

ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL ACELERADO DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS AMAZÔNICAS PARA USOS COMO MADEIRA SERRADA

Luiz Fernando Xavier da Silva, Engenheiro Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília (UNB) – Brasília, DF, Brasil
luizxavier@unb.br

Joaquim Carlos Gonzalez, Dr. em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, UNB – Brasília, DF, Brasil
goncalz@unb.br

Resumo

O pouco conhecimento das características tecnológicas das espécies amazônicas tem-se mostrado como entrave no uso destas madeiras. A madeira pode ser utilizada em diversas aplicações, porém, sempre que exposta à ação das intempéries, esta tem suas propriedades alteradas, principalmente a cor e a textura. Caracterizar as reações da madeira ao efeito da radiação ultravioleta nos dá uma informação mais detalhada das suas propriedades e permite tomar medidas precatórias para evitar a desvalorização do material. Este trabalho teve como objetivo avaliar através do monitoramento por espectrocolorimetria o processo de fotodecomposição de angelim-pedra (*Hymenolobium petraeum*) e cedro rosa (*Cedrela odorata*), espécies madeireiras comerciais da floresta amazônica. As amostras de madeira foram submetidas a ciclos de radiação ultravioleta em um reator fotoquímico, por período de 42 e 84 horas e, com um espectrofotometro, fizeram-se três medições colorimétricas, uma antes de cada ciclo e uma ao final dos ciclos. A madeira de *Cedrela odorata*, de coloração rosa, escureceu, o que é evidente pela diminuição do parâmetro L^* , porém ficou mais amarelada, diferentemente da madeira de *Hymenolobium petraeum*, de coloração amarelo amarronzada que também escureceu, mas sofreu maior variação na pigmentação vermelha. A variação da cor (ΔE) foi menor para *Cedrela odorata*. Esta variação é mais acentuada nas primeiras horas em comparação com as horas seguintes em ambas as espécies. Ao classificar as espécies madeireiras pela cor, ambas mudou de categoria durante o processo de fotodecomposição, o que pode alterar sua aceitação pelo mercado consumidor. O consumidor deve ser alertado para o fato de que a madeira pode alterar a sua cor com o passar dos anos. Os produtos de acabamentos podem amenizar este processo, apesar de que também podem alterar a cor natural da madeira. O estudo fotodegradação-sistema colorimétrico da madeira mostra-se como uma “ferramenta” interessante para a avaliação de sua degradação.

Palavras – chaves: madeira, fotodegradação, colorimetria

1. INTRODUÇÃO

Apesar dos esforços promovidos por diversos centros de pesquisa voltados ao estudo da madeira, no Brasil e nos demais países ainda existem diversas espécies carentes de uma caracterização mais detalhada, inclusive na Floresta Amazônica, o que facilitaria sua utilização como recurso madeireiro.

Essas espécies com potencial de uso porém com pouca informação aumenta a pressão de exploração sobre poucas espécies mais conhecidas.

Segundo Camargos e Gonzalez (2001), a escolha de uma determinada espécie de madeira dá-se primeiramente pelas características visuais, isto é, cor e figura. Esta escolha é função principalmente da moda, um fenômeno sociocultural que expressa os valores da sociedade (usos, hábitos e costumes) em um determinado momento. Já o estilo e o *design* são elementos integrantes da moda. A cor também é geradora de sensações e emoções. Crepaldi (2006) afirma que é possível inferir que as cores são muito importantes na vida das pessoas, pois têm a habilidade de despertar sensações e definir ações e comportamentos, além de provocar reações corporais e psicológicas. Por isso uma madeira com a cor alterada pode causar insegurança, ascos ou semelhante sensação, o que pode dificultar a aquisição deste material.

A cor é uma informação visual causada por um estímulo físico, percebida pelos olhos e decodificada pelo cérebro (FARINA, 1986). Assim, a cor não é uma característica absoluta de um objeto, mas sim uma percepção humana, ou seja, a cor de um objeto é uma sensação (MELCHIADES & BOSCHI, 1999).

Representar uma cor através de números sempre foi uma idéia muito atrativa, pois facilitaria consideravelmente a comunicação e a comparação entre cores. Para que essa transformação possa ser feita é preciso identificar as características mínimas necessárias para se exprimir uma cor que são a tonalidade, a luminosidade e o grau de saturação. O passo seguinte consiste em representar graficamente essas variáveis em diagramas cromáticos de tal modo que cada ponto no plano ou espaço corresponda a uma única cor (MELCHIADES & BOSCHI, 1999).

