

Biodegradação de chapas de partículas orientadas de pinus,
eucalipto e cipreste expostas a quatro fungos apodrecedoresBiodegradation of oriented strandboards of pine,
eucalyptus and cypress exposed to four decay fungiEsmeralda Yoshico Arakaki Okino, Marcus Vinícius da Silva Alves,
Divino Eterno Teixeira, Mário Rabelo de Souza e Marcos Antonio Eduardo Santana¹

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a resistência de chapas de partículas orientadas - OSB (oriented strandboard), confeccionadas com as resinas uréia-formaldeído (UF) e fenol-formaldeído (FF) a 5% e a 8% de sólidos resinosos (baseado no peso seco das partículas) e strands de *Pinus taeda* L., *Eucalyptus grandis* W Hill ex Maiden e *Cupressus glauca* Lam. Para o teste de degradação acelerada foram usados os fungos de podridão-parda *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fries) Murr. e *Lentinus lepideus* Fries e os fungos de podridão-branca *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fries) Pilat. e *Ganoderma applanatum* (Persoon ex Wallroth) Patouillard. A determinação da classe de resistência ao apodrecimento foi feita por meio da porcentagem de perda de massa. Todas as chapas orientadas apresentaram maior perda de massa quando expostas ao fungo *G. trabeum*, com exceção das chapas orientadas de eucalipto. No geral, o incremento no teor de resina UF tornou as chapas menos suscetíveis ao ataque dos fungos. De forma geral, o fungo *L. lepideus* apresentou o menor ataque e o *G. trabeum* o maior. Quanto à espécie, chapas com strands de eucalipto sofreram o menor ataque e as de pinus o maior. Com relação à resina, painéis de FF em nível de 8% apresentaram maior resistência ao ataque de fungos.

Palavras-chave: Durabilidade, Ensaio de laboratório, *Pinus taeda*, *Eucalyptus grandis*, *Cupressus glauca*, Resistência

Abstract

The objective of this work was to evaluate the fungi susceptibility of several oriented strandboards - OSB using urea-formaldehyde (UF) and phenol-formaldehyde (FF) resins at 5% and 8% of solids contents (based on the oven-dry weight of particles) and wood strands of *Pinus taeda* L., *Eucalyptus grandis* W Hill ex Maiden and *Cupressus glauca* Lam. In accelerated bioassay it was used four rotters, two brown-rot fungi, *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fries) Murr., *Lentinus lepideus* Fries and two white-rot fungi, *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fries) Pilat. and *Ganoderma applanatum* (Persoon ex Wallroth) Patouillard. The decay resistance class was based upon percentage of the mass loss. Among all studied fungi, the *G. trabeum* showed the highest mass loss to all treatments, except to the eucalyptus oriented strandboards. In general, an increment in UF resin content led to increase in the durability of the panels. In general, the panels of eucalyptus were the least attacked by the fungi. On the other hand, panels of pine were the most attacked. Regarding to fungi type, the order of decay, from the least to the most severe, was *L. lepideus* (4.42%), *T. versicolor* (10.99%), *G. applanatum* (12.86%), and *G. trabeum* (20.45%). Panels with 8% FF resin were less attacked by the rotters.

Keywords: Durability, Bioassay, *Pinus taeda*, *Eucalyptus grandis*, *Cupressus glauca*, Decay resistance

INTRODUÇÃO

Frente à crescente demanda por madeira reflorestada e painéis reconstituídos, pelos mercados doméstico e internacional, torna-se primordial a melhoria da qualidade desses produtos. Assim, o conhecimento acerca da resistência de painéis à base de madeira ao ataque de microorganismos deve servir de base para a prevenção da degradação e a correta destinação para uso do material.

Behr e Wittrup (1969) confeccionaram chapas aglomeradas com misturas de *redwood* (*Sequoia sempervirens*), *northern white cedar* (*Thuja occidentalis*), *jack pine* (*Pinus banksiana*) e submetem ao ataque do fungo *Lenzites trabea*. As chapas na proporção de até 75% *jack pine* e 25% *redwood* foram resistentes, e aquelas com até 65% *jack pine* e 35% *northern white cedar* também foram resistentes. A mistura *redwood* - *pine* em uma dada razão foi mais resistente do que a

¹Analistas ambientais do Laboratório de Produtos Florestais do IBAMA - SCEN - Trecho 2 - Edifício Sede do IBAMA - Brasília, DF - 70818-900 - E-mail: esmeralda.okino@ibama.gov.br; marcus.alves@ibama.gov.br; divino.teixeira@ibama.gov.br; mario.souza@ibama.gov.br; marcos.santana@ibama.gov.br

mistura *cedar - pine*.

