



## INFLUÊNCIA DO INTEMPERISMO ACELERADO NAS PROPRIEDADES COLORIMÉTRICAS DA MADEIRA DE ANGELIM PEDRA

Ricardo Faustino TELES<sup>1\*</sup>, Alexandre Florian da COSTA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Coord. de Produção Moveleira, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

\*E-mail: [ricardo.teles@ifb.edu.br](mailto:ricardo.teles@ifb.edu.br)

Recebido em janeiro/2014; Aceito maio/2014.

**RESUMO:** A fim de reduzir o custo e a duração dos testes em campo de apodrecimento para a avaliação do intemperismo, testes laboratoriais têm sido desenvolvidos para simular o intemperismo e estimar e comparar a durabilidade natural de várias espécies de madeira. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do intemperismo acelerado nas propriedades colorimétricas da madeira de angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*). Trinta amostras foram produzidas e uma câmara climática foi utilizada para a avaliação do intemperismo acelerado. As amostras foram expostas a um ciclo de radiação, umidade e temperatura controlada de acordo com a norma ASTM G 154/2006 e avaliada de acordo com o sistema CIELab em um espectrofotocolorímetro por períodos sucessivos de 24 horas até um total de 240 horas. Observou-se que nas primeiras 24 horas de exposição ocorreu o escurecimento na superfície da madeira, diminuindo a variável luminosidade ( $L^*$ ) com posterior estabilização deste parâmetro. Para as demais variáveis que foram observados um aumento dos pigmentos vermelho ( $a^*$ ) e amarelo ( $b^*$ ) com posterior declínio no valor dessas variáveis. Estes resultados indicam um processo de lixiviação na superfície da madeira, modificando a cor natural da espécie de madeira durante a exposição ao intemperismo acelerado.

**Palavra-chave:** CIELab, intemperismo, pigmentos colorimétrico, madeira tropical.

### *INFLUENCE OF ACCELERATED WEATHERING ON THE COLORIMETRIC PROPERTIES OF ANGELIM PEDRA WOOD*

**ABSTRACT:** In order to reduce cost and the field tests duration for the assessment of weathering, laboratory tests have been developed to simulate weathering and estimate and compare the natural durability of various wood species. In this context, the aim of this study was to evaluate the effect of accelerated weathering on the colorimetric properties of *Hymenolobium petraeum* wood. Thirty samples were produced and a climatic chamber machine was used for the evaluation of accelerated weathering. The samples exposed to alternating cycles of radiation, humidity and temperature controlled in accordance with ASTM G 154/2006 and evaluated according to the CIELab system in a spectrophotocolorimeter after successive periods of 24 hours until a total of 240 hours in the exposed faces. It was observed that in the first 24 hours of exposure occurred a darkening in the wood surface by decreasing the lightness variable ( $L^*$ ) with stabilization of this parameter. For the others variables that were noticed an increase of red ( $a^*$ ) and yellow ( $b^*$ ) pigments with subsequent decline on the value of these variables. These results indicate a leaching process in the wood surface, modifying the natural color of the wood specie analyzed.

**Keywords:** CIELab, weathering, color pigments, tropical wood.

#### 1. INTRODUÇÃO

Intemperismo é o termo geral usado para definir a lenta degradação de materiais quando expostos ao tempo (WILLIAMS, 2005). O mecanismo de degradação depende do tipo de material, mas a causa é uma combinação de fatores encontrados na natureza como umidade, irradiação solar, calor e frio, uso de produtos

químicos no material, abrasão e causas biológicas. Para Ishiguri et al. (2003) o intemperismo é considerado um problema para os consumidores de madeira porque, além de modificar a textura, a cor e o brilho, também afeta o desempenho dos produtos de proteção aplicados sobre esta. A madeira quando submetida ao intemperismo sofre danos que são inicialmente observados pela variação de

cor natural, podendo chegar a comprometer as propriedades químicas, físicas e mecânicas. Nesse mesmo sentido, Silva et al. (2007) analisando o efeito do intemperismo sob as cores da madeira afirmam que esta propriedade sofre com a ação do intemperismo sejam pela lixiviação ocasionada pela chuva ou ainda pela incidência da luz.

