

Resistência natural e alteração da cor da madeira de *Machaerium scleroxylon* Tul. submetida ao ataque de fungos apodrecedoresNatural resistance and colour alteration of wood *Machaerium scleroxylon* Tul. Subjected to Wood-destroying fungiFrederico de Souza¹, Ricardo Faustino Teles², Patrícia Gomes Ribeiro³, Aldelene Martins Camargos⁴ e Cláudio Henrique Soares Del Menezzi⁵**Resumo**

A madeira de jacarandá caviúna (*Machaerium scleroxylon* Tul.) possui características favoráveis para a confecção de móveis de qualidade e peças torneadas, embora seja utilizada para o carvoejamento. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo, determinar a resistência natural e alteração na cor da madeira de jacarandá caviúna após exposição a fungos de podridão branca, *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fries) Pilát e fungos de podridão parda, *Gloeophyllum trabeum* (Persson ex Fries), segundo a norma ASTM D2017/05 (ASTM, 2005). De três toretes do lenho com aproximadamente 1,0 m de comprimento e diâmetro médio de 25,0 cm foram confeccionados 24 corpos-de-prova com dimensões de 25 mm x 25 mm x 9 mm de largura, comprimento e espessura, respectivamente. Determinaram-se os parâmetros colorimétricos: claridade, pigmentos vermelhos, pigmentos amarelos, cromaticidade e ângulo de tinta, pelo espectrofotômetro *Data Color International Microflash* (200) antes e após a biodeterioração por 12 semanas. Observou-se que a perda de massa não foi significativa (2,97 % para fungos de podridão branca e 2,06 % para fungos de podridão parda), classificando a espécie, como de elevada resistência natural ao ataque de fungos apodrecedores. Houve alteração dos parâmetros colorimétricos após a biodeterioração, mas de acordo com o sistema CIE-L*a*b*, o padrão de cor foi mantido, devido às faixas de variação toleráveis para cada parâmetro. Por outro lado, visualmente observaram-se mudanças na cor, classificando-as como apreciáveis ($3 < \Delta E^* < 6$) para ambas as podridões.

Palavras-Chave: Jacarandá caviúna, Durabilidade Natural, Podridão Branca, Podridão Parda.

Abstract

The wood of jacaranda caviuna species (*Machaerium scleroxylon* Tul.) has mechanical and colorimetric properties suitable for manufacturing high quality furniture and wood-turned objects, even though it is even used for charcoal. The present study aimed to evaluate the natural resistance and color modification of jacaranda caviuna wood after white- and brown-rotting (*Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fries) Pilát e *Gloeophyllum trabeum* (Persson ex Fries) according to ASTM D 2017. Three logs measuring 1000 mm of length and 250 mm of diameter were collected. Twenty four samples (CP) were produced with 25 mm x 25 mm x 9 mm (length x width x thickness, respectively). The colorimetric parameters L*, a*, b*, C and h* (clarity, red pigments, yellow pigments, chromaticity and ink angle, respectively) were determined by a *Data Color International Microflash* (200) spectrophotometer before and after the bio-deterioration. A low weight loss (2.97% for white-rot and 2.06% for brown-rot), with high natural resistance was observed. There was a change in the colorimetric parameters after biodegradation, but according to CIE-L*a*b*, the color pattern was maintained due to the tolerable variation ranges for each parameter. Moreover, visually changes in the color of the wood were observed, classifying it as sensitive ($3 < \Delta E^* < 6$) for both rots.

Keywords: Jacaranda-caviuna, natural durability, white rot decay, brown rot decay.

¹Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico M.Sc., Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – IFB, Campus Samambaia – 72.325-006 – Brasília, DF – E-mail: frederico.souza@ifb.edu.br

²Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico M.Sc., Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – IFB, Campus Samambaia – 72.325-006 – Brasília, DF – E-mail: ricardo.teles@ifb.edu.br

³Doutoranda em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. Campus Universitário Darcy Ribeiro – 70919-970 – Brasília, DF – patriciagomesribeiro@hotmail.com

⁴Acadêmica de Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias - ICA, Faculdades Integradas de Mineiros - FIMES - 75830-000 – Mineiros, GO - E-mail: aldeleneflorestal@hotmail.com

⁵Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. Campus Universitário Darcy Ribeiro - 70919-970 – Brasília, DF - E-mail: cmenezzi@unb.br

INTRODUÇÃO

A espécie *Machaerium scleroxylon* Tul., popularmente, conhecida por jacarandá caviúna, jacarandá da caatinga, violeta ou cabiúna vermelha (RIZZINI, 1977; IPT, 1989; JANKOWSKY *et al.*, 1990), é uma espécie arbórea, representante da família Fabaceae Lindl. (Leguminosae – Papilionidae) e apresenta ocorrência natural nos estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo e Paraná (IPT, 1989; JANKOWSKY *et al.*, 1990; MENDONÇA *et al.*, 1998; MENDONÇA-FILHO *et al.*, 2007). No Piauí, esta espécie é muito comum nas regiões com Matas de Transição Cerrado-Caatinga (MENDONÇA *et al.*, 1998).

