

## Resistência à biodegradação de compósito de madeira-plástico submetido ao ataque de fungos de podridão-branca e parda: determinação do índice de susceptibilidade de degradação (dsi)

Esmeralda Yoshico Arakaki Okino <sup>1</sup>, Divino Eterno Teixeira <sup>1</sup>,  
José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira <sup>2</sup>, Alexandre Florian da Costa <sup>3</sup>

LPF/IBAMA-SCEN Trecho 2-Ed. Sede, 70818-900-Brasília-DF, [Divino.teixeira@ibama.gov.br](mailto:Divino.teixeira@ibama.gov.br),  
[Esmeralda.okino@ibama.gov.br](mailto:Esmeralda.okino@ibama.gov.br)<sup>1,2</sup>  
EFL/UnB - Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900,  
Brasília-DF - [lucate@unb.br](mailto:lucate@unb.br)<sup>3</sup>

Recebido em 18 de Outubro de 2005

---

### Resumo

A resistência à degradação de chapas de madeira-plástico aos fungos de podridão-branca, *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fries) Pilát, e de podridão-parda, *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fries) Murrill, foi avaliada conforme a norma ASTM D 2017-81 (1994). As chapas foram confeccionadas com cavacos de *Eucalyptus grandis* e pellets de polietileno de baixa densidade (PEBD) pós-consumo nas proporções de plástico/madeira de 40/60, 50/50, 60/40 e 100/0. Utilizou-se como testemunha a madeira de *E. grandis*. Houve maior ataque do fungo de podridão-parda em relação ao fungo de podridão-branca. Foi observada correlação negativa entre o teor de plástico e o grau de ataque de ambos os fungos. De modo geral, as chapas de madeira-plástico foram classificadas como “altamente resistente” com exceção da proporção com 40% de plástico, que foi classificada como “resistente” ao ataque do fungo de podridão-parda. O índice de susceptibilidade de degradação (DSI) calculado, que leva em conta a densidade do material e a perda de massa real, mostrou que os compósitos foram mais resistentes que a madeira utilizada como referência.

**Palavras-chaves:** *Gloeophyllum trabeum*, *Trametes versicolor*

---

### Laboratory decay resistance of wood-thermoplastic composite: decay susceptibility index

#### Abstract

The decay resistance of wood-plastic composites composed of chips of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden and low density polyethylene (LDPE) was evaluated according to ASTM D 2017-81 (1994). The samples with plastic wood ratios of 40/60, 50/50, 60/40 e 100/0 were exposed to laboratory decay test using white-rot *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fries) Pilát and brown-rot *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fries) Murrill fungi. All composites were graded as “highly resistant” to the fungi attack, except the one made with 40% of plastic and exposed to the brown-rot fungus, which was graded as “resistant”. The decay susceptibility index (DSI) was calculated as well and showed that the composites were more resistant to fungi attack than the wood used as reference.

**Key words:** *Gloeophyllum trabeum*, *Trametes versicolor*

## Introdução

A sociedade moderna enfrenta uma série de problemas para os quais ainda busca uma solução efetiva. Um desses problemas é o excesso de resíduos que são lançados ao meio ambiente, especialmente aqueles oriundos de materiais plásticos pós-consumo e do processamento mecânico de madeiras. O compósito de madeira-plástico tem despertado grande interesse na América do Norte e Europa devido ao alto potencial na reutilização desses materiais. Esse compósito utiliza proporções variáveis de materiais, com a vantagem de usar matéria-prima oriunda totalmente de fontes recicláveis. Os principais processos de fabricação de compósitos de madeira-plástico a alta pressão e temperatura são moldagem e extrusão, o primeiro processo é realizado por batelada enquanto o segundo processo é contínuo (Youngquist, 1995).

Em 2002 foi instalada, no Sul do Brasil, a primeira fábrica de compósito de madeira-plástico utilizando sobras de fibras de MDF. O compósito de madeira-plástico tem sido testado pelo Laboratório de Produtos Florestais/IBAMA com resultados muito promissores, principalmente, para usos externos (Teixeira et al., 2002). Porém, a madeira apresenta diferente grau de susceptibilidade à ação de organismos xilófagos, em especial aos fungos e insetos, tornando-se importante avaliar a vulnerabilidade desses compósitos ao ataque de agentes biológicos.