O processo de deterioração devido à radiação ultravioleta (UV) presente na luz do sol é o mais prejudicial, pois se iniciam as modificações químicas dos principais polímeros que constituem a madeira: a celulose, a lignina e a hemicelulose (FEIST; HON, 1984). Ainda de acordo com os autores, a ação da água causa a lixiviação tanto de extrativos como dos produtos fotodeteriorados expondo uma nova superfície à ação do tempo.

A radiação ultravioleta consegue penetrar até uma profundidade de 75 nm e a visível atinge cerca de 200 nm, dependendo da cor original da madeira. Apesar da radiação visível penetrar mais profundamente, sua energia, menor do que 70 kcal/mol, é insuficiente para romper as ligações químicas em qualquer um dos constituintes da madeira (HON, 2001).

Com o intuito de reduzir custos e o tempo de duração dos testes em campo para a avaliação do intemperismo, foram desenvolvidos ensaios laboratoriais que simulam o intemperismo e permitem estimar e comparar a durabilidade natural das madeiras de diversas espécies (GONÇALEZ et al., 2010). O processo de incidência de raios ultravioletas (UV) pode ser simulado através de um reator fotoquímico. Os reatores fotoquímicos podem ser classificados quanto à fonte de radiação, que pode ser solar ou artificial (utilizando uma lâmpada de luz ultravioleta, por exemplo). As fontes artificiais de radiação mais comum para tais reatores fotoquímicos são as lâmpadas de vapor de mercúrio de baixa, média ou alta pressão, todas com emissão de luz UV. Essas lâmpadas usualmente são dispostas de forma que as amostras a serem tratadas recebam a maior concentração de fótons possível. Para isso, muitos reatores utilizam placas espelhadas refletoras, ou mesmo são construídos de forma cilíndrica com suas paredes internas de material refletor (GONÇALEZ et al., 2010; NEUMANN et al., 2002).

Quimicamente, de acordo com Pastore (2004), a lignina é tida como primeiro componente polimérico principal a decompor-se e o processo pode ser acompanhado pela diminuição do teor de lignina e pela formação de grupos carbonílicos da superfície. A degradação da celulose é indicada pela perda de peso e pela redução do grau de polimerização (PANDEY, 2005). Dessa forma, a fotodegradação da madeira é um fenômeno superficial, devido à grande quantidade de grupos (carbonila, dupla ligação, hidroxila fenólica, entre outros) ou sistemas cromóforos (quinonas, bifenil, entre outros) dos componentes distribuídos na camada externa que impedem a entrada da luz na madeira (COSTA et al., 2011, PASTORE, 2004).

A cor da madeira deriva da composição química das substâncias presentes no xilema: taninos, fenóis, flavonóides, estilbenos, quinonas e outros. Essas substâncias é que conferem cores diferenciadas ao lenho. A cor, entretanto, não é estável em uma madeira, uma vez que ela tende a alterar-se com o passar do tempo,

escurecendo devido à oxidação causada principalmente pela luz, que reage com os componentes químicos tais como, a lignina (HON, 2001).

A colorimetria descreve cada elemento da composição de uma cor, numericamente, por meio de aparelhos apropriados. Esta metodologia de análise de cor é usada em diferentes sistemas de produção fabril, como, por exemplo, indústrias têxteis, automotivas, químicas e plásticas. Um dos sistemas mais utilizados para medição de cores é o CIEL\*a\*b\* (Comissão Internacional de Iluminantes), que é, segundo Camargos (1999) e Camargos; Gonçalez (2001), um método que define a sensação da cor e baseia-se em três elementos: a claridade ou luminosidade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade. Os elementos claridade ( $L^*$ ), saturação ( $C$ ) e tonalidade ( $a^*$ ,  $b^*$  e  $h^*$ ) definem o sistema (CIE Lab, 1976). A claridade define a escala cinza entre o branco e o preto. É expressa pela variável  $L^*$  e assume valor 0 para o preto absoluto e 100 para o branco total. A tonalidade é expressa pelas cores primárias vermelho, verde, amarelo e azul, sendo representada por um plano constituído por duas retas  $a^*$  e  $b^*$  perpendiculares que passam pelo centro. A saturação ( $C$ ) é o desvio a partir do ponto correspondente ao cinza no eixo  $L^*$ .

