

Recebido: 24-06-2014 Aceito: 26-03-2015

Resistência natural das madeiras de cumaru, cedrinho e paricá submetidas a ensaios de deterioração de campo

Aline Pilocelli¹, Diego Martins Stangerlin^{2*}, Roberto Lessa Pereira³, Darci Alberto Gatto⁴, Leandro Calegari⁵, Elisangela Pariz⁶, Felipe Susin⁷

¹Graduada em Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, Sinop, MT.

²Professor Adjunto do Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, Sinop, MT.

³Graduando em Engenharia Industrial Madeireira, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

⁴Professor Adjunto do Curso de Graduação em Engenharia Industrial Madeireira, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

⁵Professor Adjunto do Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Campus Universitário de Patos, Patos, PB.

⁶Professora Assistente do Curso de Graduação em Engenharia de Produção, Universidade de Cuiabá, Campus Universitário de Sinop, Sinop, MT.

⁷Professor Substituto do Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Alta Floresta, Alta Floresta, MT.

RESUMO Este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência natural da madeira de três espécies amazônicas submetidas a ensaios de deterioração em dois ambientes, campo aberto e floresta. Para tanto, foram utilizadas amostras de *Dipteryx odorata* (cumaru), *Erismia uncinnatum* (cedrinho) e *Schizolobium amazonicum* (paricá) com dimensões de 2 x 2 x 30 cm, sendo a maior destas no sentido axial. Durante oito meses, as amostras foram periodicamente pesadas e avaliadas por um critério de notas para determinação do percentual de perda de massa e do índice de deterioração, respectivamente. Adicionalmente, as amostras foram submetidas a ensaios não destrutivos de ultrassom, a partir dos quais foram determinados os módulos de elasticidade dinâmico durante os diferentes estágios de deterioração. A madeira de paricá apresentou a menor resistência natural considerando os valores apresentados de perda de massa e índice de deterioração. Com relação ao ambiente, as madeiras ensaiadas em campo aberto apresentaram a maior deterioração. A técnica de propagação de ondas ultrassônicas se mostrou eficaz para caracterizar a resistência natural, em especial para a madeira de paricá.

Palavras-chave: biodeterioração, qualidade da madeira, perda de massa, propagação de ondas de ultrassom.

Natural resistance of cumaru, cedrinho and paricá woods exposed to field tests

ABSTRACT This study aimed to evaluate the natural resistance of three Amazonian woods exposed to two environments, outdoor and forest canopy. To achieve this, samples sizing 2 x 2 x 20 cm (the largest dimension in axial direction) of *Dipteryx odorata* (cumaru), *Erismia uncinnatum* (cedrinho) and *Schizolobium amazonicum* (paricá) woods were prepared. During eight months, samples were periodically weighed and evaluated by a criterion of ratings to determine the mass loss and the decay index, respectively. In addition, all the samples were evaluated by ultrasound nondestructive technique to determine the dynamic modulus of elasticity considering the different decay stages. Paricá wood presented the lowest natural resistance considering the percentage of mass loss and decay index. The woods tested in the outdoor had the greatest deterioration. The ultrasound technique was effective for characterizing the natural resistance, especially for paricá wood.

Keywords: biodeterioration, wood quality, mass loss, propagation of ultrasound waves.

Introdução

A madeira é um material que apresenta propriedades físicas e mecânicas que a tornaram, desde os primórdios da humanidade, cobiçada e com lugar de destaque no desenvolvimento da civilização. Porém, a mesma também tem desvantagens, como a suscetibilidade à deterioração por organismos xilófagos, em que se destacam a ação de fungos e térmitas. Dessa forma, o conhecimento da resistência natural da madeira é determinante para sua utilização, possibilitando o emprego adequado (em contato com ambientes suscetíveis ou não) e consequentemente reduzindo gastos desnecessários com a reposição de peças deterioradas (PAES et al., 2004).

Existem vários fatores que podem influenciar na variação da resistência natural da madeira, como por exemplo, a idade, a taxa de crescimento, a posição da amostra ao longo do tronco e do diâmetro (topo ou base, cerne ou alburno) e a quantidade e tipo de extrativos (CARNEIRO et al., 2009; SUPRAPTI, 2010; ASHADUZZAMAN et al., 2011). Além disso, o comportamento de uma mesma espécie pode ser diferente em ambientes distintos, devido às condições de umidade, pH e matéria orgânica do solo, radiação solar, precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar (TREVISAN et al., 2008; MELO et al., 2010).

No mercado madeireiro, produtos à base de madeira classificados como resistentes à deterioração apresentam ampla difusão de emprego (STANGERLIN et al., 2011). Para caracterização da resistência natural da madeira dois tipos de ensaios podem ser realizados, de laboratório ou de campo.

Brischke et al. (2009), Melo et al. (2010) e Mattos et al. (2013) defendem que os ensaios de deterioração de campo são mais fidedignos na caracterização da resistência natural da madeira, bem como da eficiência de processos preservativos em relação aos ensaios de laboratório, uma vez que em campo a madeira fica exposta a condições mais severas de deterioração, principalmente quando em contato com o solo.