A madeira de jacarandá caviúna apresenta alburno de coloração amarelada e nitidamente distinto do cerne, o qual apresenta coloração que varia do bege ou do pardo acastanhado ao vermelho chocolate e ao pardo violáceo, freqüentemente com listras paralelas mais escuras (ROQUE *et al.*, 2007).

A madeira desta espécie apresenta a superfície lisa ao tato, textura fina e uniforme, grã direita ou irregular. A madeira de jacarandá caviúna pode ser utilizada em marchetaria, peças torneadas, molduras e objetos de adorno, pois apresenta coloração forte e atrativa, não apresenta zonas de crescimento e os poros geralmente são pequenos e obstruídos por óleos resinas, tornando a madeira compacta, porém fácil de ser trabalhada, permitindo bom acabamento. Para o mobiliário de alta qualidade, a obtenção de lâminas faqueadas são bastante decorativas (RIZZINI, 1977; IPT, 1989; JANKOWSKY *et al.*, 1990).

Para Bernardi (1984) citado por Mendonça *et al.* (1998) esta madeira possui grande utilização na construção civil para lambris e painéis, pois apresenta densidade aparente (12%) entre 0,85 e 0,95 g/cm³ e elevada resistência mecânica (ROQUE *et al.*, 2007). Para moirões e outras finalidades em contato com o solo é bastante valorizada, pois apresenta alta resistência natural e os vasos são obstruídos por tilos e óleo resinas (IPT, 1989), o que aumenta a resistência natural aos organismos xilófagos.

Segundo Morais e Costa (2007), um dos fatores que definem a utilização da madeira é a sua susceptibilidade a organismos xilófagos. Desta forma, são preferenciais as madeiras que apresentam maior resistência natural, sem a necessidade de utilização de tratamentos preservativos. Vários estudos estão sendo realizados buscando identificar madeiras com elevada resistência na-

tural (PAES *et al.*, 2002, 2005 e 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2005; ALVES *et al.*, 2006).

Oliveira *et al.* (2005) investigaram a resistência natural da madeira de jacarandá-caviúna na forma de serragem classificada frente ao ataque do fungo de podridão parda (*Gloeophyllum trabeum*), considerando-a altamente resistente, estes resultados corroboraram com os observados por IPT (1989).

Uma das limitações para novas utilizações de espécies madeireiras é a falta de dados sobre suas propriedades tecnológicas e assim, dos seus possíveis usos comerciais e industriais. Uma das possibilidades para a classificação de madeiras é a determinação de sua cor. Porém, esta classificação pode ser extremamente subjetiva ou pouco perceptível conforme relatado por Alves *et al.* (2006).

Por este motivo, a colorimetria quantitativa se utiliza de coordenadas cromáticas para a determinação da cor e tonalidade, podendo ser aplicada para separar lotes de madeiras por tons e padrões, agregando valor ao produto final. As características mais comumente avaliadas são: luminosidade ou claridade (L), saturação ou cromaticidade (C) e a tonalidade ou matiz (coordenadas cromáticas a*, b* e h*; quantidade de pigmentos vermelhos, amarelos e ângulo de tinta, respectivamente) (GONÇALEZ *et al.*, 2001).

Segundo Mori *et al.* (2004), a colorimetria quantitativa tem se tornando uma forma de classificar e caracterizar a madeira, baseando-se no sistema CIELAB 1976 (*Comission International de L'Eclairage* ou Comissão Internacional de Iluminantes).

Neste contexto, este estudo teve por objetivo, avaliar os padrões da alteração da cor e a resistência natural da madeira de *Machaerium scleroxylon* Tul. após a exposição a fungos de podridão branca, *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fries) Pilát, e fungos de podridão parda, *Gloeophyllum trabeum* (Persson ex Fries).

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do Material

A madeira da espécie *Machaerium scleroxylon* Tul. (jacarandá caviúna) foi obtida em vegetação nativa da região de ecótono Cerrado-Caatinga por meio de uma empresa particular de carvoejamento, situada no município de Curimatá-PI.

Da pilha de toretes destinadas ao carvoejamento foram coletados três exemplares com dimensões de 1 metro de comprimento e diâmetro médio de 25 cm. Da porção média destes toretes, uma seção de 300 mm de comprimento

foi retirada e esta desdobrada em seções de 25 mm x 25 mm (largura x espessura). As amostras obtidas foram posteriormente identificadas macroscopicamente por meio da comparação com as amostras da Xiloteca (*Index Xylarium FPBw*) do Laboratório de Produtos Florestais (LPF), vinculado ao Serviço Florestal Brasileiro (SFB).

De um total de 40 corpos de prova (CPs) confeccionados, 24 foram selecionados, por apresentarem integridade de dimensões, resultando assim em CPs com dimensões iguais a 25 mm x 25 mm x 9 mm de largura, comprimento e espessura, respectivamente. Por fim, os CPs selecionados permaneceram em câmara de climatização com temperatura e umidade controlada (temperatura de $20 \pm 3^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 1\%$), até atingirem massa constante e teor de umidade próximo à 12%.

