

# RESISTÊNCIA NATURAL DAS MADEIRAS DE CUMARU, CEDRINHO E PARICÁ SUBMETIDAS A ENSAIOS DE DETERIORAÇÃO DE CAMPO

Aline Pilocelli<sup>1</sup>, Marcio Smiderle<sup>2</sup>, Diego Martins Stangerlin<sup>3</sup>

**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 WOOD IN FIELD TESTS

**Abstract:** This study aimed to evaluate natural resistance of three Amazonian woods in deterioration tests in two environments, open field and forest. For this purpose were taken samples of *Dipteryx odorata* (cumaru), *Erismia uncinnatum* (cedrinho) and *Schizolobium amazonicum* (paricá) with dimensions of 2 x 2 x 20 cm, the largest of these in axial direction. During eight months, samples were periodically weighed and evaluated by a criterion of notes, to determine the percentage of mass loss and decay index, respectively. In addition, samples were subjected to ultrasonic nondestructive testing, from which was determined the dynamic modulus of elasticity during the different stages of decay. Paricá wood had the

1. Engenheira Florestal, Pós-graduanda em Gestão do Agronegócio, FASIPE – Faculdade de Sinop, CEP 78550-000, Sinop (MT). aline\_pilocelli@hotmail.com

2. Administrador, Pós-graduando em Gestão do Agronegócio, FASIPE – Faculdade de Sinop, CEP 78550-000, Sinop (MT). marciosmiderle@hotmail.com

3. Engenheiro Florestal, Dr. Professor Adjunto I do Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso, CEP 78550-000, Sinop (MT). diego\_stangerlin@yahoo.com.br

lowest natural resistance, considering the percentage of mass loss and decay index. The woods tested in the open field had the greatest deterioration. The technique of propagation of ultrasound waves was effective for characterizing the natural resistance, especially for paricá wood.

**Keywords:** Biodeterioration; wood quality; mass loss; propagation of ultrasound waves.

## 1 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 xilófagos e térmitas. Dessa forma, o conhecimento da resistência natural da madeira é determinante para sua utilização principalmente em países tropicais, como no caso do Brasil (MENDES; ALVES 1988). Além disso, é de fundamental importância para que seja possível recomendar um emprego mais adequado, evitar gastos desnecessários com a reposição de peças deterioradas e reduzir os impactos sobre os florestais remanescentes (PAES et al., 2004).

Existem vários fatores que podem influenciar na variação da resistência natural na madeira, como por exemplo, a idade do indivíduo, taxa de crescimento, a posição da amostra ao longo do tronco e do diâmetro (topo ou base, cerne ou alburno) e a quantidade de extrativos e tipo de grupo funcional presentes (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) mencionam 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) destacam que o emprego de outros parâmetros como a perda de massa e a resistência mecânica favorecem uma melhor caracterização.

O emprego de técnicas não destrutivas, como o caso da aplicação de ondas ultrassom, para caracterização da qualidade da madeira tem apresentado resultados eficientes, de modo a possibilitar a avaliação da integridade estrutural de uma peça de madeira em estágio de deterioração sem a necessidade de sua retirada para confecção de corpos de prova (GATTO et al., 2012).

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.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 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), *Erisma uncinatum* Warm. (cedrinho) e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (paricá), sendo essas submetidas ao desdobro, por meio de cortes tangenciais, de modo a obterem-se tábuas centrais orientadas e livres da presença de defeitos pronunciados, com as dimensões nominais de 2,5 x 20 x 400 cm, espessura, largura e comprimento, respectivamente.

Após secagem ao ar livre, até o teor de umidade de equilíbrio de 15%, as tábuas foram aplainadas com auxílio de desengrossadeira e desempenadeira, e seccionadas em serra circular de mesa para obtenção de 36 corpos de prova, de cada espécie, 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 de circulação forçada de ar a 100°C, até atingirem massa e volume constante, sendo esses parâmetro 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 seriam utilizados para os ensaios de deterioração de campo, foram realizadas análises em triplicata 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 (2003).

## **2.2 Ensaios 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 e outra de floresta nativa, ambas localizadas nas dependências da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop.

Em cada ambiente de deterioração, os corpos de prova foram distribuídos em três blocos casualizados, contendo em cada um seis linhas, nesses foram 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.