Em pesquisa realizada por Evans *et al.* (1997), chapas aglomeradas produzidas com mistura de *Pinus radiata* e cipreste branco (*Callitris glauco-phylla*) foram submetidas ao ataque de fungos. Amostras de aglomerado contendo partículas de cipreste mostraram maior durabilidade quando comparadas com aquelas contendo apenas pinus. Segundo os autores, o uso de espécies naturalmente mais resistentes ao ataque de microorganismos, como o cipreste, é mais vantajoso do que a utilização de produtos químicos preservativos na confecção de painéis de aglomerado.

Okino *et al.* (2002) estudaram a resistência da madeira de seringueira e apresentaram resultados de ensaio acelerado de laboratório com os fungos *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor* para seis clones distintos de madeira sólida e de chapas aglomeradas e de cimento-madeira. Tanto a madeira sólida quanto as chapas aglomeradas foram classificadas como moderadamente resistentes.

Okino *et al.* (2003) confeccionaram e testaram painéis do tipo *flakeboard* usando quatro clones de seringueira. Essas chapas mostraram-se moderadamente resistentes quando expostas aos fungos *G. trabeum* e *T. versicolor*, resistentes ao fungo *Ganoderma applanatum* e altamente resistentes quando expostas ao fungo *Lentinus lepideus*.

Okino *et al.* (2004) também confeccionaram chapas de partículas e de *flakes* usando a madeira de cipreste (*Cupressus* spp.), as quais foram submetidas ao ataque de fungos de podridão-branca e parda. Os resultados indicaram que as chapas foram classificadas como resistentes ao ataque de *G. trabeum* e altamente resistentes ao ataque de *T. versicolor*.

Quanto ao estudo de biodegradação de chapas de OSB, pesquisas deste tipo ainda são escassas. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a resistência de chapas de partículas orientadas - OSB usando as madeiras de pinus, de eucalipto e de cipreste em ensaios acelerados de laboratório, expostas a fungos de podridão-parda e podridão-branca.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram confeccionadas chapas orientadas de pinus (P), de eucalipto (E) e de cipreste (C) produzidas a partir de pranchas de *Pinus taeda* e de *Eucalyptus grandis*, ambas as espécies com 18 anos de idade e de toretes de *Cupressus glauca*, com 17 anos de idade. Painéis OSB de três camadas na proporção face:miolo:face de 1:2:1

foram orientadas perpendicularmente entre si. Foram usadas as resinas uréia-formaldeído (UF) com o catalisador NH_4Cl a 5% da resina e fenol-formaldeído (FF) nas concentrações de 5% e 8%, baseadas no peso seco das partículas. O colchão de partículas com massa específica nominal de $0,75 \text{ g/cm}^3$ foi prensado a 175°C por 10 min a pressão de 4 MPa. As dimensões do painel foram de $450 \times 450 \times 13 \text{ mm}$. O procedimento para a confecção das chapas orientadas de pinus está descrito em Okino *et al.* (2004b).

A avaliação das chapas de partículas orientadas quanto à resistência a fungos foi conduzida de acordo com a seguinte metodologia de ensaio:

Fungos apodrecedores

Foram usados os fungos de podridão-parda *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fries) Murrill, *Lentinus lepideus* Fries e os fungos de podridão-branca, *Trametes versicolor* (L. ex Fries) Pilat. e *Ganoderma applanatum* (Persoon ex Wallroth) Patouillard da coleção do Laboratório de Produtos Florestais do IBAMA.

Repicagem dos Fungos

Utilizou-se o meio de cultura à base de batata, dextrose e ágar - BDA, o qual foi esterilizado em autoclave a 121°C por 15 minutos. Em seguida, pipetou-se 15 ml desse meio em placas de Petri. A repicagem dos fungos foi conduzida em capela de fluxo laminar contínuo, onde cada placa recebeu um *plug* de 5 mm de diâmetro contendo o micélio do fungo. As placas foram mantidas em sala de incubação a 26°C e umidade relativa de 74% por um período de 10 dias, para o desenvolvimento dos fungos em toda a superfície do meio de cultura.

Preparo dos Frascos de cultura

Inicialmente, procedeu-se à correção do pH do solo para 6,3 usando calcário dolomítico na proporção de aproximadamente 65 g para 20 kg de solo. O solo, devidamente corrigido foi peneirado em malha de abertura de 0,30 a 0,51 cm. Determinou-se, a seguir, o teor de umidade do solo e calculou-se a quantidade de água a ser introduzida em cada frasco com base na Equação 1:

$$VA = (1,30 \times A - B) \times (D / (100 + B)) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

VA = quantidade de água a ser adicionada, em gramas;

A = capacidade de retenção de água do solo, em %;

B = conteúdo de umidade do solo, seco ao ar, em %;

D = quantidade de solo seco ao ar a ser usado nos vidros, em gramas.