O **CIE** (Comissão Internacional de Iluminação) estabeleceu o espaço colorimétrico $L^*a^*b^*$ em 1976 que faz uso de três parâmetros para a identificação de uma cor:

- parâmetro L^* : indica o grau de luminosidade. Varia entre 0 (preto) e 100 (branco) e o valor é em porcentagem;
- parâmetro a^* : $a^* < 0$ maior participação da cor verde; $a^* > 0$ – maior participação da cor vermelha;
- parâmetro b^* : $b^* < 0$ – maior participação da cor azul; $b^* > 0$ – maior participação da cor amarela.

onde: a^* e b^* são denominadas coordenadas cromáticas (MELCHIADES & BOSCHI, 1999).

A cor de uma madeira não é estável e pode alterar-se com o passar do tempo, escurecendo devido à oxidação causada principalmente pela luz, que reage com componentes químicos, como extrativos e lignina.

Aumentando a incidência da radiação ultravioleta em laboratório, com auxílio de um reator fotoquímico, podemos ter os efeitos citados acelerados e, assim, simular a radiação média em um período de tempo. De acordo com Chang e Chang (2001), o envelhecimento provocado em amostras de madeira irradiadas por lâmpadas ultravioletas, que emitem no comprimento de onda 350 nanômetros, durante 84 horas é corresponde a um ano de exposição em um ambiente de escritório.

Caracterizar as reações da madeira ao efeito da radiação ultravioleta nos dá uma informação mais detalhada das suas propriedades e permite tomar medidas precatórias a fim de se evitar a desvalorização do material.

Este Trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da radiação ultravioleta, através do envelhecimento artificial acelerado, na coloração da madeira de Angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*) e Cedro rosa (*Cedrela odorata*) submetidos a dois diferentes tratamentos de exposição à radiação, a fim de prever essa variação na madeira em seu uso final. O sistema CIELAB (L^* , a^* , b^* , C e h^*) será utilizado como ferramenta de medição colorimétrica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na área de Anatomia e Morfologia do Laboratório de Produto Florestais – LPF/SFB e no laboratório de Materiais e Combustíveis no Instituto de Química- IQ da Universidade de Brasília – UnB. Os corpos de prova foram preparados na carpintaria da prefeitura da Universidade de Brasília.

2.1 Espécies e preparação das amostras

Utilizou-se duas espécies de madeira amazônicas comercializados no mercado do Distrito Federal: Angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*) e Cedro rosa (*Cedrela odorata*).

Para cada espécie florestal utilizada, foram selecionadas ao acaso duas peças, confeccionadas a partir de tábuas, encontradas em madeira do Distrito Federal. Destas peças de madeira, foram confeccionados quatro corpos de prova com 8,0cm de comprimento, 2,0cm de largura e 0,5cm de espessura, retiradas no sentido tangencial da madeira, totalizando 8 corpos de prova para cada espécie madeireira.

Os corpos de prova foram lixados com uma lixa para madeira nº120 a fim de retirar as impurezas superficiais e os efeitos pretéritos de radiações ultravioletas. Em seguida, foram acondicionados imediatamente em uma caixa de papelão com tampa para proteção contra a luz.

2.2 Medição da cor

Fez-se a primeira medida colorimétrica (dos parâmetros L^* , a^* , b^* , C e h^*) em cada um dos 40 corpos de prova no laboratório da área de Anatomia e Morfologia do Laboratório de Produtos Florestais – LPF/SFB. Foram feitas 8 medições por corpo de prova de forma sistematizada, conforme figura 1.

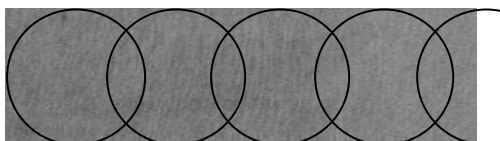


Figura 1: Sistematização das medições colorimétricas (ressaltando a sobreposição).

Para as medidas dos parâmetros colorimétricos foi utilizado um espectrofotocolorímetro Datacolor Microflash 200d conectado a um microcomputador, com iluminante D65, e ângulo standart de 10° sem o auxílio de máscara.