Camargos; Gonçalez (2001) mediram a coloração de 350 espécies brasileiras e reuniram-nas em 33 grupos de cores homogêneas com o objetivo de confeccionar uma tabela de cores para facilitar a comercialização. Para os autores, o padrão de coloração de uma madeira pode variar em tonalidades que vão desde o bege claro até o marrom escuro, quase preto. Dentro dessa variação existem madeiras amareladas, avermelhadas, arroxeadas e alaranjadas. Camargos (1999) observa ainda que as características gerais (textura, grã e figura) e seus planos de orientação (transversal, longitudinal-tangencial e longitudinal-radial) também influenciam diretamente na cor da madeira.

A espécie *Hymenolobium petraeum*, vulgarmente conhecida como angelim pedra, pertence a família Fabaceae com ocorrência em toda Amazônia brasileira. A sua madeira possui aplicação na indústria da construção civil e naval, bem como uso em dormentes, estacas, assoalhos e na indústria moveleira (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA, 1997). A madeira é classificada como de média densidade básica (MELO, et al., 1990) com valores entre 0,60 a 0,65 g/cm<sup>3</sup>, de alta resistência mecânica e com cerne com coloração castanho rosado de aspecto fibroso acentuado (IBAMA, 2002).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do intemperismo acelerado nas propriedades colorimétricas na madeira de *Hymenolobium petraeum*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material lenhoso

A madeira estudada *Hymenolobium petraeum*, conhecida como angelim pedra, foi adquirida em forma de pranchas nas medidas de 250 x 30 x 1500 mm (largura x espessura x comprimento), estando seca em estufa a 12% de umidade. As amostras empregadas no experimento foram obtidas por meio da separação das

peças em dimensões de 200 x 30 x 300 mm (largura x espessura x comprimento) e cortadas no sentido longitudinal tangencial e radial. Posteriormente, as amostras foram selecionadas aleatoriamente, sendo destas 15 amostras de cada sentido, totalizando 30 amostras empregadas no experimento. O ensaio foi conduzido no Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade de Brasília (UnB).

## 2.2 Intemperismo acelerado

Para a avaliação do intemperismo acelerado foi utilizada uma câmara de teste de radiação UV/condensação que simula os efeitos de degradação na superfície de produtos causados pela luz solar, chuva e orvalho, modelo QUV/Spray.

Os materiais foram expostos em ciclos alternados de radiação, umidade e temperatura, controlados de acordo com o especificado na norma da American Society for Testing and Materials - ASTM G 154 (2006), Anexo I, ciclo 7. A Tabela 1 apresenta os parâmetros técnicos que foram aplicados no ensaio.

Tabela 1. Parâmetros técnicos dos ciclos de intemperismo aplicados no ensaio de intemperismo acelerado.

Parâmetro	Característica
Radiação	1,35W/m <sup>2</sup> /nm com o uso de lâmpadas UVA 340 com comprimento de onda de aproximadamente 340 nm.
Exposição luminosa	8h na faixa do ultravioleta (UV) a 60 ± 3°C
Exposição à umidade	0,25h de umidade com spray (sem luz) em temperatura não controlada
Condensação	3,75 h de condensação a 50 ± 3°C.

As amostras foram posicionadas na extensão da área de exposição do equipamento. Todo o material foi previamente usinado com lixa para madeira grão 100 em sua face de exposição em uma máquina lixadeira de cinta automatizada para a padronização das superfícies.

As amostras foram avaliadas em períodos espaçados de 0, 24, 48, 72, 96 e 120, 144, 168, 192, 216 e 240h de exposição no equipamento, com duração de 12 horas por ciclo, totalizando 20 ciclos em todo o ensaio. Em cada intervalo, entre os períodos, as amostras foram retiradas do equipamento e avaliadas não destrutivamente de acordo com os ensaios previstos a seguir.

## 2.3 Colorimetria

Os parâmetros colorimétricos foram definidos ao utilizar a técnica de refletância difusa no intervalo visível do espectro eletromagnético. Foi empregado um espectrofotocolorímetro Color Eye - XTH - X-rite acoplado a um microcomputador, com iluminante D65 e ângulo de 10°, em temperatura ambiente. Em cada amostra foram determinadas 10 leituras na face exposta da madeira.