Após correção da umidade do solo, placas suporte de madeira nas dimensões de 3 x 29 x 35 mm de *Pinus* sp. (para fungos de podridão-parda) ou de *Cecropia* sp. (para fungos de podridão-branca) foram inseridas nos frascos. A seguir, o material foi autoclavado a 121 °C por 60 minutos e mantido em observação por 15 dias em sala de incubação a (26,7 ± 1,1) °C e umidade relativa de (70 ± 4) %.

Inoculação dos fungos e Incubação das culturas

Cada frasco recebeu 1,0 cm² de micélio de fungo, que foi colocado entre a borda da placa suporte e o solo. Os frascos contendo o inóculo retornaram à sala de incubação, onde permaneceram por um período de 40 dias, até o recobrimento total da superfície do substrato no interior do vidro.

Testes de chapas de OSB

Corpos-de-prova nas dimensões de 25 x 25 x 13 mm de espessura aproximada da chapa OSB, previamente estabilizados em estufa ventilada a 50 °C, foram pesados obtendo-se assim as suas massas iniciais ($M_{inicial}$), e esterilizados em autoclave a 121 °C por 20 minutos. Após esse procedimento, cada frasco recebeu um corpo-de-prova, que foi levado à sala de incubação, à temperatura de (25,6 ± 0,5) °C e umidade relativa de (69,0 ± 2) %, onde permaneceram por 12 semanas.

Coleta dos Dados

Transcorrido este período, os corpos-de-prova foram levemente limpos, retirando o excesso de massa micelial presente nas superfícies das amostras atacadas, tomando-se o cuidado para não haver perda de massa do material degradado. Os corpos-de-prova foram mantidos à temperatura ambiente, por dois dias e a seguir, colocados em estufa ventilada a 50 °C até atingir peso constante para registro da massa final (M_{final}).

Avaliação dos Resultados

Com os valores de massa inicial e massa final dos corpos-de-prova, a porcentagem de perda de massa foi obtida por meio da Equação 2:

$$PM = \frac{M_{inicial} - M_{final}}{M_{inicial}} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

PM = perda de massa do corpo-de-prova, em %;

$M_{inicial}$ = massa inicial do corpo-de-prova, em gramas;

M_{final} = massa final do corpo-de-prova, em gramas;

Avaliou-se a suscetibilidade das chapas ao ataque dos fungos, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Classes de resistência ao apodrecimento por fungos. (Decay resistance class to specified test fungi)

Perda de massa (%)	Massa residual (%)	Classe de resistência
0 a 10	90 a 100	Altamente resistente - AR
11 a 24	76 a 89	Resistente - R
25 a 44	5 a 75	Moderadamente resistente - MR
45 ou mais	Menos de 56	Pouco ou não-resistente - NR

Delineamento experimental

Na confecção das chapas orientadas, foram usados dois tipos de resinas, com duas concentrações e três repetições, totalizando 12 chapas/espécie. Para avaliar a resistência das chapas à biodeterioração, foi empregado o delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial, em que foram analisados os fatores abaixo, totalizando 48 ensaios: 2 tipos de resinas: UF e FF; 2 proporções de resina: 5% e 8%; 4 tipos de fungos: *L. lepideus*, *G. applanatum*, *T. versicolor* e *G. trabeum*; 3 espécies de madeira: pinus, eucalipto e cipreste.

Para cada ensaio foram usados 12 corpos-de-prova. Na análise e avaliação dos ensaios os dados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA). As diferenças entre médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de significância. O software utilizado para a análise foi o SPSS versão 13.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mais informações quanto às espécies estudadas encontram-se listadas na Tabela 2, como a massa específica básica e análises químicas de lignina, holocelulose e extrativos. Embora tenha sido citada outra fonte, o material eucalipto é o mesmo usado na confecção das chapas OSB.

Tabela 2. Massa específica básica e composição química das madeiras de cipreste, pinus e eucalipto. (Basic density and chemical analysis of cypress, pine and eucalypts)

Espécie	Massa específica básica (g/cm ³)	Porcentagem				
		Extrativos	Holocelulose	Celulose	Hemicelulose	Lignina
Cipreste ¹	0,41	1,1	75,9	40,4	35,5	32,0
Pinus ²	0,39	5,8 ²	66,4	-	-	27,8
Eucalipto ³	0,60	6,4	76,2	47,8	28,4	28,5

¹Dados extraídos de Okino et al. (2006). Extrativo em álcool-tolueno.