Costa et al. (2005) mencionaram que nos ensaios de campo o principal parâmetro utilizado para o monitoramento da resistência natural da madeira é o índice de deterioração. No entanto, Eaton; Hale (1993) destacaram que o emprego de outros parâmetros como a perda de massa e a resistência mecânica favorecem uma melhor caracterização.

Stangerlin et al. (2010) mencionaram que com base nos princípios da propagação de ondas mecânicas, a avaliação não destrutiva de madeiras por meio da técnica de emissão de ondas de ultrassom, é um dos métodos mais aplicados para caracterização mecânica, em função da facilidade de operação e custo relativamente baixo na aquisição e operacionalização do equipamento quando comparado aos equipamentos utilizados em ensaios destrutivos. De acordo com Calegari et al (2011), a propagação de ondas de ultrassom é influenciada diretamente por características intrínsecas da madeira, dentre as quais se podem destacar: dimensões de fibras, frequência dos raios, teor de umidade, massa específica, ângulo microfibrilar, presença de rachaduras e nodosidade.

Dentre as aplicações práticas, o método de propagação de ondas de ultrassom pode ser empregado na avaliação da sanidade de peças de madeira, de modo a quantificar a intensidade de deterioração causada por agentes bióticos ou abióticos. Gatto et al. (2012) destacaram que a onda mecânica propaga-se nos sólidos por agitação molecular. Em madeiras em estágio de deterioração haverá orifícios ou zonas de amolecimento que deverão ser contornados pela onda e, desse modo, irá aumentar o tempo de propagação da onda em comparação à madeira sadia.

Apesar da importância da caracterização da resistência natural da madeira, em complemento ao conhecimento das demais propriedades tecnológicas, poucos são os estudos com madeiras amazônicas (JESUS et al., 1998; CARNEIRO et al., 2009; STANGERLIN et al., 2013; CORASSA et al., 2013).

Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar a resistência natural da madeira de três espécies amazônicas, de distintas classes de massa específica, submetidas a ensaios de deterioração em contato com solo de floresta e campo aberto.

Material e Métodos

Coleta e preparo dos corpos de prova

Em diferentes estabelecimentos madeireiros no município de Juara, Mato Grosso, foram amostradas três toras de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (cumaru), *Erismia uncinatum* Warm. (cedrinho) e *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (paricá). As toras foram submetidas ao desdobro por meio de cortes tangenciais, de modo a obterem-se tábuas centrais orientadas e livres da presença de defeitos pronunciados (rachaduras, nós, esmoado e empenos), com dimensões nominais de 25 mm x 200 mm, na seção transversal, e comprimento de 4 m.

Após a secagem ao ar livre até o teor de umidade de equilíbrio de 15%, as tábuas foram aplainadas com o auxílio de uma desengrossadeira e uma desempenadeira, e seccionadas em serra circular de mesa para obtenção de 36 corpos de prova de cada espécie. Os corpos de prova foram seccionados com dimensões nominais de 2 x 2 x 30 cm (espessura, largura e comprimento, respectivamente), sendo esses empregados nos ensaios de deterioração de campo.

Posteriormente, os corpos de prova foram submetidos ao condicionamento em estufa com circulação forçada de ar a 100°C até atingirem massa e volume constantes, sendo esses parâmetros obtidos com o auxílio de balança analítica e paquímetro com precisão de 0,01 g e 0,01 mm, respectivamente.

A partir de corpos de prova que não foram utilizados para os ensaios de deterioração de campo, realizaram-se análises para determinação do teor de extrativos e da massa específica

básica, conforme procedimentos descritos na NBR - Norma Brasileira Reguladora 14853 e 11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2002; 2003).

Ensaio de deterioração de campo

Os ensaios de deterioração de campo foram realizados durante os meses de abril a dezembro de 2012 em duas áreas, uma de campo aberto com vegetação rasteira (S 11° 51.793' e W 55° 29.115') e outra de floresta nativa (S 11° 52.119' e W 55° 27.746'), ambas localizadas no município de Sinop, Mato Grosso.

Em cada ambiente de deterioração, os corpos de prova foram distribuídos em três blocos casualizados contendo em cada um seis linhas, sendo alocados, aleatoriamente, 18 corpos de prova por bloco. Os blocos e as suas linhas foram distanciados 50 e 25 cm entre si, respectivamente. Por sua vez, os corpos de prova foram enterrados parcialmente, aproximadamente 15 cm, estando equidistantes 5 cm uns dos outros.

Avaliação da perda de massa e do índice de deterioração

A cada 60 dias, durante 180 dias, foram retirados quatro corpos de prova por espécie e ambiente de deterioração, de modo a proporcionar o monitoramento parcial da durabilidade natural das madeiras. A caracterização final da durabilidade natural das madeiras foi realizada aos 240 dias de instalação dos ensaios de campo, sendo amostrados seis corpos de prova por espécie e ambiente de deterioração.

