

Tratamento Termomecânico e seus Efeitos nas Propriedades da *Simarouba amara* (Aubl.)

Ana Salgado Freitas¹, Joaquim Carlos Gonçalves¹,
Cláudio Henrique Del Menezzi¹

¹Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília – UnB, Brasília/DF, Brasil

RESUMO

A pressão concentrada em pequeno grupo de espécies tropicais torna necessário maior investimento em estudos e técnicas de melhoramento em espécies menos conhecidas na tentativa de direcioná-las para usos múltiplos. Este trabalho tem por objetivo avaliar a influência do tratamento termomecânico nas propriedades colorimétricas e no módulo de elasticidade da madeira de marupá, com a finalidade de utilizá-la no segmento de pisos. Os resultados mostraram uma mudança significativa, com efeito da temperatura na cor e na propriedade de elasticidade da madeira. Em geral, houve uma melhora no módulo de elasticidade dinâmico, enquanto a velocidade variou de acordo com cada tratamento apresentado, tendo-se valores mais baixos para os tratamentos com maior pressão. A madeira escureceu (menores valores L^* e maiores valores de a^*) com a aplicação da temperatura. As cores da madeira de marupá após os tratamentos, aliadas à propriedade de elasticidade potencializam essa espécie como opção para a indústria de pisos.

Palavras-chave: madeira, termodensificação, colorimetria.

Thermomechanical Treatment and the Effects on the Properties of *Simarouba amara* (Aubl.)

ABSTRACT

The pressure concentrated in a small group of tropical species necessitates greater investment in research and breeding techniques in lesser known species in an attempt directs them to multiple uses. This work aims to evaluate the influence of thermomechanical treatment on colorimetric properties and modulus of elasticity of timber marupá, in order to use it on the floor segment. The results showed a significant change with temperature effect on the color and the property of elasticity of wood. In general, an improvement in dynamic elastic modulus as the speed varied with each treatment shown, having lower values for the treatments with high pressure. The dark wood (lower L^* values and higher values of a^*) with application of temperature. The colors of wood marupá after treatments, combined with property of elasticity enhances this species as an option for the flooring industry.

Keywords: wood, termodensification, colorimetric.

1. INTRODUÇÃO

A utilização concentrada de madeiras amazônicas, em uma baixa variedade de espécies, gera exploração predatória da floresta que acarreta na redução do seu valor econômico. Essa situação é causada, em grande parte, devido à falta de pesquisas de outras espécies, sobretudo das escassas informações de suas características tecnológicas.

Nesse contexto, o estudo das espécies amazônicas torna-se de grande importância, para que espécies pouco conhecidas possam ser utilizadas pela indústria. A madeira pode ser usada nos mais variados setores industriais como, por exemplo, no segmento de pisos, onde se tem um alto valor agregado e no qual a demanda tem crescido nos últimos anos. Segundo Lopes (2012), para esse fim, grande parte da matéria-prima se concentra no uso de madeiras como ipê, cumaru, maçaranduba e jatobá.

O piso é um dos itens fundamentais na hora de construir ou reformar a casa. Ao avaliar as opções, é preciso encontrar beleza e funcionalidade no revestimento. É por isso que um dos revestimentos mais requisitados é o piso de madeira. O material é um dos preferidos por ter alta durabilidade e combinar com qualquer decoração, além de trazer charme e transmitir conforto ao ambiente.

Na tentativa de viabilizar a madeira de marupá para esse segmento, contribuindo dessa forma para tornar essa cadeia de produção mais sustentável, pesquisas têm sido desenvolvidas com essa espécie.

O marupá (*Simarouba amara*), cuja densidade varia entre 0,45 a 0,55 g/cm³, é considerada uma madeira leve e de cor clara (Loureiro et al., 1979). Souza (1983) acrescenta que é uma madeira de fácil trabalhabilidade e boa de acabamento. Algumas dessas características dificultam a introdução dessa espécie no comércio de piso de madeira, que possui preferência por madeiras mais escuras e com maior densidade, pois são mais resistentes às deteriorações físicas e biológicas.

Para minimizar os pontos negativos que algumas espécies de madeira possuem existem vários tipos de tratamento, destacando-se, entre esses, o tratamento termomecânico. Esse tratamento pode ser uma das soluções para aumentar a qualidade e a competitividade dessas madeiras, pois agrega vários benefícios ao produto, como a melhoria de sua resistência biológica,

da estabilidade dimensional e também aumenta a resistência à radiação ultravioleta. O resultado é um material que, no fim do ciclo de vida, não apresenta um perigo ambiental, agregando um maior valor à madeira, com baixo custo e sem a utilização de produtos químicos (Andrade, 2011; Esteves & Pereira, 2009).

O tratamento termomecânico é uma oportunidade para que as madeiras leves e porosas tornem-se mais densas e possam ser utilizadas em situações onde é necessária maior resistência (Bekhta & Niemz, 2003).