No contexto atual, os compósitos de madeira-plástico são substitutos naturais de madeiras preservadas sob pressão com produtos químicos, pois o plástico atua como encapsulador da madeira conferindo-lhe maior resistência à umidade e à degradação. Além disso, com a possibilidade de utilização de produtos de madeira-plástico expostos às condições externas, faz-se necessário conhecer a resistência do material ao ataque de microorganismos xilófagos.

Algumas informações sobre a resistência de madeira-plástico já estão disponíveis na literatura. Morris e Cooper (1998) observaram a presença de corpos de frutificação de fungos desenvolvendo-se na superfície de madeira-plástico produzidos a partir de fibras de madeiras e termoplásticos.

Labat et al., (2000) utilizaram duas madeiras tropicais, *Terminalia superba* e *Erisma uncinatum* na

fabricação de polímero-madeira usando os termoplásticos PVC, PVC reciclado e PP na razão 30/70 (massa/massa) de madeira/polímero. Avaliando a durabilidade natural, foram utilizados os fungos *Coriolus versicolor*, *Coniophora puteana* e *Gloeophyllum trabeum* obtendo uma perda de massa de no máximo 0,3%, para um tempo de incubação de seis semanas.

Mankowski & Morrel (2000) estudaram o padrão de ataque de fungos, de podridão-branca e parda, em compósito de madeira-plástico contendo 30% de polietileno de alta densidade (PEAD), o qual foi mais susceptível ao ataque de fungos, enquanto que na proporção de 50% tiveram pouco ou leve ataque. A avaliação de amostras não expostas aos fungos, por microscopia de varredura eletrônica, revelaram a presença de espaços vazios entre a madeira e o polímero. Hifas de fungos também estiveram presentes nesses espaços vazios mesmo nas partes mais internas do compósito.

Verhey et al., (2001) concluíram que o compósito de madeira-plástico de *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws foi muito mais susceptível ao ataque do fungo de podridão-parda do que ao fungo de podridão-branca, apresentando uma interação significativa entre a quantidade de madeira e os fungos utilizados. Os autores afirmaram ainda que os resultados de degradação de madeira-plástico, em geral, são contraditórios.

Nakayama et al., (2001) determinaram o efeito do extrato orgânico de *guayule* (*Parthenium argentatum* Gray) impregnado em madeira de pinus e em chapas de madeira-plástico (com 30% de PEAD). Esses materiais mostraram-se resistentes aos fungos, *Gloeophyllum trabeum* e *Poria placenta*, e também ao cupim subterrâneo.

Chow et al., (2002) confeccionaram um compósito de madeira-plástico usando as espécies *Parthenium argentatum*, *P. tomentosum* e *P. incanum* e 30% de PEAD reciclado. Constataram que o compósito foi altamente resistente ao cupim *Eastern subterranean* e que os estudos com fungos deveriam ser realizados.

Curling & Murphy (2002) apresentaram uma revisão sobre o índice de susceptibilidade de degradação (DSI), usado para avaliar a resistência de compósitos à base de madeira ao ataque de fungos

apodrecedores. Esse índice é a razão entre a percentagem de perda de massa da amostra considerada e a perda de massa da madeira usada como referência no ensaio acelerado em laboratório. Segundo os autores, para o cálculo do DSI foram utilizados como referência, blocos de madeira de folhosa (*beech*) para o teste com fungo de podridão-branca e blocos de conífera (*pinus*) para o de podridão-parda. Os autores apresentam ainda um “novo” DSI, que leva em consideração a densidade da amostra exposta ao teste de degradação em laboratório utilizando a perda de massa real em substituição à percentagem de perda de massa. Assim sendo, o denominado “novo” DSI é calculado dividindo-se a perda de massa atual do compósito pela perda de massa atual da amostra de madeira de referência. Com essa metodologia pode-se comparar a susceptibilidade de materiais distintos e de diferentes densidades.

A inclusão de índices como o relatado por Curling e Murphy (2002) torna comparável a durabilidade entre materiais à base de madeira de diferentes composições.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a resistência natural de um compósito de madeira-plástico, produzido em laboratório com cavacos de *Eucalyptus grandis* misturados com polietileno de baixa densidade (PEBD), exposto ao ataque de fungos apodrecedores de madeiras.