A metodologia adotada para a determinação dos parâmetros colorimétricos foi o sistema CIELAB 1976, conforme Camargos (1999). As propriedades colorimétricas determinadas foram L\* (claridade), coordenadas a\* e b\*, C (saturação) e h\* (ângulo de tinta). A saturação (C) foi determinada pela Equação 1. O ângulo de tinta (h\*) foi determinado pela Equação 2. Adicionalmente, foi determinada a variação total da cor

(Equação 3), de acordo com a norma ASTM D 2244/2009.

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Equação 1})$$

$$h^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (\text{Equação 2})$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

C = saturação;

a\* = coordenada cromática sobre o eixo verde-vermelho;

b\* = coordenada cromática sobre o eixo azul-amarelo.

h\* = ângulo de tinta

Δ = variação entre uma leitura inicial e outra final ou parcial.

## 2.4 Análise estatística

Inicialmente foi realizada uma análise de *outlier* a fim de se conhecer os valores discrepantes excluindo-os das análises posteriores, em função de possíveis erros de leitura do aparelho. Em seguida os parâmetros colorimétricos foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) com posterior teste de médias (Tukey, a 5% de significância).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 e a Figura 1 apresentam os valores médios e os desvios padrões dos parâmetros estudados de acordo com os períodos avaliados. O eixo de saturação colorimétrica (a\* e b\*) indica a tendência de estabilização e o retorno da pigmentação ao valor inicial, com a convergência de diminuição dos pigmentos vermelhos e amarelos, sendo o último de forma mais intensa.

Tabela 2. Resultados dos parâmetros colorimétricos da madeira de angelim pedra durante os períodos de exposição ao intemperismo acelerado.

Tempo de exposição	Parâmetro colorimétrico				
	L*	a*	b*	C	h°
0h	58,5a	13,5a	26,2a	29,5a	62,7a
24h	49,3b	20,1b	30,0b	36,1b	56,1b
48h	48,8bc	19,6c	28,2c	34,3c	55,1c
72h	48,4bc	19,0d	26,8d	32,8d	54,6c
96h	47,7c	17,8e	24,4e	30,2e	53,9d
120h	47,7cd	16,7e	22,9f	28,4f	53,9d
144h	48,0cd	16,4e	22,4g	27,8g	53,7d
168h	48,6de	15,8f	21,4h	26,7h	53,6d
192h	49,4e	15,1g	20,7i	25,6i	54,0d
216h	50,0f	14,5h	19,7j	24,5j	53,7d
240h	50,2f	14,1a	19,1k	23,7k	53,6d

Em que: L\* = luminosidade, a\* = coordenada cromática no eixo vermelho-verde, b\* = coordenada cromática no eixo azul-amarelo, C = cromaticidade, h\* = ângulo de tinta. Os valores apresentados nos parênteses referem-se ao desvio padrão. Médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p > 0,05).

Para a variável claridade (L\*), observa-se a tendência de queda dos valores até o período entre 96 e 120 horas de exposição com posterior incremento positivo. Para cromaticidade (C\*), observou-se um decréscimo dos valores que causam uma diminuição da saturação total da cor da madeira. Esta variável representa o desvio a partir do ponto que corresponde ao eixo de luminosidade, e quanto mais longe do eixo, mais saturada será a cor. Esses

resultados podem ser relacionados com a lixiviação dos produtos fotodegradados da superfície da madeira, deixando a face exposta acinzentada dependendo da despolimerização da lignina e da celulose (EVANS et al., 2000).