## **2.3 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).

Na sequência, os corpos de prova foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 100°C, até obtenção de massa e volume constante, com base na relação entre as diferenças de massa, antes e após a deterioração foi determinada a perda de massa das madeiras (Equação 1).

**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 (%).

$$PM = \frac{Mi - Mf}{Mi} * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

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

#### 2.4 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 ( $\mu$ s).

Os transdutores foram posicionados nas extremidades dos corpos de prova, considerando o sentido axial, sendo realizadas duas leituras do tempo de propagação das ondas. A partir da razão entre a média do tempo de propagação das ondas e a distância percorrida (comprimento de cada corpo de prova) calculou-se a velocidade de propagação das ondas, sendo esse último multiplicado pela massa específica da madeira na condição anidra para obtenção do módulo de elasticidade dinâmico.

#### 2.5 Análise estatística

Para a análise dos resultados empregou-se o delineamento em blocos casualizados com arranjo fatorial, dos seguintes fatores: espécie amazônica (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 simples 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.

### 3 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.

**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 index decay of cumaru, cedrinho and paricá wood subjected to the deterioration tests in forest and open field.

FV	Perda de massa (%)				
	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Ambiente	1	8,00	8,00	0,83	0,37 <sup>NS</sup>
Espécie	2	645,37	322,69	33,30	0,01*
Ambiente x Espécie	2	8,21	4,10	0,42	0,66 <sup>NS</sup>
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.

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). 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<sup>-3</sup>), sendo esses semelhantes ao verificado no presente estudo.

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<sup>-3</sup>, respectivamente.

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). Os valores de massa específica básica e de teor de extrativos são similares aos descritos por Carneiro et al. (2009), sendo esses de  $0,51 \text{ g.cm}^{-3}$  e de 1,7%, respectivamente.

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 (VIDAURRE, 2010).

**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 wood subjected to the deterioration tests in forest and open field.

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 ( $p > 0,05$ ).

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

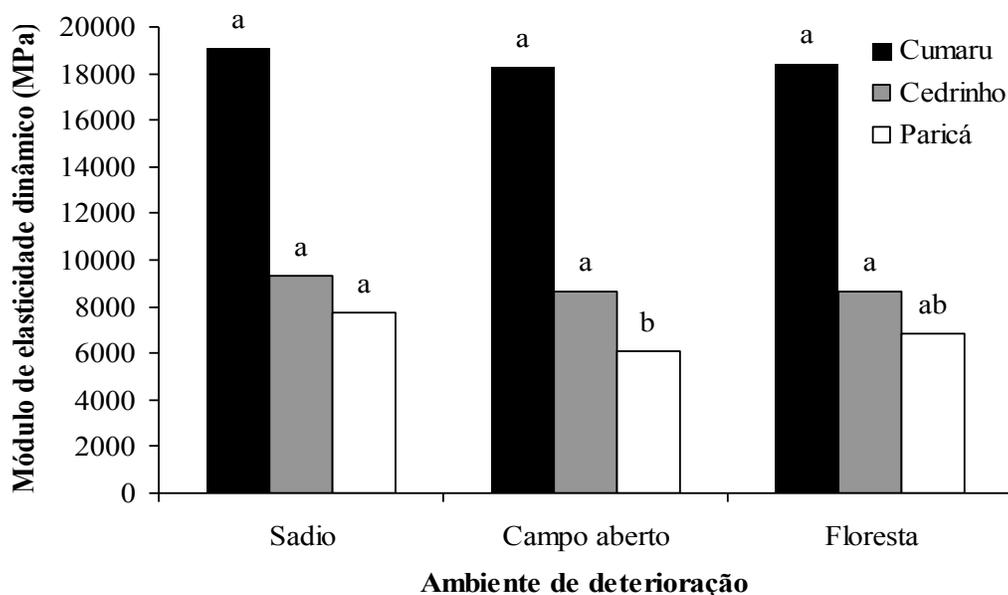
**Table 4.** Mean values of the density and extractives of cumaru, cedrinho and paricá wood.

Espécies	Massa específica básica ( $\text{g/cm}^3$ )	Extrativos (%)
Cumaru	0,76	9,2
Cedrinho	0,51	3,2
Paricá	0,27	5,3

Com relação ao ambiente de deterioração, as madeiras que estiveram em contato com solo de campo aberto apresentaram menor resistência natural, de modo a corroborar com os resultados observados por Marcondes et al. (2013) e Ribeiro et al. (2014). 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).