## Materiais e Métodos

Foram utilizadas amostras de chapas planas de madeira-plástico produzidas por Teixeira et al., (2002). Essas chapas foram confeccionadas utilizando-se cavacos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, classificados numa peneira de abertura de 1,0 mm, e plástico reciclado pós-consumo de polietileno de baixa densidade (PEBD) em forma de *pellets* obtido do lixo e sem seleção. Na confecção dos painéis os dois materiais foram prensados a 175°C nas razões percentuais de plástico/madeira de 40/60, 50/50 e 60/40, com base nas suas respectivas massas, e densidade nominal de 0,80 g/cm<sup>3</sup>. Para este estudo de degradação foram também utilizadas amostras produzidas com a razão percentual de plás-

tico/madeira de 100/0.

Para efeito de comparação foram utilizados blocos de madeira maciça de *Eucalyptus grandis*, a mesma usada na confecção do compósito de madeira-plástico. Cada razão percentual plástico/madeira utilizado no presente estudo constituiu um tratamento, totalizando cinco tratamentos, incluindo a madeira maciça. Todos os tratamentos foram submetidos ao ataque de dois fungos apodrecedores, utilizando-se doze repetições para cada tratamento, e nove repetições para as amostras testemunhas. Foram utilizadas placas suporte de *Pinus* spp. para o fungo de podridão-parda e de *Cecropia* spp. para o fungo de podridão-branca.

Uma vez que não há norma específica para esse tipo de compósito e devido ao fato da madeira ser susceptível ao ataque de fungos apodrecedores, optou-se por utilizar a metodologia ASTM D 2017-81 (1994).

Duas espécies de fungos apodrecedores foram usadas, o *Trametes versicolor* (Linnaeus: Fries) Pilát, causador de podridão-branca, e *Gloeophyllum trabeum* (Persoon: Fries) Murrill causador de podridão-parda, obtidos a partir de cepas mantidas em geladeira no LPF/IBAMA.

O meio de cultura usado foi à base de batata, dextrose e ágar (BDA). As condições da sala de incubação, propícias para o desenvolvimento dos fungos, foram de (26,7 ± 1)°C e (70 ± 4)% de umidade relativa.

Foram utilizados frascos de vidros com tampa rosqueável metálica, com volume aproximado de 150 ml. Como substrato foi utilizado solo de horizonte B, coletado na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília - UnB. A acidez do solo foi corrigida para um pH aproximado de 6,5, apropriado para o desenvolvimento dos fungos.

Conforme a metodologia de ataque acelerado em laboratório, os corpos-de-prova permaneceram em contato com os fungos por um período de doze semanas.

Os resultados do ataque acelerado dos fungos sobre os corpos-de-prova foram avaliados em termos de percentagem de perda de massa estabilizada em ambiente climatizado. Partiu-se da hipótese de que a perda de massa foi devida somente à degrada-

ção da madeira, uma vez que a degradação do plástico é considerada desprezível. A resistência dos diferentes tratamentos, em termos percentuais de perda de massa, foi determinada através da diferença entre a massa inicial e a final, ambas estabilizadas.

Os tratamentos foram classificados de acordo com a resistência à degradação descrita na norma ASTM D 2017-81 (1994) apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Classes de resistência à degradação da madeira de acordo com a perda de massa.

**Table 1.** Class of decay resistance of wood according to the weight loss.

Perda de massamédia	Massa residual média (%)	Classe de resistência
0 a 10	90 a 100	Altamente resistente - AR
11 a 24	76 a 89	Resistente - R
25 a 44	56 a 75	Moderadamente resistente - MR
Maior que 45	Menor que 55	Pouco ou não resistente - NR

Baseado em procedimento proposto por Curling e Murphy (2002), O “novo” índice de susceptibilidade de degradação ( $DSI_{novo}$ ) foi calculado, usando-se como referência uma folhosa (*E. grandis*) para o fungo de podridão-branca (*T. versicolor*) e uma conífera (*Pinus* sp.) para o fungo de podridão-parda (*G. trabeum*) com dados publicados por Botelho et al., (2000). Assim sendo, o novo índice foi calculado através das Equações 1 e 2.

$$DSI_{novo} = \frac{PMA_{amostra}}{PMA_{madeira}} \times 100 \quad \text{EQUAÇÃO (1)}$$

$$PMA = \text{Densidade} \times \% \text{ de perda de massa} \quad \text{EQUAÇÃO (2)}$$

Onde:

$DSI_{novo}$  = novo índice de susceptibilidade de degradação;