Avaliação da Resistência Natural

O ensaio de biodeterioração frente ao ataque de fungos apodrecedores foi conduzido na Área de Biodegradação e Preservação da Madeira do LPF/SFB. Os parâmetros deste experimento foram determinados pela norma ASTM D 2017/05 (ASTM, 2005). Foram utilizados 12 CPs para o ensaio com fungo de podridão branca, *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fries) Pilát, e outros 12 CPs para o ensaio com fungo de podridão parda, *Gloeophyllum trabeum* (Persson ex Fries).

Foram utilizados CPs de madeiras das espécies de *Pinus* spp. e *Cecropia* spp. com o objetivo de promover o crescimento inicial dos fungos. Os inóculos de podridão branca e parda foram previamente preparados em meio líquido (malte e água destilada) e posteriormente depositados (1 ml) nos frascos de vidro autoclavados, que já continham a terra de subsolo (72 g), água deionizada (31 ml) e a placa suporte. Os frascos de vidros foram então mantidos em câmara incubadora com temperatura igual a 27°C e umidade de 75% por um período de 12 semanas.

A avaliação da resistência natural da madeira de jacarandá caviúna foi realizada a partir do cálculo da perda de massa (porcentagem da diferença entre a massa inicial e após a biodete-

rioração) e pelo quadro de classes de resistência (Tabela 1), determinado pela norma ASTM D 2017/05 (ASTM, 2005).

Determinação dos Parâmetros Colorimétricos

O ensaio de colorimetria foi realizado no LPF/SFB utilizando-se um Espectrofotômetro (Data Color International Microflash, model 200), com iluminante D65 e ângulo de 10° .

Foi feita uma primeira avaliação colorimétrica previamente à biodeterioração e outra após a exposição aos fungos apodrecedores por 12 semanas, sendo esta última realizada após a remoção dos micélios e novo período de climatização de duas semanas.

Para cada um dos 24 CPs da madeira de jacarandá caviúna, os parâmetros colorimétricos: claridade (L^*), tonalidade ou matiz (coordenadas cromáticas a^* - pigmentos vermelhos -, b^* - pigmentos amarelos - e h^* - ângulo de tinta), saturação ou cromaticidade (C); foram determinados a partir da média das cinco medições realizadas na seção transversal (Figura 1). O número de medições realizadas teve por fim obter os parâmetros colorimétricos de toda a superfície transversal do CP, visto que a abertura do equipamento correspondia a 1 cm^2 .

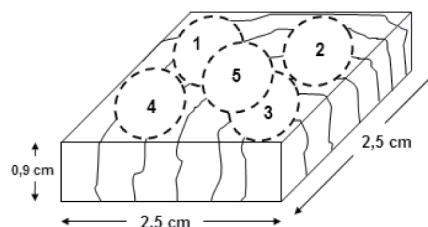


Figura 1. Distribuição das áreas de medições (1 a 5) no corpo de prova para o ensaio de colorimetria.

Figure 1. Schematic view of the sample showing the five points of color measurement.

Fez-se a quantificação da alteração total da cor (ΔE^*) (Equação 1).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})}$$

Onde:

ΔE^* = alteração total da cor;

Tabela 1. Classes de resistência à biodeterioração em função da perda de massa (%) dos corpos de prova, de acordo com a norma ASTM D 2017/05 (ASTM, 2005).

Table 1. Bio-deterioration resistance classes by samples weight loss (%), within ASTM D 2017/05 (ASTM, 2005).

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

ΔL^* = alteração da claridade: amostra biodeteriorada menos sadia; $L_b - L_s$;

Δa^* = alteração do pigmento vermelho: amostra biodeteriorada menos sadia; $a_b^* - a_s^*$

Δb^* = alteração do pigmento amarelo: amostra biodeteriorada menos sadia; $b_b^* - b_s^*$

Para a classificação da alteração da cor utilizou-se a tabela proposta por Hikita *et al.* (2001) citado por Barreto e Pastore (2009), baseando-se em níveis de percepção visual (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação da variação total da cor (ΔE^*) de madeiras (HIKITA *et al.*, 2001 citado por BARRETO & PASTORE, 2009).

Table 2. Classification of total color variation (ΔE^*) of woods. Source: HIKITA *et al.* (2001) cited by BARRETO & PASTORE (2009).

Alteração total da cor (ΔE^*)	Classificação
0,0 – 0,5	Desprezível
0,5 – 1,5	Ligeiramente perceptível
1,5 – 3,0	Notável
3,0 – 6,0	Apreciável
6,0 – 12,0	Muito apreciável

Análise Estatística

Inicialmente, foi realizada uma análise de outlier para todas as variáveis estudadas (perda de massa e parâmetros colorimétricos). Em seguida fez-se uma análise de variância (ANOVA) para avaliar o efeito do ataque dos fungos sob essas variáveis.

