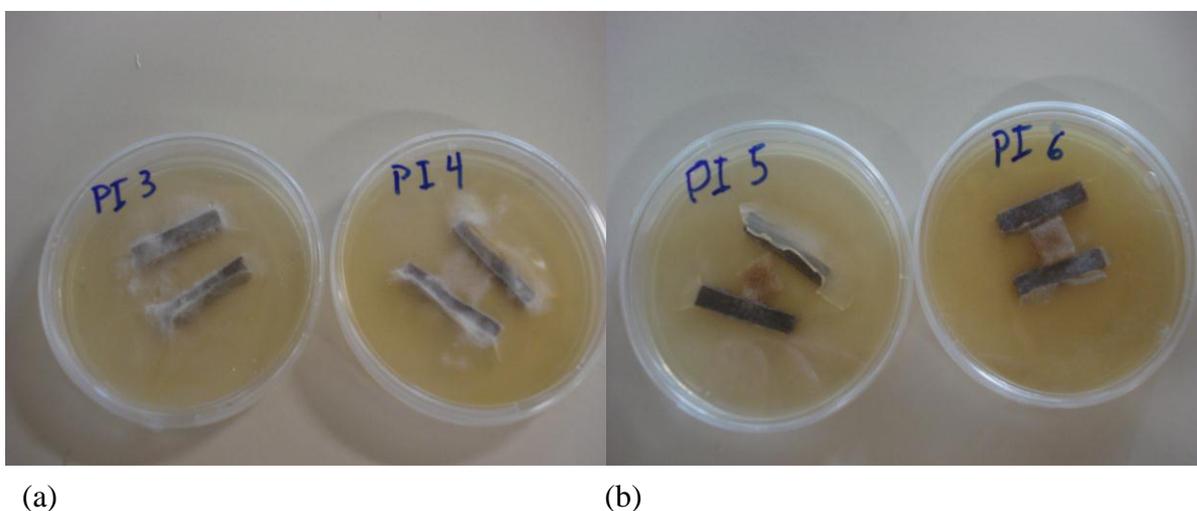


Figura 5. Imagens dos compósitos com pinus expostos aos fungos *Trametes versicolor* (Tver) (a) e ao *Fuscopóres férrea* (FF) (b)



A Tabela 2 apresenta os valores do parâmetro “a” das equações das retas dos gráficos de perda de massa acumulada das amostras, onde este parâmetro refere-se à inclinação da reta, o que indica a cinética de crescimento dos fungos nos diferentes meios, através das retas que apresentaram a maior inclinação e conseqüentemente a maior cinética de crescimento dos fungos e efetividade na perda de massa das amostras.

**Tabela II.** Comparativo entre o parâmetro “a” das equações das retas do acompanhamento da perda de massa acumulada das amostras expostas a cada espécie de fungo.

<i>Amostras - Parâmetro a (y = ax + b)</i>		
<b>Fungos</b>	<b>PP-EVA-Eu</b>	<b>PP-EVA-Pi</b>
<b>TVill</b>	<b>0,4571</b>	0,6115
<b>Tvers</b>	<b>0,56</b>	<b>0,938</b>
<b>FF</b>	0,3464	<b>0,7366</b>
<b>PS</b>	<b>0,4503</b>	0,2855

Pode-se assim comprovar que no geral as amostras expostas ao fungo *Trametes versicolor* (TVers) foram as que apresentaram a maior cinética de crescimento (perda de massa no período de tempo analisado), o compósito com eucalipto o fungo de podridão parda *Fuscopórea férrea* (FF) foi o menos efetivo, porém para os compósitos com pinus este mostrou bons resultados, mostrando através de sua cinética de crescimento uma boa resposta quanto à degradação dos materiais.

#### 4 Conclusão

Com base nos resultados apresentados neste trabalho, conclui-se que o fungo *Trametes versicolor* (TVers) foi aquele que melhor interagiu com a madeira contida nos compósitos, tanto na espécie de *Eucalyptus grandis* (Eu) quanto de *Pinus elliottii* (Pi), sendo que o fungo *Fuscopórea férrea* (FF) também apresentou resultados interessantes para os compósitos com pinus (Pi). Assim, este estudo preliminar serviu como uma avaliação inicial sobre a melhor espécie de fungo capaz de interagir com as fibras de madeira usadas neste estudo. Assim, surgem novas perspectivas para futuros estudos nesta área de biodegradação destes compósitos termoplásticos reforçados com resíduo de madeira, afim de entender melhor como interagem estes materiais no meio ambiente e quanto ao seu potencial de biodegradação.

#### 5 Agradecimentos

Os autores agradecem ao doutorando Mateus Arduvino Reck do Instituto de Biociências – Departamento de Botânica pelo fornecimento dos cultivos de fungos utilizados no trabalho, ao Capes pelo apoio financeiro e ao Laboratório de Polímeros (Lapol) e Laboratório de Botânica da UFRGS pela infra-estrutura disponibilizada.

#### 6 Referências

CABRAL, H., CISNEIROS, M., KENNY, J.M., VAZQUEZ, A., BERNAL, C.R.J. *Compos. Mater.* 39, 51 (2005).

CAMPOS, A., FRANCHETTI, S.M.M. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48, 235 (2005).

FERNANDES, L., LEITE, C.L., ESPOSITO, E., REIS, M.M. *In vitro wood decay of Eucalyptus grandis by the basidiomycete fungus Phellinus flavomarginatus*. **International Biodeterioration & Biodegradation** 55, 187-193 (2005).

FERRAZ, A.L. *Fungos decompositores de materiais lignocelulolíticos*. In: ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J.L. (Eds.). *Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia*. Caxias do Sul: Educs, 213-242 (2004).

HILLIG, E. Ph.D. Thesis. (2006). Curitiba-PR. Federal University of Parana.

LIANG, G., XU, J., BAO, S., Xu, W. **Journal of Applied Polymer Science** 91, 3974–3980 (2004).

LUCAS, N., BIENAIME, C., BELLOY, C., QUENEUDEC, M., SILVESTRE, F., NAVASAUCEDO, J.E. *Polymer biodegradation: Mechanisms and estimation techniques*. **Chemosphere** 73, 429–442 (2008).

NOTHENBER, M. (1996). *Growing interest in the use of natural fibers*. Brazilian Yearbook of Plastic, p. 6-15.

REDIGHIERI, K.I. (2006) Master Thesis, Federal Rural University of Rio de Janeiro.

SINGH, B., SHARMA, M. *Mechanistic implications of plastic degradation*. **Polymer Degradation and Stability** 93, 561-584 (2008).

YANG, H.S., KIM, H. J., SON, J.G., PARK, H.J., HWANG, T. S. **Compos. Struct.** 63, 305 (2004).

ZHANG, G., THOMPSON, M.R. **Compos. Sci. Technol.** 65, 2240-2249 (2005).