No segmento de pisos, o valor estético da madeira também é um fator muito importante, a sua cor, aliada à figura, pode ser determinante para o seu uso (Gonzalez et al., 2001). A colorimetria quantitativa, por meio do sistema CIELAB-1976, vem sendo amplamente utilizada para indicações em usos finais da madeira (Camargos & Gonzalez, 2001).

A técnica do *stress wave* também é outro método não destrutivo bastante eficiente para avaliar o módulo de elasticidade da madeira, a qual está diretamente relacionada à sua resistência, parâmetro importante a considerar no uso desse material na fabricação de pisos. Esse método consiste na aplicação de uma onda de tensão (impacto) no material e análise do fenômeno de propagação desse estímulo. A velocidade de propagação da onda de tensão induzida e sua atenuação no material são os principais parâmetros analisados nesse caso.

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência do tratamento termomecânico nas propriedades de colorimetria e no módulo de elasticidade da madeira de marupá (*Simarouba amara*), utilizando métodos não destrutivos, como o sistema CIELAB 1976 e o *stress wave*, para ela ser utilizada na indústria de pisos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Preparação do material

As tábuas de marupá (*Simarouba amara*), nas dimensões 45 × 15 × 2,5 cm, foram adquiridas no mercado madeireiro do Distrito Federal. Logo após serem adquiridas, foram acondicionadas em câmaras climatizadas (temperatura média de 21 °C e 65% de umidade) no laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília. As amostras foram regularmente pesadas até atingirem massa constante antes de serem submetidas

ao tratamento, condição essencial para o início do tratamento termomecânico. Foi obtida a densidade aparente de cada amostra, de acordo com a norma ASTM D2395 (ASTM, 2007).

2.2. Tratamento termomecânico

Para o tratamento termomecânico utilizou-se a prensa hidráulica de laboratório equipada com dois pratos aquecidos por resistência elétrica, com controle de temperatura, tempo e pressão, presente na Fazenda Água Limpa, Universidade de Brasília – FAL/UnB.

Para analisar o efeito do tratamento termomecânico e determinar a melhor temperatura e pressão foram realizados pré-testes em diferentes temperaturas: 140 °C, 180 °C, 200 °C e 210 °C. A primeira e a última temperatura foram descartadas: aquela não apresentou nenhuma alteração aparente no material e a temperatura de 210 °C carbonizou a superfície da madeira, não atingindo a aparência desejada. O tempo de 30 minutos já havia sido pré-estabelecido, assim como a pressão de 50% e 75%, correspondentes a 7,94 MPa (50%) e 11,90 MPa (75%) da resistência a compressão perpendicular da madeira da *Simarouba amara* (4,41 MPa). Essas condições foram escolhidas baseadas no referencial teórico (Vasconcelos, 2012). Por fim, o tratamento foi realizado variando a temperatura determinada pelo pré-teste: 180 °C e 200 °C. Para se chegar nos valores da pressão referidos acima calculou-se com base na Equação 1.

$$PM = \frac{PE \times AC}{551,55} \tag{1}$$

em que: PM = pressão na prensa (kgf/cm²); PE = pressão pretendida (kgf/cm²); AC = área que será comprimida (cm²).

Foram realizados cinco tratamentos termomecânicos, incluindo a testemunha, com seis repetições cada, totalizando 30 amostras. Durante o tratamento foi utilizado um termômetro com três termopares, sendo um acoplado à madeira, outro ao prato da prensa e o último à placa de aço para acompanhamento da taxa de aquecimento (°C/s). Para que ocorra a densificação de apenas uma das superfícies, uma placa de aço de dimensões 50 × 5 × 50 cm foi colocada entre as amostras (Figura 1).

Os tratamentos podem ser assim resumidos como mostra a Tabela 1.

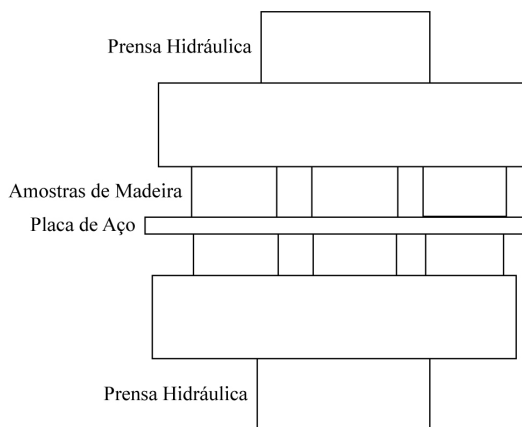


Figura 1. Caracterização da disposição das amostras na prensa.

Figure 1. Characterization of sample arrangement on the press.

Tabela 1. Tratamentos utilizados na pesquisa.

Table 1. Treatments used in the research.