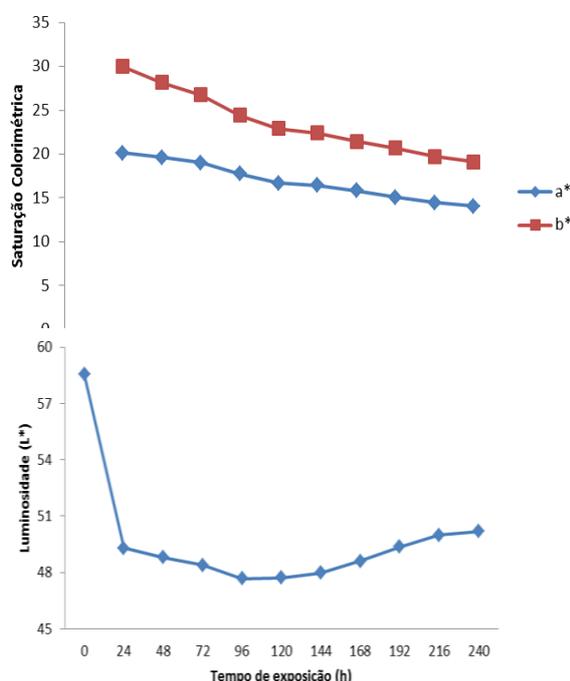


Figura 1. Mudanças da saturação colorimétrica ( $a^*$  e  $b^*$  coordenadas) e luminosidade ( $L^*$ ) de acordo com o tempo de exposição após o intemperismo acelerado para a madeira de *Hymenolobium petraeum*.

A Tabela 3 apresenta a variação dos pigmentos colorimétricos e da alteração total da cor da madeira estudada. Dessa forma, valores de  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$  positivos indicam que a madeira tornou-se mais clara, avermelhada e amarelada, respectivamente, e valores negativos dos mesmos parâmetros significam que a amostra é mais escura, esverdeada e azulada.

Tabela 3. Variação dos parâmetros colorimétricos da madeira de *Hymenolobium petraeum* durante os períodos de exposição ao intemperismo acelerado.

Tempo de exposição	$\Delta E$	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$
24h	12,0	9,3	-6,6	-3,7
48h	11,7	9,7	-6,1	-1,9
72h	11,6	10,2	-5,5	-0,5
96h	11,8	10,9	-4,3	1,8
120h	11,8	10,8	-3,2	3,3
144h	11,6	10,6	-2,9	3,9
168h	11,3	10,0	-2,3	4,8
192h	10,8	9,2	-1,5	5,5
216h	10,8	8,6	-1,0	6,5
240h	11,0	8,4	-0,6	7,1

Estes fatores de deterioração da superfície da madeira são desencadeados pela dissociação e modificação da lignina presente nos grupos cromóforos que são capazes de absorver a radiação de luz UV entre os comprimentos de onda nos intervalos de 300 e 400 nm, com a posterior formação de radicais livres (MOORE; OWEN, 2001). Os polímeros constituintes da madeira apresentam diferentes capacidades de absorção de luz UV para a formação

desses radicais (PANDEY, 2005), sendo a lignina extremamente sensível à radiação UV, conduzindo à formações radicais aromáticos fenoxil, que ainda reagem com o oxigênio para produzir grupos carbonilo e carbóxi, estes estando relacionados com a descoloração da madeira por ocorrência de compostos de carbonilos insaturados (quinona). Esses compostos são lixiviados pela água, deixando a madeira mais áspera e esbranquiçada, causando um aumento na proporcionalidade de celulose existente na madeira comparativamente à lignina e hemicelulose e, logo, o aumento da luminosidade (HON, 2001).

O escurecimento da superfície está associado a maior contribuição dos parâmetros  $\Delta L^*$  e  $\Delta b^*$ . Esse dois parâmetros apresentaram maiores valores negativos ao longo do período de exposição ao intemperismo acelerado, indicando a diminuição da intensidade do padrão colorimétrico da madeira. Analisando o  $\Delta L^*$  pode-se notar ainda que, embora o parâmetro tenha apresentado resultado de escurecimento após o intemperismo, observou-se a tendência do aumento da luminosidade com o passar do tempo, sugerindo uma renovação da superfície das madeiras em função da lixiviação ocasionada pela água entre os ciclos. Esse resultado ocorre uma vez que a celulose não é dissolúvel em água, ficando esta na superfície da madeira, enquanto que a lignina deteriorada é solubilizada e lixiviada.