Para avaliar o efeito da biodeterioração sobre os parâmetros colorimétricos, um teste de Dunnett foi realizado, comparando-se par a par a madeira sadia e as amostras expostas aos fungos apodrecedores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra os resultados obtidos para perda de massa (%) da madeira de jacarandá caviúna causada por fungos de podridão branca e parda.

Foi observado que a madeira desta espécie apresentou elevada resistência natural, devido à baixa perda de massa (%) para ambos os tipos de podridões, sendo classificada como altamente resistente (ASTM, 2005). Verificou-se também que, apesar de uma ligeira superioridade na perda de massa causada pelo fungo de podridão branca, os valores não diferem entre si, estatisticamente (Tabela 3).

Alves *et al.* (2006) verificaram que a resistência natural da madeira está condicionada às vias de acesso para fungos e à composição química

das madeiras. Desta forma, a mobilidade das hifas pela estrutura anatômica foi prejudicada, pois os vasos da madeira de jacarandá caviúna apresentam-se obstruídos por tilos e óleo resinas (IPT, 1989), o que dificultou o desenvolvimento dos fungos, resultando em baixas perdas de massa quando expostos aos fungos apodrecedores.

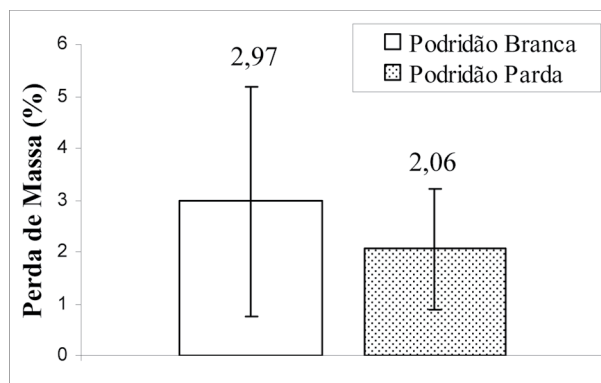


Figura 2. Perda de massa (%) na madeira de jacarandá caviúna (*Machaerium scleroxylon*) após ataque de fungos de podridão branca (*Trametes versicolor*) e parda (*Gloeophyllum trabeum*).

Figure 2. Weight loss (%) of jacaranda caviuna (*Machaerium scleroxylon*) wood after biodeterioration caused by brown-rot (*Gloeophyllum trabeum*) and white-rot (*Trametes versicolor*).

Tabela 3. Análise de variância para os parâmetros da perda de massa.

Table 3. Variance analysis for weight loss.

Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	F	Sig.
Fungos	22	68,443	3,111	1,600	0,219
Resíduo	1	4,978	4,978		
Total	23	73,421			

Onde: FV – Fonte de Variação; GL – Graus de Liberdade; SQ – Soma de Quadrados; QM – Quadrado Médio.

A resistência natural da madeira à biodeterioração está intimamente ligada à composição química dos extrativos e às suas concentrações (ALVES *et al.*, 2006). Para Oliveira *et al.* (1986), a resistência à deterioração pode ser atribuída em grande parte à presença de taninos e outras substâncias fenólicas complexas, presentes às madeiras e que são tóxicas a determinados fungos xilófagos.

Oliveira *et al.* (2005) verificaram a influência dos extrativos na perda de massa causada pelo fungo de podridão parda (*Gloeophyllum trabeum*) na madeira de jacarandá-caviúna (*Machaerium scleroxylon* Tul.) em forma de serragem e observaram que na serragem sem qualquer extração, a perda de massa foi de 0,58 % e após a extração total foi de 36,68 %. Os valores mais expressivos de perda de massa ocorreram após a extração com etanol/tolueno, metanol e diclorometano,

cujos valores foram 21,71; 33,01 e 12,26%, respectivamente. Esses solventes orgânicos são os principais responsáveis na remoção de resinas, ceras, ácidos graxos, ésteres, materiais corantes e fenólicos (BROWNING, 1967), sendo esta última, conhecidamente tóxica aos xilófagos.

Com relação à alteração da cor, a comparação dos parâmetros colorimétricos da madeira sadia com os valores após a biodeterioração (exposição aos fungos de podridão branca e parda) pode ser visualizada na Figura 3.

Foi verificado que, de uma forma geral, os parâmetros colorimétricos foram alterados pelo ataque de fungos apodrecedores, resultando em uma diferença estatisticamente significativa ($\alpha = 0,05$), quando comparados aos valores da madeira sadia (Tabela 4), com exceção da clarida-

de (L^*) após a exposição ao fungo de podridão branca e a cromaticidade (C) após a exposição ao fungo de podridão parda.