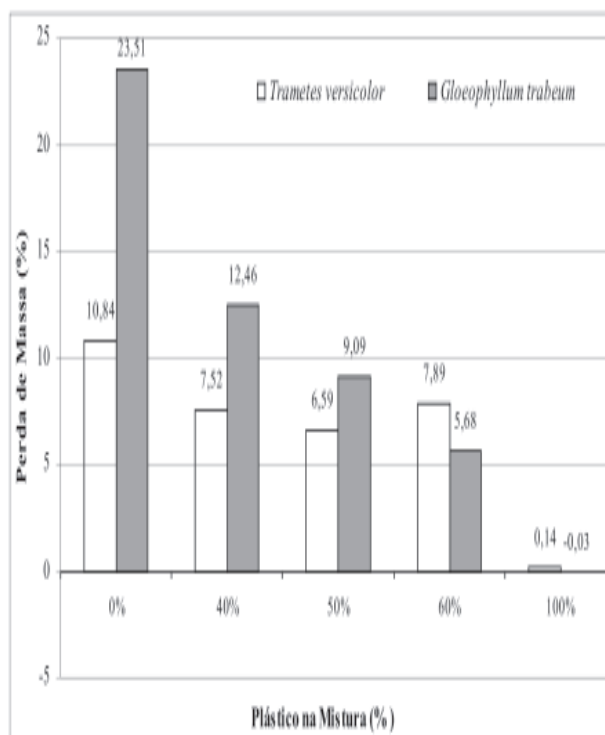
Densidade = densidade do material testado, em  $kg/m^3$ ;

$PMA_{amostra}$  = perda de massa atual da amostra testada, em kg;

$PMA_{madeira}$  = perda de massa atual da madeira de referência, em kg;

## Resultados e Discussão

Os resultados de perda de massa (PM) e massa residual (MR), classe de durabilidade e o número de corpos-de-prova expostos aos fungos estão apresentados na Tabela 2. Para melhor visualização da perda de massa em função do incremento de polímero na mistura, os dados podem ser conferidos na Figura 1. Os resultados iniciais foram submetidos a um teste de *outlier* e extremos após exame visual dos valores obtidos. Os números das amostras (N) apresentados na tabela refletem o número de corpos-de-prova após a exclusão dos dados detectados pelo teste.



**Figura 1.** Perda de massa do compósito de madeira-plástico exposto aos fungos *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fr.) Murrill e *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fr.) Pilát.

**Figure 1.** Weight loss of the wood-thermoplastic composite exposed to the *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fr.) Murrill and *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fr.) Pilát fungi.

**Tabela 2.** Valores médios de perda de massa (PM) e massa residual (MR), após 12 semanas de teste acelerado de laboratório, de compósito de madeira-plástico exposto aos fungos *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fr.) Murrill e *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fr.) Pilát.

**Table 2.** Average values of weight loss (PM) and residual weight (MR), after twelve weeks of laboratory test, of wood-thermoplastic composite exposed to *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fr.) Murrill and *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fr.) Pilát fungi.

Tratamento Plástico/madeira (%)	<i>T. versicolor</i>			<i>G. trabeum</i>		
	PM/MR (%)	Classe	NI	PM/MR (%)	Classe	NI
100/0	0,14/99,82 <sup>A</sup> (0,13) <sup>2</sup>	AR	11	- 0,03/100,03 <sup>A</sup> (0,14)	AR	12
60/40	7,89/92,11 <sup>B</sup> (2,82)	AR	12	5,68/94,32 <sup>AB</sup> (3,77)	AR	11
50/50	6,59/93,41 <sup>B</sup> (4,88)	AR	12	9,09/90,91 <sup>AB</sup> (1,66)	AR	10
40/60	7,52/92,48 <sup>B</sup> (4,75)	AR	12	12,46/87,54 <sup>B</sup> (1,18)	R	11
0/100 (blocos de madeira)	10,84/89,16 <sup>B</sup> (9,64)	AR	12	23,51/76,49 <sup>C</sup> (18,80)	R	12

<sup>1</sup> Número de corpos-de-prova (após a exclusão de outliers).

<sup>2</sup> Desvio padrão da perda de massa.

- Médias de PM/MR agrupadas com a mesma letra dentro de cada coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey HSD a 5% de significância.

O compósito de madeira-plástico apresentou uma tendência de maior resistência ao ataque de ambos os fungos com o incremento do teor de plástico PEBD nas chapas testadas. Isso ocorre devido a um revestimento das fibras pelo plástico, evitando o aumento intrínseco do teor de umidade e, conseqüentemente, reduzindo o acesso dos agentes da degradação enzimática ao material lignocelulósico. Estudos demonstraram também que, se a quantidade de madeira for superior a 60% (em massa), a durabilidade reduzirá em virtude das fibras de madeiras não ficarem recobertas pelo termoplástico conforme citado por Labat et al., (2000).