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

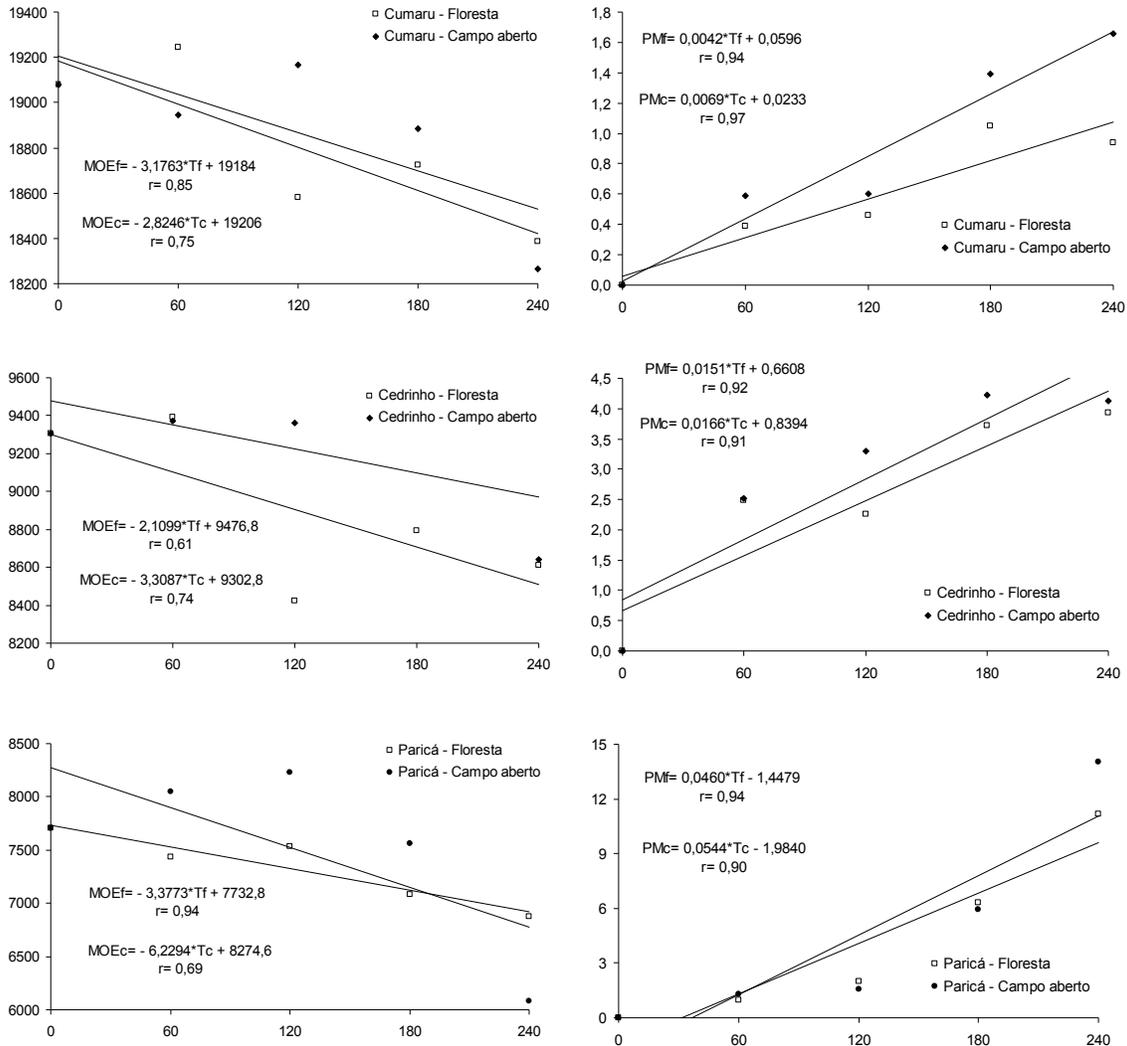


\*Dentro de cada espécie, as médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

**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 wood before and after the deterioration tests in forest and open field.

De acordo com Gatto et al. (2012) o ataque de agentes xilófagos à estrutura e ultra-estrutura da madeira proporciona a descontinuidade do meio para a propagação das ondas de ultrassom. A madeira de paricá deteriorada nos dois ambientes é menos resistente que a madeira sadia, nessa situação o tempo de propagação das ondas de ultrassom é 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).