Foi observada a redução da claridade (L^*) para as amostras expostas aos fungos de podridão parda, que apresentaram tendência a escurecimento superficial. Desta forma, este parâmetro colorimétrico foi reduzido em 13,25% para os CPs expostos aos fungos de podridão parda, pela degradação da celulose e hemicelulose (MARTÍNEZ *et al.*, 2005). Enquanto, para as amostras expostas aos fungos de podridão branca, foi observada uma redução de 0,33%. Verificou-se que a podridão branca tornou a superfície da madeira mais clara ou esbranquiçada (OLIVEIRA *et al.*, 1986; MENDES e ALVES, 1988; RICHARDSON, 1993; DINWOODIE,

Tabela 4. Análise de variância para os parâmetros colorimétricos, antes e após o ataque dos fungos apodrecedores.
Table 4. Variance analysis for colorimetric parameters, before and after wood destroying fungus.

Variável Dependente	Fungo (I)	Testemunha (J)	Diferença de médias (I-J)	Erro Padrão	Significância
L^*	PB	Sadia	-0,117	0,382	$9,4 \times 10^{-2}$
	PP	Sadia	-3,835*	0,429	$4,0 \times 10^{-08}$
a^*	PB	Sadia	-1,159*	0,168	$4,3 \times 10^{-08}$
	PP	Sadia	-0,879*	0,168	$4,2 \times 10^{-06}$
b^*	PB	Sadia	6,560*	0,273	$3,9 \times 10^{-08}$
	PP	Sadia	1,119*	0,264	$1,6 \times 10^{-04}$
C	PB	Sadia	3,191*	0,347	$2,6 \times 10^{-08}$
	PP	Sadia	-0,345	0,347	$5,3 \times 10^{-01}$
h^*	PB	Sadia	46,628*	1,0911	$2,8 \times 10^{-08}$
	PP	Sadia	14,471*	1,0546	$2,8 \times 10^{-08}$

Onde: (*) Difere estatisticamente pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade. L^* , a^* , b^* , C e h^* representam: luminosidade, pigmentos vermelhos, pigmentos amarelos, cromaticidade e ângulo de tinta, respectivamente. PB (podridão branca – *Trametes versicolor*) e PP (podridão parda – *Gloeophyllum trabeum*).

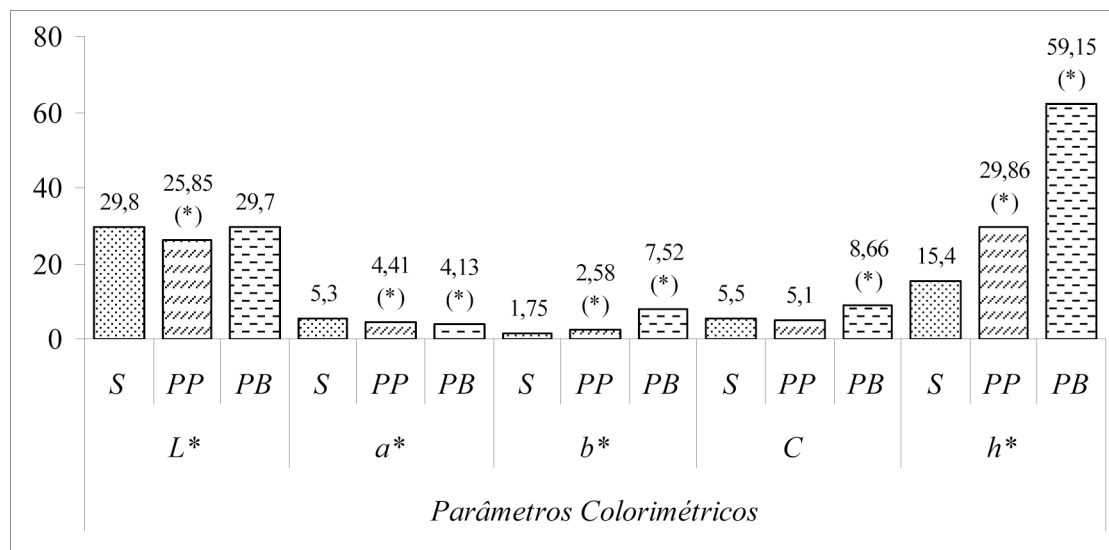


Figura 3. Parâmetros colorimétricos determinados para madeira sadia (S) de jacarandá caviúna (*Machaerium scleroxylon*) e após ataque de fungos de podridão branca (*Trametes versicolor*) (PB) e parda (*Gloeophyllum trabeum*) (PP). Onde: (*) difere estatisticamente pelo teste de Dunnett (ao nível de 5% de probabilidade) com a madeira sadia, L^* - claridade, a^* - pigmentos vermelhos, b^* - pigmentos amarelos, C - cromaticidade e h^* - ângulo de tinta.

Figure 3. Jacaranda caviúna (*Machaerium scleroxylon*) wood colorimetrics parameters evaluated for sound wood (S) and after biodeterioration caused by white (*Trametes versicolor*) (PB) and brown-rot (*Gloeophyllum trabeum*) (PP). Where: (*) statistical difference by Dunnett test (at 5% probability level) with clear wood, L^* - clarity, a^* - red pigments, b^* - yellow pigments, C - chromaticity and h^* - ink angle.