Em cada amostragem, os corpos de prova foram submetidos à limpeza superficial para retirada do solo aderido e examinados visualmente para atribuição do estado de sanidade com base em um sistema de atribuição de notas (Tabela 1), conforme sugerido por Lepage (1970).

Tabela 1. Classificação do índice de deterioração da madeira.**Table 1.** Index decay rating of wood.

Estado de sanidade	Nota	ID
Sadio, nenhum ataque.	0	100
Ataque leve ou superficial de fungos e térmitas.	1	90
Ataque evidente, porém moderado de fungos e térmitas.	2	70
Apodrecimento intenso ou ataque intenso de térmitas.	3	40
Quebra, perda quase total de resistência.	4	0

Em que: ID= índice de deterioração (%).

Na sequência, os corpos de prova foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 100°C, até obtenção de massa e volume constantes, com base na relação entre as diferenças de massa, antes e após a deterioração foi determinada a perda de massa das madeiras (Equação 1). Adicionalmente, foi obtida a massa específica aparente à condição anidra por meio da relação entre a massa e o volume de cada corpo de prova. Esse parâmetro foi obtido para posterior determinação do módulo de elasticidade dinâmico.

$$PM = \left(\frac{M_i - m_f}{M_i} \right) * 100 \quad \text{Equação 1}$$

Em que: PM= perda de massa (%); M_i = massa inicial (g); M_f = massa final (g).

Avaliação do módulo de elasticidade dinâmico

O módulo de elasticidade dinâmico foi obtido por meio da realização de ensaios não destrutivos com um equipamento de ultrassom. Esse equipamento é dotado de transdutores de pontos secos com frequência de aproximadamente 50 kHz, que medem diretamente o tempo de propagação das ondas, em microssegundos (μ s).

Os transdutores foram posicionados nas extremidades dos corpos de prova, considerando o sentido axial, sendo realizadas duas leituras da velocidade de propagação das ondas. O módulo de elasticidade dinâmico foi determinado por meio da Equação 2.

$$MOE_{din} = V^2 * ME_{ap} \quad \text{Equação 2}$$

Em que: MOE_{din} = módulo de elasticidade dinâmico (MPa); V^2 = velocidade de propagação das ondas de ultrassom; ME_{ap} = massa específica aparente à condição anidra.

Análise estatística

Para a análise dos resultados empregou-se o delineamento em blocos casualizados com arranjo fatorial, dos seguintes fatores: espécie (três níveis), ambiente de deterioração (dois níveis) e a interação entre os fatores. Os fatores e as interações tidas como significativas pelo teste de F foram analisadas pelo teste de médias de Tukey ($p < 0,05$).

Adicionalmente, foram estabelecidas correlações lineares de Pearson entre as variáveis dependentes perda de massa e módulo de elasticidade dinâmico com a variável independente tempo de exposição aos ensaios de deterioração de campo, bem como entre as duas primeiras variáveis.

Resultados e Discussão

Mediante a análise fatorial da perda de massa e do índice de deterioração (Tabela 2) pode-se observar que a perda de massa diferiu estatisticamente apenas quando considerado o fator espécie. Por sua vez, o índice de deterioração denotou diferença estatística tanto para o fator espécie quanto para o ambiente, bem como para a interação entre os mesmos. Conforme discutido por Melo et al. (2010), esses resultados evidenciam que a subjetividade do índice de deterioração, avaliado por meio de notas, pode subestimar ou superestimar a resistência do material testado.

A madeira de paricá apresentou a menor resistência natural dentre as três espécies amazônicas avaliadas (Tabela 3). Esse resultado está relacionado às características intrínsecas da madeira, em destaque os teores de extrativos e de massa específica básica (Tabela 4).

Tabela 2. Análise fatorial da perda de massa e do índice de deterioração das madeiras de cumaru, cedrinho e paricá submetidas aos ensaios de deterioração em floresta e campo aberto.

Table 2. Factorial analysis of the mass loss and decay index of cumaru, cedrinho and paricá woods exposed to field tests in forest canopy and outdoor.

FV	GL	Perda de massa (%)				Pr>Fc
		SQ	QM	Fc		
Ambiente	1	8,00	8,00	0,83	0,37 ^{NS}	
Espécie	2	645,37	322,69	33,30	0,01*	
Ambiente x Espécie	2	8,21	4,10	0,42	0,66 ^{NS}	
Erro	26	251,92	9,69			
Total corrigido	31	913,50				
		Índice de deterioração (%)				
Ambiente	1	1.512,50	1.512,50	6,46	0,02*	
Espécie	2	10.841,67	5.420,83	23,14	0,01*	
Ambiente x Espécie	2	3.041,67	1.520,83	6,49	0,01*	
Erro	26	6.091,67	234,29			
Total corrigido	31	21.487,50				

Em que: FV= fonte de variação; GL= graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM= quadrado médio; Fc= Valor de F calculado; Pr = probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade; NS= não significativo.

Melo et al. (2013) e Silva et al. (2013) destacaram que a madeira de paricá caracteriza-se por apresentar baixos teores de extrativos (entre 4,9 e 5,7%) e de massa específica básica (entre 0,27 e 0,43 g.cm⁻³), sendo esses semelhantes ao verificado no presente estudo.