A Figura 2 ilustra os perfis de curvas de reflectância divididas em períodos de 48 horas de avaliação. Observou-se que, após a exposição inicial à radiação, a região 400-590 nm apresentou uma reflectância mais elevada em conformidade com o aumento do período de exposição e depois de atingir a faixa vermelha acima de 620 nm, a reflectância diminuiu ligeiramente. Isto demonstra a influência de pigmentos amarelo e vermelho para a formação de cor da madeira e que a alteração da cor é determinada por estas pigmentações quando recebe a irradiação ultravioleta. Observa-se ainda que a madeira apresenta um bom grau de durabilidade ao intemperismo, visto que o aumento do tempo de exposição não permitiu uma maior vulnerabilidade do material.

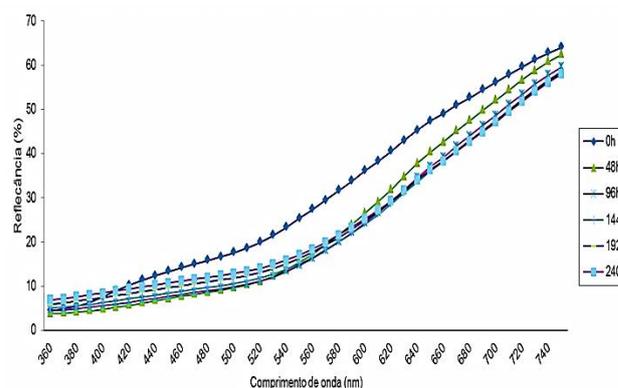


Figura 2. Curvas de reflectâncias para a madeira de *Hymenolobium petraeum* após períodos sucessivos de intemperismos acelerados.

A Tabela 4 apresenta a correlação de Pearson para a variação das variáveis colorimétricas e demonstra que a maior influência na alteração total da cor se dá principalmente pelo decréscimo do pigmento vermelho,

ocasionando o escurecimento da superfície da madeira, mas com uma atividade significativa de pigmentação amarela.

Tabela 4. Correlação de Pearson entre as propriedades colorimétricas da madeira de *Hymenolobium petraeum* durante os períodos de exposição ao intemperismo acelerado.

	$\Delta E$	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$
$\Delta E$	1	0,683*	-0,845**	-0,807**
$\Delta L^*$		1	-0,414 <sup>NS</sup>	-0,309 <sup>NS</sup>
$\Delta a^*$			1	0,991**
$\Delta b^*$				1

Em que: NS – não significativo; \*Correlação significativa ao nível de 5% de significância; \*\*Correlação significativa ao nível de 1% de significância.

Com relação à alteração total da cor, foi observado que houve uma alteração significativa em relação à cor original da madeira (Figura 3). Notou-se que, enquanto as primeiras horas de exposição à mudança de cor foi elevada ( $\Delta E = 12$ ), mas, com a passagem do tempo, houve uma diminuição na alteração colorimétrica. Isto pode ser devido à lixiviação a partir da camada superficial de madeira, renovando parcialmente o perfil colorimétrico. Tolvaj (1994) e Martins et al. (2011) observaram um efeito semelhante na influência da radiação ultravioleta sobre diferentes espécies de madeira e concluíram que as alterações provocadas pela ação de radiação eram mais intensas durante as primeiras 20 horas de exposição, com um escurecimento pronunciado em todas as superfícies de espécies estudadas.

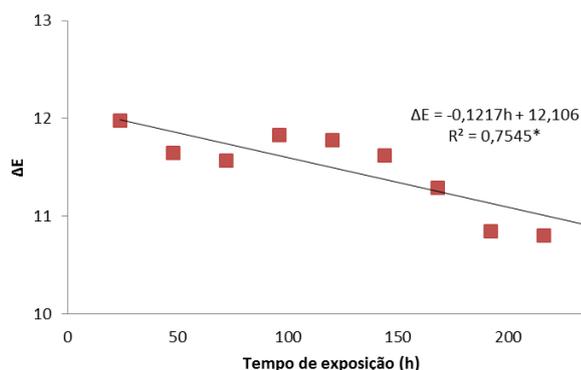


Figura 3. Variação da alteração total da cor ( $\Delta E$ ) para a madeira de *Hymenolobium petraeum* em diferentes períodos de tempo de exposição ao intemperismo acelerado.