2000), pela degradação da celulose, hemicelulose e principalmente, da lignina (MARTÍNEZ et al., 2005). Entretanto, a superfície da madeira esbranquiçada foi evidenciada não pela redução da L^* , mas pelo aumento significativo dos pigmentos amarelos (b^*) (Figura 4).

Para a cromaticidade (C), devido à dependência desta variável com parâmetros a^* e b^* , foi verificado que houve uma estabilização, pelo fato de ter ocorrido uma redução dos pigmentos vermelhos (a^*) e um aumento nos pigmentos amarelos (b^*), mantendo-se, praticamente, a mesma saturação da cor após a biodegradação.

A Figura 5 apresenta as curvas de refletância para a madeira de jacarandá-caviúna sadia e após a biodeterioração.

Foi verificado que após o ataque de fungos de podridão branca e parda, houve uma diminuição da claridade (L^*) para ambos os fungos e em maior intensidade para a podridão parda. Este fato fez com que se reduzisse a curva de re-

flectância, aumentando-se a absorbância devido à madeira ter se tornado mais escura, visto que, segundo Morais e Costa (2007), a refletância é dada pela quantidade de luz refletida pela madeira que não foi absorvida pela mesma, no momento das medições.

A refletância está diretamente relacionada ao parâmetro colorimétrico claridade (L^*) e assim, quando este diminui, a curva de refletância também é menor. Segundo (MORAIS e COSTA, 2007), foi observado que as curvas de refletância das madeiras de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pilularis* reduziram e foram influenciadas pela diminuição de cerca de 10 unidades na claridade (L^*) após a podridão branca e parda.

De acordo com Camargos e González (2001) baseando-se no sistema CIELAB, a determinação da cor para a madeira é feita pela quantificação dos parâmetros L^* , a^* e b^* . Entretanto, para estes parâmetros colorimétricos, existem intervalos de variação, onde são permitidos valores sem alterar a cor da madeira.

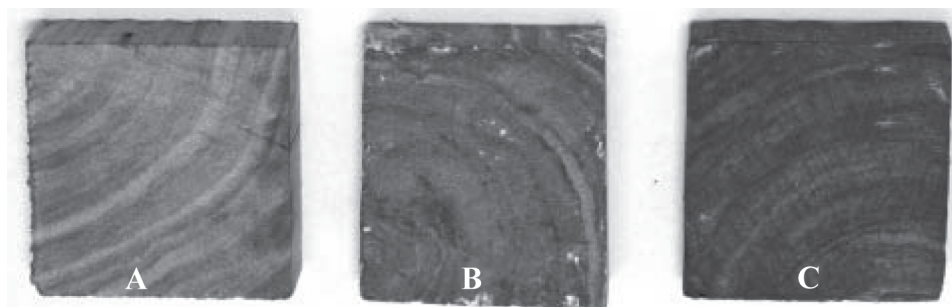


Figura 4. Aspecto visual da madeira sadia (a) de jacarandá caviúna (*Machaerium scleroxylon*) e alteração da cor após a ação de fungos de podridão branca (PB - *Trametes versicolor*) (b) e de podridão parda (PP - *Gloeophyllum trabeum*) (c).

Figure 4. Visual aspects of jacaranda caviúna (*Machaerium scleroxylon*) sound wood and colour alteration after white (*Trametes versicolor*) (PB) and brown-rotting (*Gloeophyllum trabeum*) (PP).

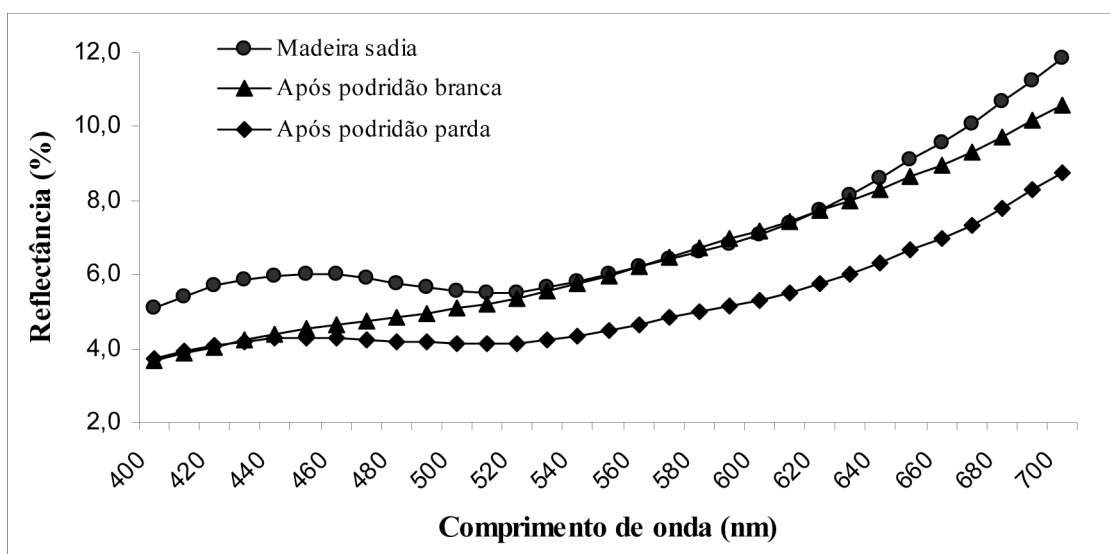


Figura 5. Curvas de refletância observada para a madeira de jacarandá-caviúna (*Machaerium scleroxylon*) sadia e após a biodeterioração causada por fungos de podridão branca (*Trametes versicolor*) e parda (*Gloeophyllum trabeum*).