Tabela 3. Comparação das médias de perda de massa e índice de deterioração das madeiras de cumaru, cedrinho e paricá submetidas aos ensaios de deterioração em floresta e campo aberto.

Table 3. Comparisons of the means of mass loss and decay index of cumaru, cedrinho e paricá woods exposed to field tests in forest canopy and outdoor.

Espécie	Índice de deterioração (%)	
	Floresta	Campo aberto
Cumaru	100 Aa	98,33 Aa
Cedrinho	100 Aa	96,67 Aa
Paricá	80 Aa	32,50 Bb
Espécie	Perda de massa (%)	
Cumaru	1,25 a	
Cedrinho	4,00 a	
Paricá	12,62 b	

Em que: Médias seguidas na vertical e na horizontal por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Por sua vez, a madeira de cumaru apresentou a maior resistência natural, sendo esse resultado associado aos maiores teores de extrativos e de massa específica básica, semelhante ao verificado por Carneiro et al. (2009) e Stangerlin et al. (2013), os quais encontraram valores médios entre 9,2 e 9,7% e 0,93 e 0,94 g.cm⁻³, respectivamente.

Tabela 4. Valores médios da massa específica básica e dos extrativos das madeiras de cumaru, cedrinho e paricá.

Table 4. Average values of the density and the extractives content of cumaru, cedrinho and paricá woods.

Espécies	Massa específica básica (g/cm ³)	Extrativos (%)
Cumaru	0,76	9,2
Cedrinho	0,51	3,2
Paricá	0,27	5,3

Em relação à resistência natural da madeira de cedrinho, a qual não diferiu estatisticamente da madeira de cumaru, essa não pode ser associada somente aos teores de extrativos e de massa específica básica, mas também com a toxidez dos constituintes químicos (OLIVEIRA et al., 2005; PAES et al., 2007; STANGERLIN et al., 2013). A massa específica básica

obtida nesse estudo é similar à descrita por Carneiro et al. (2009), sendo essa de $0,51 \text{ g.cm}^{-3}$, entretanto difere do teor de extrativos encontrado pelos mesmos autores, no caso 1,7%.

De modo geral, os resultados de resistência natural das três espécies amazônicas estão de acordo com o verificado por outros autores, sendo as madeiras de cumaru e cedrinho classificadas como resistentes (CARDIAS, 1985; CARNEIRO et al., 2009; STANGERLIN et al., 2013), enquanto o paricá caracterizado como madeira não resistente (ICIMOTO et al., 2013).

Com relação ao ambiente de deterioração, as madeiras que estiveram em contato com solo de campo aberto apresentaram a menor resistência natural, de modo a corroborar com os resultados observados por Marcondes et al. (2013). Em ambiente de campo aberto, há uma maior incidência de radiação solar e com a ocorrência de precipitações pluviométricas sequenciais, a partir do mês de setembro na região Norte-Matogrossense, a madeira torna-se suscetível ao desenvolvimento de rachaduras, as quais são relacionadas às constantes alterações de umidade. As rachaduras favorecem o acúmulo de água na madeira, de modo a aumentar a umidade intrínseca (CASSIANO et al., 2013) e tornando-a mais suscetível ao ataque de organismos xilófagos (BRISCHKE; ROLF-KIEL, 2010). Outro ponto a ser discutido é o processo de intemperismo natural, o qual por meio da ação da radiação solar proporciona a oxidação da lignina e, posteriormente com a ação da chuva ocorre a lixiviação da mesma (FEIST; HON, 1984).

Ao analisar a Figura 1 pode-se observar que o módulo de elasticidade dinâmico não diferiu entre os estágios de deterioração (sadio, deteriorado em floresta e deteriorado em campo aberto) para as madeiras de cumaru e cedrinho, sendo esse resultado diretamente relacionado à alta resistência natural apresentada pelas duas espécies amazônicas. No entanto, para a madeira de paricá verifica-se que o módulo de

elasticidade dinâmico reduziu significativamente com a exposição aos ensaios de deterioração, em especial no ambiente de campo aberto.