²Dados extraídos de Mendes (1993) para o *Pinus taeda* com 18 anos de idade. Dados de extrativos totais.

³Dados extraídos de Botelho (1997). Extrativo em álcool-tolueno.

Nas folhosas a holocelulose é encontrada em maior quantidade do que nas coníferas assim como a hemicelulose, que difere em quantidade e tipo entre as angiospermas e gimnospermas (ANDRADE, 2006). Essa afirmativa foi constatada na Tabela 2. Por outro lado, o teor de lignina é maior nas coníferas do que nas folhosas o que também foi verificado quando se compara o cipreste e o eucalipto.

A Tabela 3 apresenta os valores da razão de compactação de todos os tratamentos de chapas OSB. Percebe-se que as razões foram crescentes na seguinte ordem: eucalipto, cipreste e pinus, significando que para certa massa específica da chapa, quanto menos densa a madeira maior será a razão de compactação. A literatura confirma que há uma relação direta entre a massa específica da madeira e a porosidade. Esse último está relacionado à estrutura anatômica, ao fluxo de líquidos e ao acesso de fungos. Somente o tratamento UF5% com o eucalipto não atingiu o valor mínimo de 1,3 na razão de compactação.

Tabela 3. Razão de Compactação das chapas de OSB confeccionadas. (Compaction ratio of the OSB manufactured)

Tratamento	Razão de compactação		
	Cipreste	Pinus	Eucalipto
UF5%	1,56	2,03	1,22
UF8%	1,63	2,05	1,34
FF5%	1,74	2,15	1,38
FF8%	1,61	2,23	1,34

UF=uréia-formaldeído, FF= fenol-formaldeído. Sigla seguida de número representa o teor de adesivo.

Tabela 4. Valores médios de perda de massa de chapas de partículas orientadas, expostas aos fungos *Gloeophyllum trabeum* (Pers. ex Fr.) Murr., *Lentinus lepideus* Fries, *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fr.) Pilat e *Ganoderma applanatum* (Persoon ex Wallroth) Patouillard, após 12 semanas de teste acelerado de laboratório. (Means values of oriented strandboard mass loss exposed to *Gloeophyllum trabeum* (Pers. ex Fr.) Murr., *Lentinus lepideus* Fries, *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fr.) Pilat and *Ganoderma applanatum* (Persoon ex Wallroth) Patouillard, after 12 weeks of accelerated laboratory test)

Ensaio	Perda de massa (%) e classe de resistência							
	Podridão-branca ¹				Podridão-parda ¹			
	<i>T. versicolor</i>	classe	<i>G. applanatum</i>	classe	<i>G. trabeum</i>	classe	<i>L. lepideus</i>	classe
OSB-cipreste								
5CUF	15,45 (3,88) ² ijklmn	R	12,63 (1,78) ghijklm	R	37,15 (2,70) o	MR	6,40 (2,50) abcdefg	AR
5CFF	12,18 (5,96) ghijklm	R	6,68 (3,56) abcdefg	AR	13,41 (7,32) ghijklm	R	1,46 (1,19) abc	AR
8CUF	12,96 (3,93) ghijklm	R	12,27 (1,66) ghijklm	R	34,61 (8,04) o	MR	1,66 (1,87) abcd	AR
8CFF	2,26 (1,26) abcd	AR	8,80 (3,59) defghij	AR	8,44 (2,07) bcdefghi	AR	1,24 (0,28) ab	AR
OSB-pinus								
5PUF	8,60 (2,40) cdefghij	AR	11,81 (2,47) ghijklm	R	30,10 (5,24) o	MR	17,40 (2,88) klmn	R
5PFF	7,38 (1,53) abcdefgh	AR	12,19 (3,33) ghijklm	R	21,00 (5,86) n	R	14,55 (2,47) hijklmn	R
8PUF	4,37 (1,66) abcdefg	AR	11,58 (2,73) fghijkl	R	32,09 (7,74) o	MR	12,24 (3,60) ghijklm	R
8PFF	7,31 (3,60) abcdefgh	AR	12,87 (3,22) ghijklm	R	15,82 (5,07) jklmn	R	6,82 (0,12) abcdefg	AR
OSB-eucalipto								
5EUF	21,56 (1,45) n	R	16,81 (7,19) klmn	R	17,56 (3,50) klmn	R	0,96 (0,30) a	AR
5EFF	18,91 (2,80) mn	R	18,51 (3,27) lmn	R	11,73 (1,07) ghijklm	R	1,05 (0,33) a	AR
8EUF	17,27 (5,34) klmn	R	11,11 (3,56) fghijkl	R	10,29 (3,99) efgghijk	R	1,02 (0,16) a	AR
8EFF	16,35 (1,41) klmn	R	16,64 (4,48) klmn	R	3,41 (2,41) abcde	AR	0,90 (0,37) a	AR

¹Média de 12 corpos-de-prova por tratamento, sendo 4 corpos-de-prova por repetição. Média seguida de letras são grupos homogêneos. C = cipreste; P = pinus; E = eucalipto; UF = uréia-formaldeído; FF = fenol-formaldeído, 5 e 8 = porcentagens de resina.