Figure 5. Reflectance curves observed for jacarandá-caviúna (*Machaerium scleroxylon*) clear wood and after wood destroying fungus.

Por este sistema, foi verificado que 350 espécies de madeiras tropicais analisadas possuíam as coordenadas cromáticas no primeiro quadrante (0-90°), em tons variando entre o vermelho e o amarelo (CAMARGOS & GONÇALEZ, 2001).

Desta forma, a classificação da cor da madeira (cerne) de jacarandá caviúna segundo os grupos característicos, foi entre o preto-avermelhado e o marrom-arroxeadado (L^* , a^* e b^* , respectivamente: 29,8; 5,3 e 1,75). Por não ter sido definido apenas um padrão de cor inicialmente, o efeito da biodeterioração na alteração da cor não foi muito preciso não se observando mudança no padrão colorimétrico.

Alves *et al.* (2006) observaram que visualmente, o fungo de podridão branca (*Pycnoporus sanguineus*) não alterou a cor das amostras de *Peltogyne paniculata* (roxinho) e *Astronium sp.* (muiracatiara), entre outras. Entretanto, o fungo de podridão parda *Gloeophyllum trabeum* tornou as amostras levemente escurecidas.

Este mesmo comportamento foi observado por Morais e Costa (2007), que estudaram a alteração da cor das madeiras de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *E. pilularis* Smith causada pelos fungos *Ganoderma applanatum* Pers. P. Karst (podridão branca) e *Gloeophyllum striatum* (Swartz: Fries) Murrill (podridão parda), onde apesar de ter ocorrido uma redução da L^* e do ângulo de tinta (h^*) e um aumento do a^* , b^* e C , não houve alteração da cor.

Verificou-se que a variação da claridade (ΔL^*), dos pigmentos vermelhos (Δa^*) e amarelos (Δb^*) foi igual à -0,10; -1,17 e 5,77, respectivamente, resultando em uma alteração total da cor (ΔE^*) igual a 5,89 após a podridão branca, enquanto que após a podridão parda, observaram-se os valores de -3,95; -0,89 e 0,83 respectivamente, tendo conseqüentemente, a ΔE^* igual a 4,13.

De acordo com a tabela desenvolvida por Hikita *et al.* (2001) citado por Barreto e Pastore (2009), baseando-se em níveis de percepção visual, a alteração dos parâmetros colorimétricos L^* , a^* e b^* para a madeira de jacarandá caviúna após as podridões branca e parda, fez com que a ΔE^* fosse classificada como apreciável em ambos os casos.

Para Okino *et al.* (2009), que estudaram a influência no ΔE^* pelos fungos *Gloeophyllum striatum* (podridão parda) e *Phanerochaete chrysosporium* (podridão branca) na madeira de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*) e em cipreste (*Cupressus sp.*), foi verificado que

após a podridão branca o ΔE^* variou entre 4 e 12 para os diversos clones de seringueira e foi próximo a 5 na madeira de *Cupressus sp.* Por outro lado, na podridão parda o ΔE^* foi observado entre 4 e 9 para todas as amostras. Em todos os casos, o ΔE^* foi classificado como notável ou apreciável.

Desta forma, apesar da coloração atrativa e elevada resistência natural observadas na madeira de jacarandá caviúna, nos casos de ataque de fungos de podridão branca ou parda houve alteração da cor, visualmente, o que indica o uso desta madeira em ambientes internos, não sujeitos às ações de fungos xilófagos ou realizando-se algum tratamento da superfície com vistas à preservação do padrão de cor.

CONCLUSÕES

A madeira de jacarandá caviúna apresentou elevada resistência à perda de massa quando exposta a fungos de podridão branca e parda.

Foram observadas alterações nos parâmetros colorimétricos da madeira de jacarandá-caviúna. No entanto, essas alterações não implicaram em modificações significativas da cor da madeira, avaliadas pelo parâmetro colorimétrico ΔE^* . Contudo, essas modificações foram apreciáveis segundo a classificação baseada em níveis de percepção visual.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Bee Happy Mel Ecológico do Piauí LTDA que opera no município de Curimatá-PI e que forneceu o material para este estudo, assim como aos técnicos, aos analistas e à estrutura do Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M.V.S.; COSTA, A.F.; ESPIG, D.S.; VALE, A. T. Resistência natural de seis espécies de madeiras da região amazônica a fungos apodrecedores, em ensaio de laboratório. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.16, n.1, p.17-26, 2006.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 2017 Standard test method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. In: ____ *Annual book of ASTM standards*. ASTM: West Conshohocken, 2005.