2.3 Fotodegradação

Os 16 corpos de prova foram levados ao laboratório de Materiais e Combustíveis no Instituto de Química- IQ da Universidade de Brasília – UnB para o reator fotoquímico Rayonet com 12 lâmpadas UV, cada uma com 8W, as quais emitem radiação no comprimento de onda de 350 nanômetros onde

permaneceram por 42 horas. Em seguida foram retiradas do reator fotoquímico e foi feita nova medição colorimétrica nos corpos de prova. Logo após, foram colocados novamente no reator por mais 42 horas para a simulação de um ano de envelhecimento em ambiente de escritório. Os corpos de prova foram retirados do reator fotoquímico para medição colorimétrica.

Dentro do reator, os corpos de prova foram fixados, utilizando uma fita de dorso vinílico auto-extinguível recoberto com camada de adesivo à base de borracha sensível à pressão, a um carrossel centralizado no interior do reator, de forma que uma das faces tangenciais do corpo de prova ficasse exposta à ação das lâmpadas, distantes a aproximadamente dois centímetros.

Para mensurar a alteração na cor da madeira antes e após os tratamentos (ΔE) foi utilizada a equação do sistema CIELAB, metodologia adotada por diversos autores (SILVA *et. al.*, 2007; MITSUI, 2004; MITSUI & TSUCHIKAWA, 2005; MÜLLER *et. al.*, 2003; CHANG & CHANG, 2001), que é calculada através da diferença entre as coordenadas obtidas das amostras antes e após o procedimento de envelhecimento, como mostra a equação 1:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2) + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

ΔL é a variação do parâmetro L^* entre as medições;

Δa é a variação do parâmetro a^* entre as medições;

Δb é a variação do parâmetro b^* entre as medições.

Os valores dos parâmetros colorimétricos obtidos de cada espécie, antes e depois dos tratamentos foram submetidos a análise de variância a fim de observar diferença significativa entre cada parâmetro para cada espécie. Essa diferença, quando significativa, foi feita a comparação das médias pelo teste de Newman Keuls a 95% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta a caracterização dos parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* , C e h°) das duas espécies de madeiras abordadas no estudo.

Tabela 1: Caracterização dos parâmetros colorimétrico

		Parâmetros Colorimétricos				
		L^*	a^*	b^*	C	h°
<i>Cedrela odorata</i>	Média	63,12	13,26	22,55	26,17	59,53
	Desvio padrão	0,94	0,24	0,62	0,61	0,58
<i>Hymenolobium petraeum</i>	Média	60,41	12,91	24,10	27,35	61,90
	Desvio padrão	2,48	1,51	1,61	2,08	1,57

Tomando-se como base o estudo de Camargos e Gonçalves (2001) e os parâmetros colorimétricos determinados neste trabalho, pode-se dizer que:

- a madeira de *Cedrela odorata* é de coloração rosa. As coordenadas cromáticas a^* e b^* são as principais responsáveis pela formação desta cor. A influência da coordenada a^* , responsável pela pigmentação vermelha está refletida no ângulo de tinta (h^*), posicionando a cor da espécie mais próxima do eixo vermelho-verde.

- A madeira de *Hymenolobium petraeum* é de coloração amarelo amarronzada. As coordenadas a^* e b^* formam a cor desta espécie. O parâmetro h^* reflete a aproximação da cor ao eixo vermelho-verde, o que confere a esta madeira este tom amarronzado, apesar da quantidade relativamente alta da pigmentação amarela.

A tabela 2 apresenta os valores médios dos parâmetros colorimétricos para as espécies estudadas após a exposição das madeiras à radiação ultravioleta nos tempos de 42 e 84hs.

Tabela 2: Valores médios e desvio padrão dos parâmetros colorimétricos das amostras de madeira de cada espécie após exposição a radiação ultravioleta.

		42hs de Exposição				
		L*	a*	b*	C	h°
<i>Cedrela odorata</i>	Média	59,18	13,51	25,35	28,72	61,94
	Desvio padrão	1,25	0,24	0,53	0,43	0,79
<i>Hymenolobium petraeum</i>	Média	52,69	16,06	25,72	30,35	58,02
	Desvio padrão	1,90	1,10	0,73	0,60	2,22

		84hs de Exposição				
		L*	a*	b*	C	h°
<i>Cedrela odorata</i>	Média	58,09	13,82	26,33	29,74	62,30
	Desvio padrão	1,35	0,33	0,63	0,55	0,86
<i>Hymenolobium petraeum</i>	Média	51,35	17,37	26,68	31,86	56,95
	Desvio padrão	1,85	1,35	0,93	0,77	2,59

De uma forma geral, ambas as espécies apresentaram escurecimento na coloração de suas madeiras em ambos os tempos de estudo. Este escurecimento é caracterizado pela diminuição dos valores do parâmetro L^* e aumento da coordenada a^* , evidenciando assim a diminuição da luminosidade e aumento na pigmentação vermelha.