²Valores entre parênteses são desvios padrões.

Os valores médios do percentual de perda de massa de chapas de partículas orientadas para os fungos de podridão-parda e branca estão listados na Tabela 4.

De modo geral, houve dois comportamentos distintos dos ensaios segundo a análise estatística pelo teste de Tukey. A menor perda de massa foi observada em chapas de OSB de eucalipto expostas ao fungo *L. lepideus* (entre 0,90% e 1,05%) onde o tipo e a proporção de resina não foram significativos. A maior perda de massa foi verificada em chapas de pinus e de cipreste coladas com a resina UF expostas ao fungo *G. trabeum* (entre 30,10% e 37,15%), a proporção de resina não fez diferença na durabilidade desses painéis. Esses ensaios no menor e maior nível de ataques foram estatisticamente diferentes dos demais.

Dentre todos os ensaios testando o fungo *L. lepideus* as maiores perdas de massa foram para as chapas de partículas orientadas de pinus. No entanto, a literatura cita magnitude de perda de massa variando desde 0,4% para o cerne de *MacLura pomifera* (HART e SHRIMPSON, 1979); de 4,2% para o alburno e 3,3% e 3,9% para o cerne interno e externo, respectivamente, de *Thuja plicata* (RENNERFELT, 1948) até 52,3% para a madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (JANKOWSKY e LEPAGE, 1986) e 52,7% para OSB de *southern yellow pine* exposto ao fungo *Neolentinus lepideus* (YANG *et al.*, 2000).

As discrepâncias de perda de massa podem ser provenientes do potencial genético de cada indivíduo e da própria complexidade da madeira, isso sem levar em consideração a bioquímica dos fungos. Além da variação dentro da mesma árvore pode ocorrer também variação para árvores de uma mesma espécie.

Os ensaios com chapas orientadas de pinus e de cipreste com a resina UF, independente da proporção, apresentaram um grupo homogêneo quando expostas ao fungo *G. trabeum*, sendo classificadas como moderadamente resistentes confirmando certa seletividade por madeiras de coníferas e corroborando com dados da literatura.

As chapas orientadas de cipreste foram bastante atacadas pelos fungos *G. trabeum*, *T. versicolor* e *G. applanatum*. A literatura descreve que o cerne de coníferas da família Cupressaceae contém o composto tropolona, que é eficaz contra fungos manchadores ou emboloradores (SMITH e CSERJESI, 1970; RENNERTFELT, 1948), que testou *Thuja plicata* D. Don de 40 anos de idade. Esse mesmo comportamento não foi verificado nesse estudo provavelmente devido à não maturidade da madeira de cipreste, que apresenta maior proporção de alburno, portanto mais suscetível à deterioração biológica (FINDLAY, 1985).

Na análise separada por tipo e porcentagem de resina, tipo de fungo e espécie de madeira, os resultados foram os seguintes apresentados nas Figuras 1 a 4. As barras são as médias e as hastes em "T" são a média $\pm 1,0$ desvio padrão. A letra dentro de cada barra representa a separação de médias em grupos pelo teste de Tukey.

Efeito do tipo de fungo

A Figura 1 mostra diferenças significativas de perda de massa entre os diversos fungos estudados. O fungo *G. trabeum* causou a maior perda de massa média (20,45%) e o fungo *L. lepideus* a menor (4,42%).

Efeito do tipo de resina

Pela Figura 2, podemos perceber que a resina FF foi mais eficiente que a resina UF, causando menores perdas de massa e apresentando dois grupos homogêneos distintos, ou seja, o tipo de resina foi fator significativo. O valor médio de perda de massa foi de 9,48% e 14,38% para a resina FF e UF, respectivamente.

Efeito do teor de resina

Pela Figura 3 houve a formação de 2 grupos homogêneos onde as perdas de massa médias foram de 13,50% e 10,78% para 5% e 8% de resina, respectivamente. O teor de resina foi fator significativo a nível de significância de 5%.