#### 4. CONCLUSÕES

Foi observado que nas primeiras 24 horas de exposição ocorreu o escurecimento em superfície da madeira, diminuindo a variável de luminosidade ( $L^*$ ) e durante todo o restante do período de avaliação este parâmetro estabilizou-se. Para as demais variáveis foram observados um aumento do pigmento vermelho ( $a^*$ ) e amarelo ( $b^*$ ) com posterior declínio destas variáveis.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado ao primeiro autor.

#### 6. REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM G 154**: Standard practice for operating fluorescent light apparatus for uv exposure of nonmetallic materials. Philadelphia: ASTM, 2006. 4p.

CAMARGOS, J. A. A. **Colorimetria aplicada na elaboração de uma tabela de cores para madeiras tropicais**. 1999. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A. Colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 71, n.4, p.30-41, out./dez. 2001.

COSTA, J. A. et al. Fotodegradação de duas espécies de madeiras tropicais: jatobá (*Hymenaea courbaril*) e tauari (*Couratari oblongifolia*) submetidas à radiação ultravioleta. **Cerne**, Lavras, v.17, n.1, p.133-139, jan./mar. 2011.

EVANS, P. D. et al. Surface checking of CCA-treated *Radiata pine* decking timber exposed to natural weathering. 2000. In: ANNUAL MEETING OF THE INTERNATIONAL RESEARCH GROUP ON WOOD PRESERVATION, 31., 2000, Kona, Hawaii. **Anais...** Stockholm: IRGWP, 2000. 12p.

FEIST, W. C.; HON, D. N. S. Chemistry of weathering e protection. In: ROWELL, R. M. **The chemistry of solid wood**. Washington D.C.: American Chemical Society, 1984. p.401-454.

GONÇALEZ, J. C. et al. Efeito da radiação ultravioleta na cor da madeira de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) após receber produtos de acabamentos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.4, p.657-664, out./dez. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Madeiras da Amazônia, Características e utilização**. Brasília: IBAMA, 1997. 141p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Madeiras tropicais brasileiras**. 2.ed. Brasília: IBAMA, 2002. 152p.

ISHIGURI, F. et al. Extractives relating to heartwood color changes in sugi (*Crytomeria japonica*) by a combination of smoke-heating and UV radiation exposure. **Journal of Wood Science**, Tokyo, v.49, n.2, p.135-139, abr. 2003.

HON, D. N. S. Weathering and photochemistry of wood. In: HON, D. N. S.; SHIRAIISHI, N. **Wood and cellulosic chemistry**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 2001. 928p.

MARTINS, S. et al. Envelhecimento artificial acelerado por radiação ultravioleta de madeiras de *Eucalyptus benthamii* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta**, Curitiba, v.41, n.1, p.87-96p, jan./mar. 2011.

MELO, J. E. et al. Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: SBS/SBSF, 1990. v.3, p. 695-699.

MOORE, A. K.; OWEN, N. L. Infrared spectroscopic studies of solid wood. **Applied Spectroscopy Reviews**, v.36, n.1, p.65-86, fev. 2001.

NEUMANN, M. G. et al. A fotoquímica no Brasil. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, supl.1, p.34-38, maio 2002.

PANDEY, K. K. A note on the influence of extractives on the photo-discoloration and photo-degradation of wood. **Polymer Degradation and Stability**, v.87, n.2, p.375-379, fev. 2005.

PASTORE, T. C. M. **Estudos do efeito da radiação ultravioleta em madeiras por espectroscopias Raman (FT-Raman), de refletância difusa no infravermelho (DRIFT) e no visível (CIE-L\*a\*b\*)**. 2004. 117f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

SILVA, J. O. et al. Resistência ao intemperismo artificial de cinco madeiras tropicais e de dois produtos de acabamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.17, n.1, p.17-23, jan./mar. 2007.

TOLVAJ, L. Discoloration and deterioration of wood surface by ultraviolet light. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF WOOD STRUCTURE AND PROPERTIES, 2., 1994, Zvolen, Slovakia. **Anais...** Zvole: SWST, 1994.

WILLIAMS, R. S. Weathering of wood. In: ROWELL, R. M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Florida: CRC Press, 2005. p.139-185.