- BARRETO, C.C.K.; PASTORE, T.C.M. Resistência ao intemperismo artificial de quatro madeiras tropicais: o efeito dos extrativos. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.19, n.1, p.23-30, 2009.
- BROWNING, B.L. **Methods of Wood chemistry**. New York: John Wiley, 1967. 384p.
- CAMARGOS, J.A.A.; GONÇALEZ, J.C.A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. *Brasil Florestal*, Brasília, n.71, p.30-41, 2001.
- DINWOODIE, J.M. **Timber: its nature and behaviour**. London: E & FN Spon, 2000. 257p.
- GONÇALEZ, J.C.; JANIN, G.; SANTORO, A.C.S.; COSTA, A.F.; VALE, A.T. Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira. *Brasil Florestal*, Brasília, v.20, n.72, p.47-58, 2001.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Fichas de Características das Madeiras Brasileiras**. 2ªed. São Paulo: IPT, 1989. 418p. (publicação IPT N° 1791).
- JANKOWSKY, I.P.; CHIMELO, J.P.; CAVALCANTE, A.A.; GALINA, I.C.M.; NAGAMURA, J. C.S. **Madeiras Brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990, v.1, 172p.
- MARTÍNEZ, Á.T.; SPERANZA, M.; RUIZ-DUEÑAS, F.J.; FERREIRA, P.; CAMARERO, S.; GUILLÉN, F.; MARTÍNEZ, M.J.; GURIÉRREZ, A.; DEL RÍO, J. Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. *International Microbiology*, Madri, v.8, p. 195-204, 2005.
- MENDES, A.S.; ALVES, M.V.S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: IBDF, DPq-LPE, 1988. 57p.
- MENDONÇA, R.; FELFILI, J.M.; WALTER, B.M.T.; SILVA-JÚNIOR, M.C.; REZENDE, A.V.; FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E.N. Flora vascular do Cerrado. In: SANO, S.; ALMEIDA, S. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1998. p.287-556.
- MENDONÇA-FILHO, C.V.; TOZZI, A.M.G.A.; MARTINS, E.R.F. Revisão taxonômica de *Machaerium* sect. *Oblonga* (Benth.) Taub. (Leguminosae, Papilionoideae, Dalbergieae). *Rodriguésia*, Rio de Janeiro, v.58, n.2, p.283-312, 2007.
- MORAIS, F.M.; COSTA, A.F. Alteração da cor aparente de madeiras submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.2, n.1, p.44-50, 2007.
- MORI, C.L.S.O.; LIMA, J.T.; MORI, F.A.; TRUGILHO, P.F.; GONÇALEZ, J.C.; OLIVEIRA, A.C. Colorimetria aplicada à determinação da cor da madeira de *Eucalyptus* spp. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 9, Cuiabá, 2004. **Anais...** Mato Grosso: SECOM, 2004. CD-ROM.
- OKINO, E.Y.A.; PASTORE, T.C.M.; CAMARGOS, J.A.A.; ALVES, M.V.S.; SANTOS, P.H.O.; TEIXEIRA, D.E.; SANTANA, M.A.E. Color variation of rubberwood clones and cypress infected by *Gloeophyllum striatum* and *Phanerochaete chrysosporium*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, Birmingham, v.63, p.41-45, 2009.
- OLIVEIRA, A.M.F.; LELIS, A.T.; LEPAGE, E.S.; LOPEZ, G.A.C.; OLIVEIRA, L.C.S.; CAÑEDO, M.D.; MILANO, S. Agentes destruidores da madeira. In: **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986, v.1, p.102-107. (IPT - Publicação, 1637).
- 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. *Árvore*, Viçosa, v.29, n.5, p.819-826, 2005.
- PAES, B.J.; MELO, R.R.; LIMA, C.R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. *Cerne*, Lavras, 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 causadores da podridão-mole. *Árvore*, Viçosa, v.29, n.3, p.365-371, 2005.
- PAES, J.B.; MORAIS, V.M.; LIMA, C.R. Resistência das madeiras de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), cássia (*Senna siamea*) e ipê (*Tabebuia impetiginosa*) a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. *Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, v.9, n.1, p.135-144, 2002.
- RICHARDSON, B.A. **Wood preservation**. London: E & FN Spon, 1993. 239p.
- RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977. 86p.

ROQUE, R.M.; CORTÉS, M.G.; MORENO, J.R. Clave de identificación macroscópica para 22 especies maderables de Bolivia. *Revista Forestal Venezolana*, Mérida, v.51, n.2, p.179-193, 2007.

TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER. Sampling and preparation wood for analysis. T 257 om - 88. In: _____TAPPI, **test chemical**. Atlanta: TAPPI press, 1996a.

TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER. Solvent extractives of wood and pulp. T 264 om - 88. In: _____TAPPI, **test chemical**. Atlanta: TAPPI press, 1996b.

Recebido em 30/07/2009
Aceito para publicação em 06/07/2010