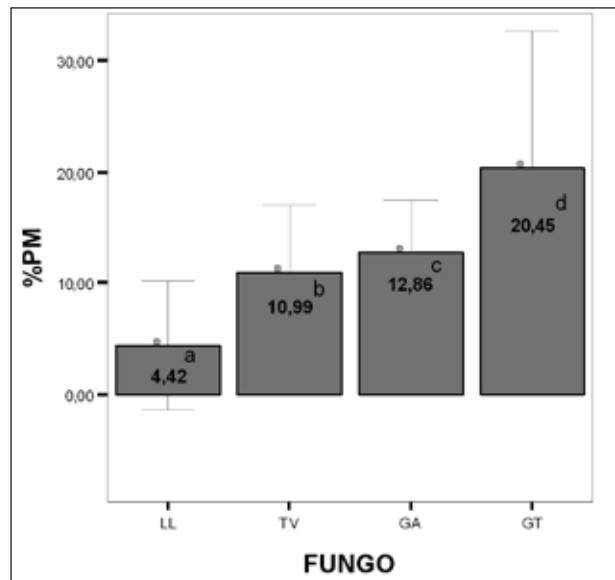


Figura 1. Efeito do tipo de fungo em chapas OSB de cipreste, pinus e eucalipto submetidas ao ensaio acelerado de laboratório. (Effect of fungi in accelerated laboratory test of OSB of cypress, pine and eucalypts)

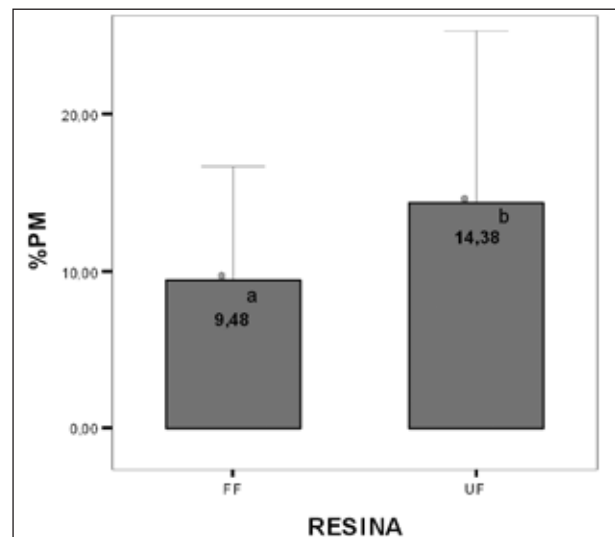


Figura 2. Efeito do tipo de resina no ensaio acelerado de laboratório em chapas OSB de cipreste, pinus e eucalipto. (Effect of resin type of OSB of cypress, pine and eucalypts exposed to accelerated laboratory test)

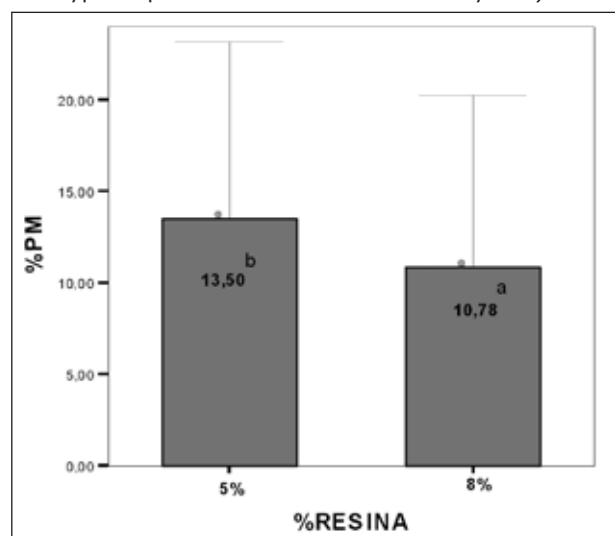


Figura 3. Efeito do teor de resina em chapas OSB de cipreste, pinus e eucalipto expostas ao ensaio acelerado de laboratório. (Effect of the resin amount in OSB of cypress, pine and eucalypts exposed to accelerated laboratory test)

Efeito da espécie

Pela Figura 4 percebe-se que o eucalipto sofreu a menor perda de massa (9,82%), seguido pelo cipreste (11,63%) e finalmente pelo pinus (14,65%). Houve a formação de três grupos homogêneos distintos onde o eucalipto se sobressaiu na melhor classe de resistência. Nota-se uma correlação inversa da perda de massa com a razão de compactação. Esse comportamento pode estar associado à maior massa específica da madeira dessa espécie, que pela menor proporção de espaços vazios cria uma barreira natural dificultando a penetração do fungo.