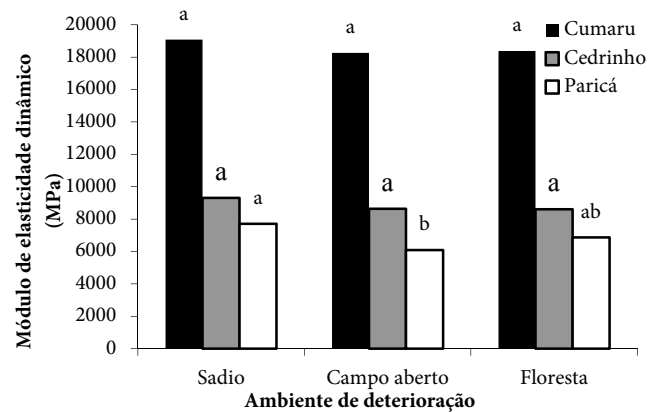
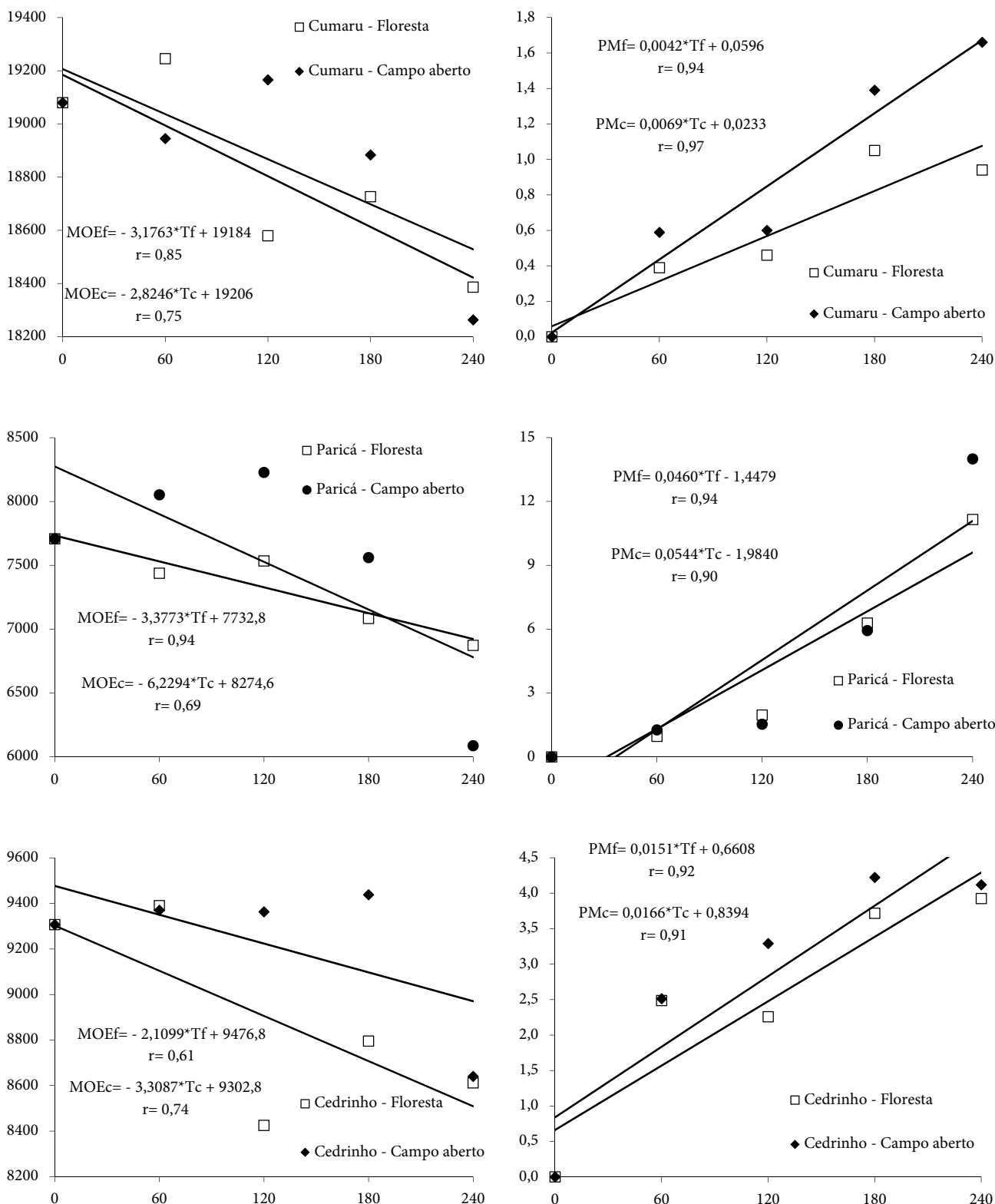


Figura 1. Comparação das médias de módulo de elasticidade dinâmico das madeiras de cumaru, cedrinho e paricá antes e após os ensaios de deterioração em floresta e campo aberto.

Figure 1. Comparison of the means of dynamic modulus of elasticity of cumaru, cedrinho and paricá woods before and after of field tests in forest canopy and outdoor.