\*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.

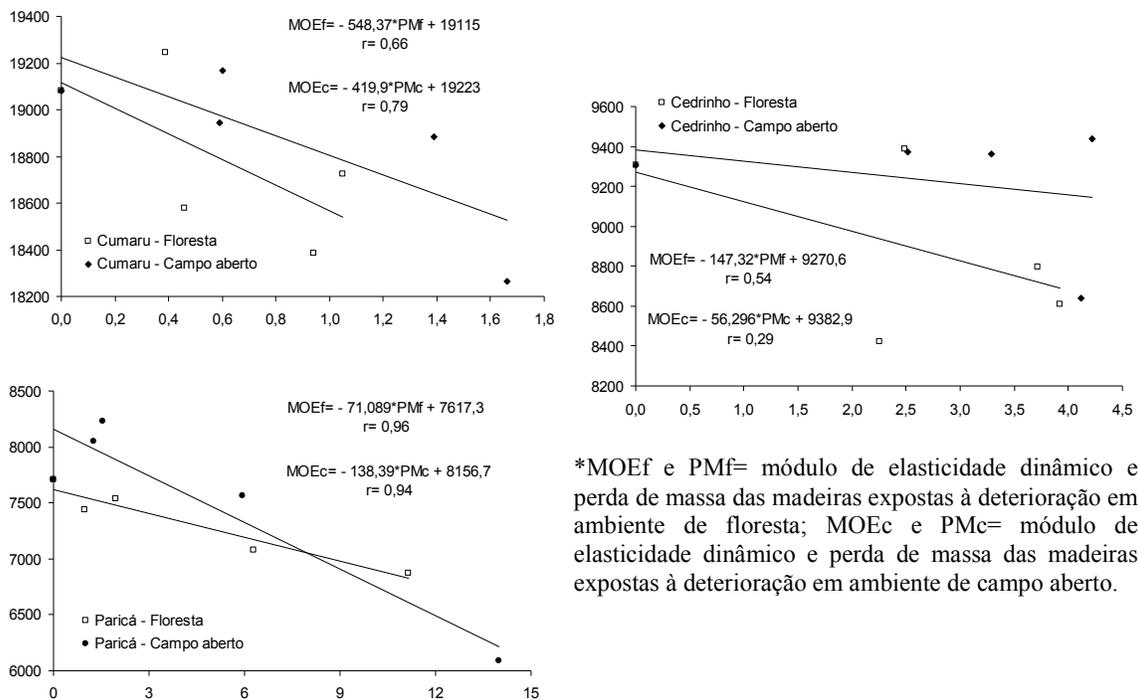
**Figura 2.** Correlação simples entre as variáveis dependentes módulo de elasticidade dinâmico e perda de massa e a variável independente tempo de exposição aos ensaios de deterioração de campo.

**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.

Deve-se destacar que apesar de estatisticamente não haver alteração do módulo de elasticidade dinâmico das madeiras deterioradas de cumaru e cedrinho em relação àquelas sadias, pode-se constatar a tendência de decréscimo dessa propriedade. Nesse sentido, o

ensaio não destrutivo de ultrassom mostrou-se eficaz na caracterização da deterioração da madeira, de modo a corroborar com os resultados apresentados por outros autores (SCHNEID et al., 2011; GATTO et al., 2012; MATTOS et al., 2013).

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.



**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.

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 para o cedrinho 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.

#### 4 CONCLUSÕES

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 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.

#### 5 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.
- 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, N.J.; 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.; GONÇALVEZ, 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 ultra-sonoras (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.

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. **Agrária**, 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.

RIBEIRO, M.A. **Influência dos fatores ambientais na durabilidade natural da madeira de *Cariniana Micrantha ducke* em ensaios de campo**. 2011. 46 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2011.

SANTANA, M.A.E.; OKINO, E.Y.A. Chemical composition of 36 Brazilian Amazon forest wood species. **Holzforschung**, v.61, n.5, p.469-477, 2007.

SCHNEID, E.; GATTO, D.A.; CADEMARTORI, P.H.G.; HAMM, L.G. 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.; 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**, Santa Maria, 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.; CARVALHO, A. G. Degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes. **Floresta**, v.38, n.1, p.33-41, 2008.

VIDAURRE, G.B. **Caracterização anatômica, química e físico-mecânica da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum*) para produção de energia e polpa celulósica**. 2010. 74f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010.