Ao utilizar novamente a classificação de Camargos e Gonçalves (2001) para a identificação da cor da madeira, pode-se verificar que as duas espécies mudam a sua cor quando comparadas com a cor inicial. Isso mostra que a madeira exposta a radiação ultravioleta sofre alteração de cor.

Em seguida, fez-se análise de variância considerando como tratamentos a medição inicial e os tempos de exposição a radiação (42 e 84hs) dos parâmetro colorimétrico para cada espécie (Tabela 3).

Tabela 3: Valores médios dos parâmetros colorimétricos dentro de cada tratamento.

		L*	a*	b*	h°
<i>Cedrela odorata</i>	Inicial	63,12 A	13,26 A	22,55 A	59,53 A
	42hs	59,18 B	13,51 A	25,35 B	61,94 B
	84hs	58,09 B	13,82 B	26,33 C	62,30 B
<i>Hymenolobium petraeum</i>	Inicial	60,41 A	12,91 A	24,10 A	61,90 A
	42hs	52,69 B	16,06 B	25,72 B	58,02 B

	84hs	51,35 B	17,37 B	26,68 B	56,95 B
--	-------------	---------	---------	---------	---------

Os valores assinalados com letra diferente, para uma mesma espécie, dentro de cada parâmetro colorimétrico, diferem entre si pelo teste de Newman Keuls.

Pode-se observar que de forma geral, as mudanças significativas nos parâmetros colorimétricos condisseram com as mudanças de cores seguindo o proposto por Camargos e Gonzalez (2001).

A madeira de *Cedrela odorata* escureceu, o que é evidente pela diminuição do parâmetro L*, porém, diferentemente das demais espécies, ficou mais amarelada, o que é evidenciado pelo aumento do ângulo de tinta, que aproxima a cor da madeira do eixo amarelo-azul.

A madeira de *Hymenolobium petraeum* sofreu grande variação tanto na pigmentação vermelha como na amarela, mas a influência da pigmentação vermelha foi maior evidenciado pelo ângulo de tinta.

Confirmando essa variação na coloração da madeira, a variável ΔE determinada a partir da equação 3 mensura, em um número único, a alteração da cor (dos 3 parâmetros colorimétricos) sendo obtidos os valores apresentados na figura 2 que se segue.

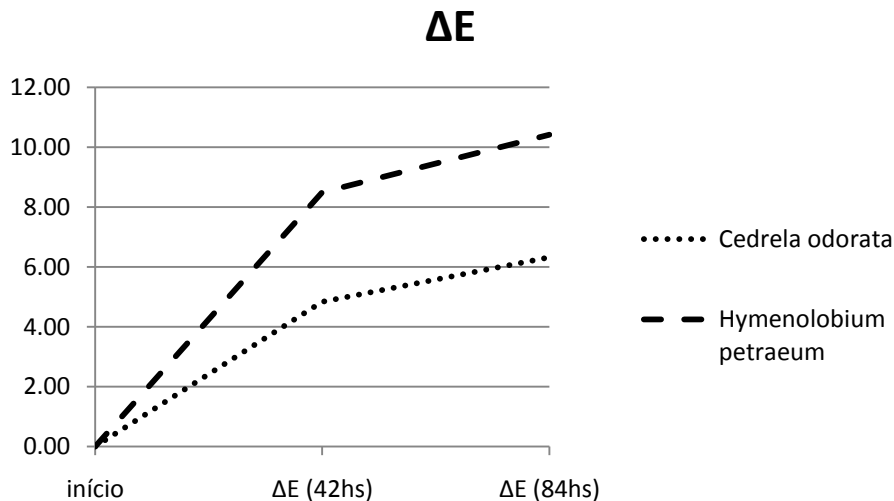


Figura 2: Valores da variação da cor (ΔE)

Cedrela odorata, que possui relativo alto valor para o parâmetro L* apresentou menor variação de cor.

Confirmando o escurecimento da madeira à exposição da radiação ultravioleta, as curvas de reflectância de cada espécie também foram alteradas. Para um mesmo comprimento de onda, a reflectância é menor quando maior o tempo de exposição a radiação ultravioleta, conforme pode ser observado nas figuras 3 e 4.