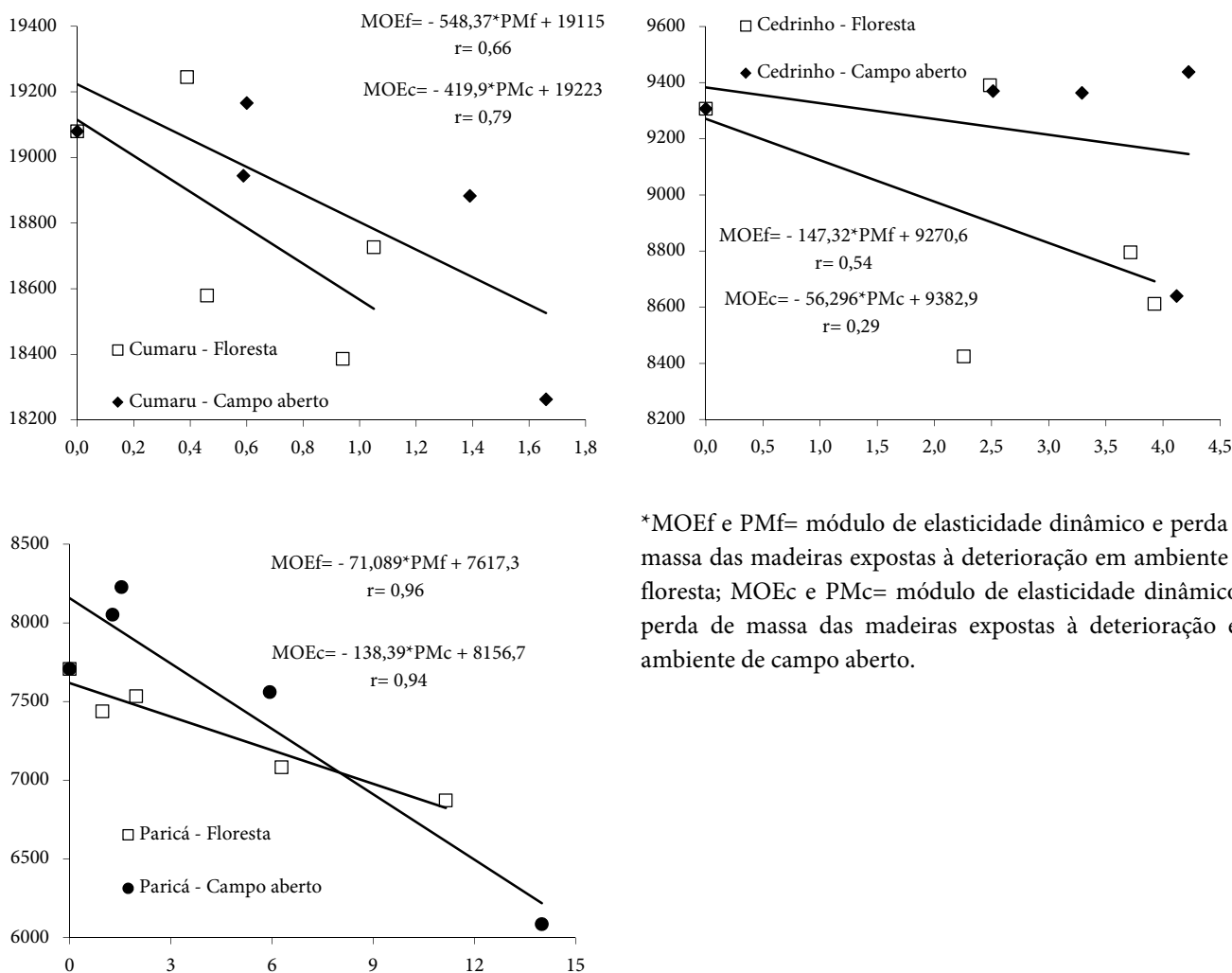
De acordo com Gatto et al. (2012), o ataque de agentes xilófagos à estrutura e ultraestrutura da madeira proporciona a descontinuidade do meio para a propagação das ondas de ultrassom. A madeira de paricá deteriorada nos dois ambientes foi menos resistente que a madeira sadia. Nessa situação, o tempo de propagação das ondas de ultrassom foi maior, o que se justifica pela existência de orifícios e zonas de amolecimento causados por insetos e fungos, respectivamente. A relação entre a velocidade de propagação das ondas de ultrassom e a elasticidade da madeira está na dependência que ambos tem da continuidade do meio (HALABE; REYNOLD, 1999; GONÇALEZ et al., 2001; BALLARIN; NOGUEIRA, 2003). Nesse sentido, o ensaio não destrutivo de ultrassom mostrou-se eficaz na caracterização da deterioração da madeira de paricá, de modo a corroborar com os resultados apresentados por outros autores (SCHNEID et al., 2011; GATTO et al., 2012; MATTOS et al., 2013).



*MOEf, PMf e Tf= módulo de elasticidade dinâmico, perda de massa e tempo de exposição à deterioração em ambiente de floresta; MOEc, PMc e Tc= módulo de elasticidade dinâmico, perda de massa e tempo de exposição à deterioração em ambiente de campo aberto.

Figura 2. Correlação simples entre as variáveis dependentes módulo de elasticidade dinâmico e perda de massa e a variável independente tempo de exposição aos ensaios de deterioração de campo.

Figure 2. Simple correlation between the dependent variables of dynamic modulus of elasticity and mass loss and the independent variable exposure time in field tests.



*MOEf e PMf= módulo de elasticidade dinâmico e perda de massa das madeiras expostas à deterioração em ambiente de floresta; MOEc e PMc= módulo de elasticidade dinâmico e perda de massa das madeiras expostas à deterioração em ambiente de campo aberto.