Todos os tratamentos foram classificados como “altamente resistente” à degradação do fungo *T. versicolor*, com perda de massa máxima de aproxi-

madamente 8%, e as classes de resistência apresentadas pelo fungo *G. trabeum* foram a mesma, exceto para o tratamento com 40% de plástico, o qual excedeu levemente a classe de resistência imediatamente anterior.

O fungo de podridão-parda, *G. trabeum*, apresentou uma degradação mais acentuada nos dois níveis percentuais em que o teor de madeira foi mais elevado, comparativamente ao fungo de podridão-branca. Os resultados médios de perda de massa de corpos-de-prova expostos a *G. trabeum* foram inferiores aos alcançados por Verhey et al. (2001), porém superiores aos apresentados por Mankowski & Morrel (2000), em decorrência provavelmente do processo de fabricação e mais especificamente da mistura dos componentes binários sólidos, acarretando maior número de espaços vazios no compósito, os quais funcionam como canais para a movimentação de fungos através do material.

Nakayama et al., (2001) também obtiveram valores de perda de massa menores do que aqueles aqui observados, sendo o painel classificado como altamente resistente aos fungos testados, provavelmente devido ao efeito residual dos extrativos do bagaço de *guayule* associado ao efeito de encapsulamento das fibras pelo polímero.

Como esperado, o tratamento com 100% de plástico foi inerte ao ataque de ambos os fungos, com perda de massa de 0,14% para o fungo *T. versicolor*, enquanto que para o *G. trabeum* houve um ganho de massa de 0,03%, comportamento semelhante ao de amostras de cimento-madeira. Por outro lado, o tratamento com amostra sólida de madeira de *E. grandis* teve um ataque fúngico diferenciado, sendo que a madeira testemunha foi classificada como “altamente resistente” ao ataque do fungo *T. versicolor* e “resistente” ao fungo *G. trabeum*. Botelho et al., (2000) estudando a durabilidade natural de *E. grandis*, de 18 anos de idade, coletado no CPAC-EMBRAPA, apresentou uma perda de massa média de 12,35% para o fungo *G. trabeum* e 22,96% para o fungo *T. versicolor*, diferentemente do obtido nesse estudo. Há vários fatores envolvidos na divergência desses resultados, haja vista serem diferentes as procedências dos eucaliptos, a idade das árvores, local de retirada dos corpos-de-prova, dentre outros.

No geral o compósito foi classificado como “altamente resistente” ao ataque dos fungos até o nível de 50% de madeira. A partir desse limite, a nova classe de durabilidade é explicada pelo fato de que se o teor de madeira for superior a 60%, maior proporção de fibras ficam expostas e sujeitas ao ataque fúngico.

Adotando-se o procedimento proposto por Curling & Murphy (2002), foram calculados os novos índices de susceptibilidade de degradação ( $DSI_{novo}$ ) para cada tratamento estudado (% de plástico na mistura) e os dados estão apresentados na Tabela 3. Conforme os autores citados, índice acima de 100 significa amostras menos resistentes que a madeira de referência e índice abaixo de 100, mais resistente que a referência.

**Tabela 3.** Índice de susceptibilidade de degradação ( $DSI_{novo}$ ) calculado para amostras de madeira-plástico expostas aos fungos *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fr.) Pilát e *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fr.) Murrill.

**Table 3.** Calculated decay susceptibility index ( $DSI_{novo}$ ) of the wood-thermoplastic composite exposed to the *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fr.) Murrill and *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fr.) Pilát fungi

Treatment Plastic/wood (%)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Mass loss (%)	Mass loss (g)	$DSI_{novo}$ <sup>1</sup>
<i>Trametes versicolor</i>				
60/40	883,3	7,89	69,4	88,8
50/50	776,7	6,38	51,2	71,7
40/60	740,0	7,53	55,6	77,8
Wood (E. grandis) <sup>2</sup>	690,0	18,94	71,4	-
<i>Gloeophyllum trabeum</i>				
60/40	883,3	5,68	45,6	36,4
50/50	776,7	9,09	78,6	25,2
40/60	740,0	12,46	92,2	33,1
Wood ( <i>Pinus sp.</i> ) <sup>3</sup>	500,0	48,81	278,6	-

<sup>1</sup> Conforme equação (1).