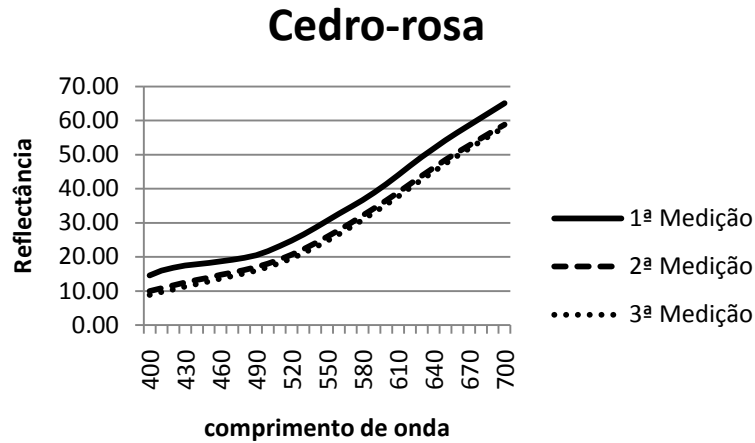


Figura 3: Curvas de reflectância da madeira de Cedro-rosa.

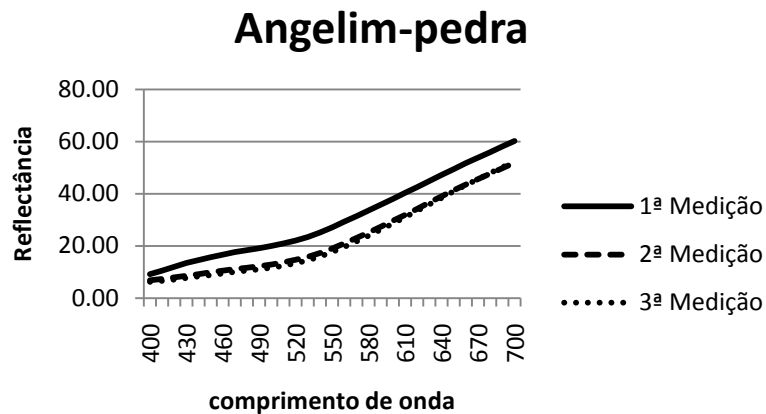


Figura 4: Curvas de reflectância da madeira de Angelim-pedra.

Pela distância entre as curvas podemos observar que a variação da cor, para todas as espécies, é mais acentuada nas primeiras horas em comparação com as horas seguintes, comprovando a tendência evidenciada na figura 2.

4. CONCLUSÕES

A espectrocolorimetria se mostrou uma ferramenta interessante para a avaliação da degradação da madeira. O envelhecimento acelerado por radiação ultravioleta também se mostrou eficiente e dá uma boa expectativa futura no que diz respeito a variações das propriedades colorimétricas da madeira.

Todas as espécies madeireiras estudadas apresentaram escurecimento (diminuição da variável colorimétrica L^*) devido à ação da radiação ultravioleta. Houve alteração da cor. O consumidor deve ser alertado para o fato de que a madeira pode alterar a sua cor com o passar dos anos.

Para uma melhor avaliação dos efeitos do intemperismo na cor da madeira, recomenda-se novo estudo considerando outros fatores degradantes além da luz, tais como a umidade, temperatura e fatores bióticos.

5. REFERÊNCIAS

CAMARGOS, J.A.A.; GONÇALEZ, J.C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Revista Brasil Florestal**, Brasília, n. 71, p. 30-41. set. 2001.

CHANG, H.-T.; CHANG, S.-T. Correlation between softwood discoloration induced by accelerated lightfastness testing and by indoor exposure. **Polymer Degradation and Stability**. n.72, p. 361 – 365. 2001.

CREPALDI, L. A influência das cores na decisão de compras: um estudo do comportamento do consumidor no ABC paulista. In: Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, 29., 2006. Brasília. **Anais...** São Paulo: Intercom, 2006. CD-ROM.

FARINA, Modesto. **Psicodinâmica das cores em comunicação**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1986.

MELCHIADES, F.G.; BOSCHI A.O. Cores e tonalidades em revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, 4, p. 11-18, 1999.

MITSUI, K. Changes in the properties of light-irradiated wood with heat treatment. Part 2. Effect of light-irradiation time and wavelength. **Holz Roh Werkst**. V. 62, p. 23-30, 2004.

MITSUI, K. TSUCHIKAWA, S. Low atmospheric temperature dependence on photodegradation of wood. **Journal of Photochemistry and photobiology B: Biology**. V. 81 2005. p.84-88.