Figura 3. Correlação simples entre as variáveis módulo de elasticidade dinâmico e perda de massa.

Figure 3. Simple correlation between the variables of dynamic modulus of elasticity and mass loss.

Estatisticamente, não houve alteração do módulo de elasticidade dinâmico das madeiras deterioradas de cumaru e cedrinho em relação àquelas sadias. Deve-se destacar que caso o experimento de campo tivesse uma maior duração de tempo, pelo menos um ano, talvez fosse observada diferença estatística entre os valores.

Na Figura 2 pode-se observar que foram obtidas correlações satisfatórias entre a perda de massa e o módulo de elasticidade dinâmico com o tempo de exposição aos ensaios de deterioração. A perda de massa proporcionou melhores correlações em comparação ao módulo de elasticidade dinâmico, sendo esse resultado associado ao fato do último

ser uma propriedade dependente da velocidade de propagação das ondas e da massa específica, estando assim mais sujeito a variações durante a análise. Mattos et al. (2013) ao compararem a caracterização da resistência à deterioração de madeiras de eucalipto preservadas ou não, por meio do monitoramento da perda de massa e da alteração de velocidade das ondas de ultrassom, verificaram resultados similares.

Em relação às correlações entre o módulo de elasticidade dinâmico e a perda de massa, destaca-se que para as madeiras de cumaru e paricá os resultados podem ser considerados satisfatórios, enquanto que para o cedrinho um resultado

oposto foi observado, principalmente quando exposto ao ambiente de campo aberto (Figura 3). Conforme Mattos et al. (2013), a madeira exposta aos diferentes estágios de deterioração apresenta redução da compactação do material celulósico na parede celular, de modo a proporcionar tanto a redução da massa de madeira quanto da elasticidade da mesma.

Conclusões

A madeira de paricá apresentou a maior perda de massa e o menor índice de deterioração, indicando dessa maneira uma menor resistência natural. Com relação ao ambiente, as madeiras ensaiadas em campo aberto apresentaram uma maior deterioração. A técnica de propagação de ondas ultrassônicas se mostrou eficaz para caracterizar a resistência natural, em especial para a madeira de paricá.

Referências

ASHADUZZAMAN, M.; DAS, A.K.; KAYES, I.; SHAMS, M.I. Natural decay resistance of *Acacia auriculiformis* Cunn. ex. Benth and *Dalbergia sissoo* Roxb. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 46, n. 2, p. 225-230, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11941**: Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14853**: Madeira - Determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. 3p.

BRISCHKE, C.; ROLF-KIEL, H. Durability of European oak (*Quercus* spp.) in ground contact – A case study on fence posts in service. **Holz als Roh- und Werkstoff**, v. 68, n. 2, p. 129-137, 2010.

BRISCHKE, C.; WELZBACHER, C.R.; RAPP, A.O.; AUGUSTA, U.; BRANDT, K. Comparative studies on the in-ground and above-ground durability of European oak heartwood (*Quercus petraea* Liebl. and *Quercus robur* L.). **Holz als Roh- und Werkstoff**, v. 67, n. 3, p. 329-338, 2009.

CALEGARI, L.; GATTO, D.A.; STANGERLIN, D.M. Influence of moisture content, specific gravity and specimen geometry on the ultrasonic pulse velocity in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden wood. **Ciência da Madeira**, v. 2, n. 2, p. 64-74, 2011.

CARNEIRO, J.S.; EMMERT, L.; STERNADT, G.H.; MENDES, J.C.; ALMEIDA, G.F. Decay susceptibility of Amazon wood species from Brazil against white rot and brown rot decay fungi. **Holzforschung**, v. 63, n. 6, p. 767-772, 2009.

CARDIAS, M.F. **Durabilidade natural de algumas espécies de madeiras brasileiras**. Manaus: CPPF, 1985. 150p.

CASSIANO, C.; SOUZA, A.P.; STANGERLIN, D.M.; PAULINO, J.; MELO, R.R. Sazonalidade e estimativas da umidade de equilíbrio de madeiras amazônicas em Sinop, Estado do Mato Grosso. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 4, p. 457-468, 2013.

CORASSA, J.N.; CASTELO, P.A.R.; STANGERLIN, D.M.; MAGISTRALI, I.C. Durabilidade natural da madeira de quatro espécies florestais em ensaios de deterioração em campo. **Ciência da Madeira**, v. 4, n. 1, p. 108-117, 2013.

COSTA, A.F.; VALE, A.T.; GONZALEZ, J.C.; SOUZA, F.D.M. Durabilidade de madeiras tratadas e não tratadas em campo de apodrecimento. **Floresta e Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 7-14, 2005.

EATON, R.A.; HALE, M.D.C. **Wood: decay, pests and protection**. Londres: Chapman & Hall, 1993. 546p.

GATTO, D.A.; GONÇALVES, M.R.F.; MATTOS, B.D.; CALEGARI, L.; STANGERLIN, D.M. Estimativa da deterioração da madeira de assoalho de prédio histórico por meio de ondas ultrassônicas. **Cerne**, v. 18, n. 4, p. 651-656, 2012.