<sup>2</sup> Conforme equação (2).

<sup>3</sup> Dado obtido em Botelho et al. (2000).

A tendência geral apresentada é de maior resistência das amostras testadas no presente estudo em relação às madeiras de referência (índice menor que 100), sendo mais pronunciado para o fungo *G. trabeum*, variando de 16,4 a 33,1. Quanto ao fungo *T. versicolor*, os índices variaram de 71,7 a 88,8.

Como os índices foram menores para as amostras expostas ao fungo *G. trabeum*, isto significa que o compósito é menos susceptível a este fungo do que a madeira de referência (*Pinus sp.*).

### Conclusões

Houve uma correlação negativa para o fungo *Trametes versicolor*, ou seja, um decréscimo da perda de massa do compósito de madeira-plástico com o aumento da quantidade de plástico na mistura. Com exceção do tratamento com 60% de plástico, também houve uma correlação negativa para o fungo *Gloeophyllum trabeum*.

Apesar dos dois fungos apresentarem resultados percentuais de ataque diferenciados, o gráfico (perda de massa versus proporção de madeira-plástico) de ataque mostrou a mesma tendência.

O compósito foi classificado como “altamente resistente” ao ataque dos dois fungos estudados. A única exceção foi para o maior nível de adição de madeira (60%), classificado como “resistente” ao fungo de podridão-parda.

De acordo com os resultados obtidos, o compósito de madeira-plástico, pode ser usado com segurança em ambientes externos ou de alta umidade relativa do ar sem a necessidade de tratamento com produtos preservativos de madeira.

O cálculo do índice de susceptibilidade de degradação é importante na medida em que possibilita a comparação e servirá de referência, a outros resultados obtidos, em futuras pesquisas com painéis à base de madeira.

### Referências Bibliográficas

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2017-81**: Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.10. Philadelphia. pp. 324-328, 1994

BOTELHO, G. M. L.; SANTANA, M. A. E.; ALVES, M. V. da S. Caracterização química, durabilidade natural e tratabilidade da madeira de seis espécies de eucaliptos plantadas no Distrito Federal. **Revista Árvore**, v.24 n° 1, p. 115-121, 2000.

CHOW, P.; NAKAYAMA, F. S.; YOUNGQUIST, J. A.; MUEHL, J. H.; KRZYSIK, A. M. Durability of wood/Plastic composites made from *Parthenium* species. *In: The International Research Group on wood Preservation – IRG/WP 02-40225*, Cardiff, Wales 12p. 2002.

CURLING, S. F.; MURPHY, R. J. The use of the Decay Susceptibility Index (DSI) in the evaluation of biological durability tests of wood based board materials. *Holz als Roh- und Werkstoff*, n° 60, p. 224-226, 2002.

LABAT, G.; Le BAYON, I.; GERARD, J.; AMIN, F. The durability of wood polymer composites against fungi and insects. *In: The International Research Group on wood Preservation – IRG/WP 00-40161*, Hawai, USA 10p. 2000.

MANKOWSKI, M., MORREL, J. J. Patterns of fungal attack in wood-plastic composites following exposure in a soil block test. *Wood and Fiber Science*, v.32 n° 3, p. 340-345, 2000.

MORRIS, P.I. and P.A. COOPER. Recycled plastic/wood composite lumber attacked by fungi. *Forest Products Journal*, v.48 n° 1, p. 86-88, 1998.

NAKAYAMA, F. S.; VINYARD, S. H.; CHOW, P.; BAJWA, D. S.; YOUNGQUIST, J. A.; MUEHL, J.H.; KRZYSIK, A. M. Guayule as wood preservative. *Industrial Crops and Products*, n°14, p.105-111, 2001.

TEIXEIRA, D. E.; PAZ, J. M. A.; COSTA, A. F. da. Confecção de composto de madeira-plástico utilizando resíduos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e polietileno de baixa densidade (PEBD). *Floresta e Ambiente*, v.9 n° 1, p.72-80, 2002.

VERHEY, S.; LAKS, P.; RICHTER, D. Laboratory decay resistance of woodfi-ber/thermoplastic composites. *Forest Products Journal*, v.51 n° 9, p. 44-49, 2001.

YOUNGQUIST, J. A. The marriage of wood and non-wood materials. *Forest Products Journal*, v.45 n° 10, p. 25-30, 1995.