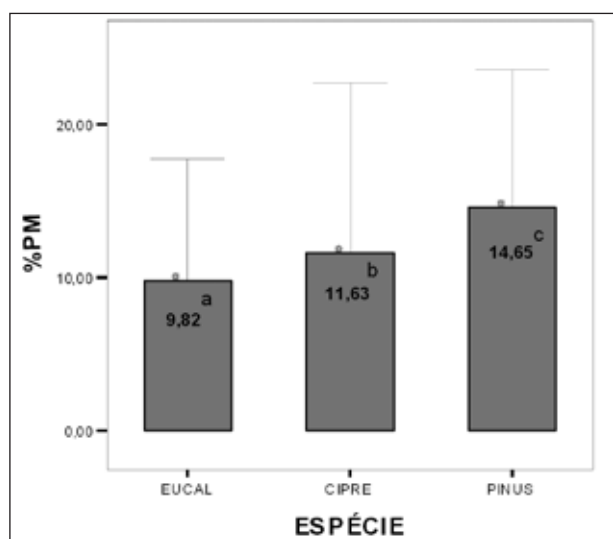


Figura 4. Efeito da espécie de madeira dos strands sobre a durabilidade natural de chapas OSB de cipreste, pinus e eucalipto. (Effect of the wood species in OSB of cypress, pine and eucalypts exposed to accelerated laboratory test)

Analisando o fungo *G. trabeum*, observou-se a maior perda de massa em todos os ensaios com as chapas orientadas de pinus e de cipreste, exceto a 8% de resina FF para o cipreste. Analisando os ensaios com as chapas orientadas de eucalipto expostas aos fungos *T. versicolor* e *G. applanatum*, estes apresentaram as maiores perdas de massa,

exceto para 8% resina FF e 5% de resina UF, respectivamente. Esse fato corrobora a assertiva de que coníferas são preferencialmente degradadas por fungos de podridão-parda e folhosas por fungos de podridão-branca (ZABEL e MORREL, 1992).

Efeito das interações

A ANOVA dos efeitos de resinas, espécies e fungos e suas interações estão apresentadas na Tabela 5. Todos os fatores e suas interações foram estatisticamente significativos. Isso significa que a perda de massa é explicada pela combinação de mais de um fator.

O teste de Tukey dividiu as médias dos 48 tratamentos testados em 15 grupos homogêneos. Do total de ensaios a classe AR representou 39,6% a classe R (52,1%) e a classe MR (8,3%).

CONCLUSÕES

De modo geral, a resina FF foi mais eficiente do que a resina UF, corroborando dado da literatura.

Chapas orientadas com maior teor de resina foram menos atacadas do que as chapas com menor teor.

O parâmetro espécie de madeira dos strands mostrou ser estatisticamente significativo no ensaio acelerado de laboratório. As perdas de massa foram observadas em ordem crescente para as chapas de eucalipto, cipreste e pinus.

No estudo em relação à resina, tanto o teor como o tipo de resina foram estatisticamente significativos.

As chapas orientadas de eucalipto quando expostas ao fungo *L. lepideus* não sofreram efeito do tipo e nem do teor de resina.

As chapas de OSB de pinus e de cipreste coladas com a resina UF expostas ao fungo *G. trabeum* não sofrem efeito do teor de resina.

Tabela 5. Análise de variância do efeito da espécie, fungo e resina e suas interações no ensaio acelerado de laboratório. (Analysis of variance of the effects of resin, wood species and fungi in the accelerated laboratory test)

Variável dependente: Perda de Massa (%)

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calculado	Signif.
Modelo	34282,859(a)	23	1490,559	88,331	,000
Intercepto	62604,876	1	62604,876	3710,000	,000
RESINA	2323,877	1	2323,877	137,714	,000
ESPÉCIE	858,922	2	429,461	25,450	,000
FUNGO	9473,072	3	3157,691	187,127	,000
RESINA * ESPÉCIE	1297,793	2	648,896	38,454	,000
RESINA * FUNGO	3639,028	3	1213,009	71,884	,000
ESPÉCIE * FUNGO	9732,044	6	1622,007	96,121	,000
RESINA * ESPÉCIE * FUNGO	695,727	6	115,955	6,872	,000

(a)R² = ,828 (R² ajustado = ,819)

Chapas de OSB de pinus e de cipreste coladas com a resina UF expostas ao fungo *G. trabeum* foram moderadamente resistentes apresentando um grupo homogêneo.

Em geral, o fungo *G. trabeum* provocou maior perda de massa nas chapas orientadas, exceto para as chapas de eucalipto.

Quanto ao tipo de fungo, a ordem crescente de ataque foi *L. lepideus* (4,42%), *T. versicolor* (10,99%), *G. applanatum* (12,86%) e *G. trabeum* (20,45%).