GONÇALEZ, J.C.; VALLE, A.T.; COSTA, A.F. Estimativas das constantes elásticas da madeira por meio de ondas ultrassônicas (ultra-som). **Cerne**, v. 7, n. 2, p. 81-92, 2001.

HALABE, U.B.; REYNOLD, F. Detection of flaws in structural members using spectral analysis of ultrasonic signals. **Non-Destructive Testing**, v. 15, n. 3/4, p. 215-236, 1999.

- FEIST, W.C.; HON, D.N.S. Chemistry of weathering and protection. In: ROWELL, R.M. **The chemistry of solid wood**. Washington: Am. Chem. Soc, 1984. 614 p.
- ICIMOTO, F.H.; FERRO, F.S.; VARANDA, L.D.; SOUZA, A.M.; ALMEIDA, D.H.; CHRISTOFORO, A.L.; LAHR, F.A.R. Physical and mechanical properties of paricá wood species treated with CCB preservative. **International Journal of Materials Engineering**, v. 3, n.4, p. 82-86, 2013.
- JESUS, M.A.; MORAIS, J.W.; ABREU, R.L.S. Durabilidade natural de 46 espécies de madeira amazônica em contato com o solo em ambiente florestal. **Scientia Forestalis**, n.54, p. 81-92, 1998.
- LEPAGE, E.S. Método sugerido pela IUFRO para ensaios de campo com estacas de madeira. **Preservação de Madeiras**, v. 1, n.4, p. 205-216, 1970.
- MARCONDES, E.; RIBEIRO, M.A.; STANGERLIN, D.M.; SOUZA, A.P.; MELO, R.R.; GATTO, D.A. Resistência natural da madeira de duas espécies amazônicas em ensaios de deterioração de campo. **Scientia Plena**, v. 9, n.6, p. 1-9, 2013.
- MATTOS, B.D.; GATTO, D.A.; CADEMARTORI, P.H.G.; STANGERLIN, D.M.; BELTRAME, R. Durabilidade a campo da madeira de três espécies de *Eucalyptus* tratadas por imersão simples. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n.4, p. 648-655, 2013.
- MELO, R.R.; DEL MENEZZI, C.H.S.; SOUZA, M.R.; STANGERLIN, D.M. Avaliação das propriedades físicas, químicas, mecânicas e de superfície de lâminas de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke). **Floresta e Ambiente**, v. 20, n.2, p. 238-249, 2013.
- MELO, R.R.; STANGERLIN, D.M.; SANTINI, E.J.; HASELEIN, C.R.; GATTO, D.A.; SUSIN, F. Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais em ensaios de campo. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, p. 357-365, 2010.
- MENDES, A.S.; ALVES, M.V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: IBDF/LPF, 1988. 57 p.
- OLIVEIRA, J.T.S.; SOUZA, L.C.; DELLA LUCIA, R.M.; SOUZA JÚNIOR, W.P. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 819-826, 2005.
- PAES, J.B.; MELO, R.R.; LIMA, C.R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 160-169, 2007.
- PAES, J.B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C.R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 275-282, 2004.
- SCHNEID, E.; GATTO, D.A.; CADEMARTORI, P.H.G.; HAMM, L.G.; STANGERLIN, D.M. Avaliação não destrutiva de postes de madeira utilizados na rede elétrica da região metropolitana de Porto Alegre. **Ciência da Madeira**, v. 2, n. 1, p. 43-52, 2011.
- SILVA, J.J.N.; CARDOSO, G.V.; JUNIOR, F.G.S.; STANGERLIN, D.M. Caracterização tecnológica da madeira de *Schizolobium amazonicum* para produção de celulose Kraft. **Ciência da Madeira**, v. 4, n. 1, p. 33-45, 2013.
- STANGERLIN, D.M.; GATTO, D.A.; MELO, R.R.; CALEGARI, L.; VIVIAN, M.A.; CASTELO, P.A.R.; BELTRAME, R. Uso do ultrassom para estimativa das propriedades mecânicas da madeira de *Peltophorum dubium*. **Ciência da Madeira**, v. 1, n. 2, p. 44-53, 2010.
- STANGERLIN, D.M.; MELO, R.R.; GARLET, A.; GATTO, D.A. Durabilidade natural de painéis aglomerados confeccionados com *Eucalyptus grandis* e *Bambusa vulgaris* em ensaio de apodrecimento acelerado. **Ciência Rural**, v. 41, n. 8, p. 1369-1374, 2011.
- STANGERLIN, D.M.; COSTA, A.F.; GARLET, A.; PASTORE, T.C.M. Resistência natural da madeira de três espécies amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Ciência da Madeira**, v. 4, n. 1, p. 15-32, 2013.
- SUPRAPTI, S. Decay resistance of 84 Indonesian wood species against fungi. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 22, n. 1, p. 81-87, 2010.
- TREVISAN, H.; TIEPPO, F.M.M.; CARVALHO, A.G. Degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes. **Floresta**, v. 38, n. 1, p. 33-41, 2008.