Nenhuma chapa de partícula orientada exposta aos fungos apodrecedores testados foi classificada como não-resistente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte dos técnicos Ricardo P. de O. Santos, Getúlio F. de Almeida, Luiz D. Santana e Francisco L. de Araújo. Agradecem em especial a Dra Tereza C. M. Pastore pela revisão final do artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A.S. **Qualidade da madeira, celulose e papel em *Pinus taeda* L.: influência da idade e classe de produtividade.** 2006. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

BEHR, E.A.; WITTRUP, B.A. Decay and termite resistance of two species particle boards. **Holzforschung**, Berlin, v.23, n.5, p.166-170, 1969.

BOTELHO, G.M.L. **Caracterização química, durabilidade natural e tratabilidade da madeira de seis espécies de eucaliptos plantadas no Distrito Federal: projeto final.** Brasília: Universidade de Brasília / Curso de Engenharia Florestal, 1997. 37p.

EVANS, P.D.; CREFFIELD, J.W.; CONROY, J.S.G.; BARRY, S.C. Natural durability and physical properties of particleboard composed of white cypress pine and radiata pine. **Forest Products Journal**, Madison, v.6, p.87-94, 1997.

FINDLAY, W.P.K. The nature and durability of wood. In: FINDLAY, W.P.K. (Ed). **Preservation of timber in the tropics.** Dordrecht: Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, 1985. p.1-13.

HART, J.H.; SHRIMPTON, D.M. The role of stilbenes in resistance of wood to decay. **Phytopathology**, Saint Paul, v.69, p.1138-1143, 1979.

JANKOWSKY, I.P.; LEPAGE, E.S. O creosoto de *Eucalyptus* spp como preservativo para madeiras. **IPEF**, Piracicaba, n.33, p.47-57, 1986.

MENDES, C.J. Influência da idade em *Pinus taeda* sobre a qualidade da madeira para produção de celulose. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.9, n.27, p.81-90, 1993.

OKINO, E.Y.A.; ALVES, M.V.S.; SANTANA, M.A.E.; SOUSA, M.E. Durabilidade natural de madeira sólida, de chapas aglomeradas e de chapas de cimento-madeira de *Hevea brasiliensis*. **Brasil Florestal**, Brasília, v.73, p.39-46, 2002.

OKINO, E.Y.A.; CAMARGOS, J.A.A.; SANTANA, M.A.E.; MARQUES, M.H. B.; MARTINS, V.A.; SOUSA, M.E.; TEIXEIRA, D.E. Descrição dos caracteres tecnológicos da madeira de *Cupressus glauca* Lam. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.72, p.39-48, 2006

OKINO, E.Y.A.; SANTANA, M.A.E.; SOUZA, M.R.; ALVES, M.V.S.; SOUSA, M.E. Propriedades físicas, mecânicas e durabilidade natural de chapas aglomeradas de *Hevea brasiliensis* Müell Arg. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8, 2003, São Paulo. **Pôster 324** São Paulo, 2003.

OKINO, E.Y.A.; SOUZA, M.R.; SANTANA, M.A.E.; ALVES, M.V.; SOUSA, M.E.; TEIXEIRA, D.E. Evaluation of the physical and biological properties of particleboard and flakeboard made from *Cupressus* spp. **International Biodeterioration & Biodegradation**, London, v.53, p.1-5, 2004.

OKINO, E.Y.A.; TEIXEIRA, D.E.; SOUZA, M.R.; SANTANA, M.A.E.; SOUSA, M.E. Properties of oriented strandboard made of wood species from Brazilian planted forests: part 1- 80 mm-long strands of *Pinus taeda* L. **Holz Roh Werkstoff**, Berlin, v.62, p.221-224, 2004b.

RENNERFELT, E. Investigations of Thujaplicin, a fungicidal substance in the heartwood of *Thuja plicata* D. Don. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.1, p.245-254, 1948.

SMITH, R.S; CSERJESI, A.J. Degradation of nootkatin by fungi causing black heartwood stain in yellow cedar. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.48, p.1727-1729, 1970.

YANG, V.W.; NELSON, W.J.; ILLMAN, B.L., ROSS, R.J. Nondestructive evaluation of biodegraded oriented strandboard: laboratory results. In: ANNUAL CONFERENCE ON DURABILITY AND DISASTER MITIGATION IN WOO-FRAME HOUSING, 2, 2000, Madison. **Proceedings**. Madison: Forest Products Society, 2000. p.227-230

ZABEL, R.A.; MORRELL, J.J. Natural decay resistance. In: ZABEL, R.A.; MORRELL, J.J. **Wood microbiology: decay and its prevention**. San Diego: Academic Press, 1992. p.399-411