Tratamentos	Temperatura, pressão e tempo	Pós-tratamento
T0*	-	-
T1	180 °C, 50% e 30 min	Sem pressão (30 min)
T2	180 °C, 75% e 30 min	Sem pressão (30 min)
T3	200 °C, 50% e 30 min	Sem pressão (30 min)
T4	200 °C, 75% e 30 min	Sem pressão (30 min)

*T0: testemunha (sem nenhum tratamento).

2.3. Pós-tratamento

Após as amostras atingirem temperatura interna definida nos tratamentos (180 °C e 200 °C) e permanecerem nessas condições por 30 min, a pressão foi retirada e as amostras permaneceram em contato com os pratos aquecidos da prensa, durante 30 minutos, com a finalidade de liberar as tensões internas da madeira, estabilizando as novas condições internas das tábuas.

As amostras tratadas retornaram à câmara de climatização, permanecendo até o equilíbrio higroscópico para a caracterização de suas propriedades. As amostras foram seccionadas em corpos de prova menores para a realização de ensaios de colorimetria e *stress wave*.

2.4. Colorimetria

A colorimetria (sistema CIELAB 1976) foi a técnica utilizada para determinar a alteração da cor da madeira após o tratamento termomecânico. Os parâmetros colorimétricos de avaliação foram L*, a*, b*, C e h*. O parâmetro L* indica luminosidade ou claridade; a* indica posição da cor sobre o eixo verde-vermelho; b*, a posição da cor sobre o eixo azul-amarelo; C, a cromaticidade ou saturação; e h*, o ângulo de tinta, de acordo com Gonzalez (1993). O espectrofotômetro utilizado foi o Color Eye XTH – X-Rite, com iluminante D65 e ângulo de 10° acoplado a um computador com o software Color iControl. Os parâmetros colorimétricos das amostras, que tinham dimensão 5cm de comprimento, 5 cm de largura e espessura variando entre os tratamentos (T0 = 2,45; T1 = 2,26; T2 = 1,51; T3 = 2; T4 = 1,54), foram medidos (10 leituras para cada amostra) na face tangencial da madeira. Para mensurar a alteração na cor da madeira antes e após os tratamentos (ΔE) foi utilizada a Equação 2 a seguir, de acordo com a norma ASTM D 2244/2009 (ASTM, 2009).

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

em que: ΔL = variação do parâmetro L* entre as amostras testemunha e tratadas; Δa = variação do parâmetro a* entre as amostras testemunha e tratadas; Δb = variação do parâmetro b* entre as amostras testemunha e tratadas; ΔE = variação da cor.

Para verificar a variação total da cor (ΔE) em cada tratamento, utilizou-se a Tabela 2. Essa tabela está baseada em níveis de percepção e faz uma classificação da variação total da cor (ΔE) de madeiras.

2.5. Stress wave

O Stress Wave Timer (SWT) da marca Metriguard modelo 239-A é um equipamento composto por dois transdutores acelerômetros dispostos sobre o material a ser medido e um relógio registrador da velocidade da onda. O processo de medição por meio desse equipamento consistiu na disposição do corpo de prova (34 × 3cm, com espessura variando de acordo com o tratamento – T0 = 2,45; T1 = 2,26; T2 = 1,51; T3 = 2; T4 = 1,54) entre os dois sensores com vão de 12 × a espessura do material, zerando-se o relógio registrador e liberando-se um pêndulo metálico que entra em choque com o sensor que emite a onda na face transversal do material, fazendo com que a onda percorra a madeira longitudinalmente até o

Tabela 2. Classificação de variação total da cor (ΔE^*) de madeiras.

Table 2. Classification of the total variation (ΔE) of wood's color.

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

receptor. Cada tratamento teve 18 repetições, sendo que cada corpo de prova passou por três medições. Dessa forma, determinou-se a velocidade de propagação da onda (Equação 3) e o módulo de elasticidade dinâmico (Equação 4), com as médias das repetições.

$$V = \frac{\text{Distância}}{t \times 10^{-6}} \quad (3)$$

em que: V = velocidade (m/s); Distância = vão (m) – 12 × a espessura da amostra; t = tempo (s).

$$MOEd = V^2 \times d \quad (4)$$

em que: MOEd = Módulo de Elasticidade Dinâmico (Mpa); V = velocidade (m/s); d 12% = densidade a 12% de umidade (g/m^3).

A análise do experimento foi realizada por meio da análise de variância (ANOVA), teste de média, comparações descritivas e análise fatorial no programa estatístico SPSS 21. Para comparar e verificar a existência de diferença significativa dos quatro tratamentos e a testemunha foi utilizado o teste Dunnett a 5% de significância, analisando-se assim o efeito de cada tratamento em relação às propriedades estudadas. Para identificar o efeito do aumento da temperatura ou da pressão ou a interação entre os fatores no módulo de elasticidade dinâmico e na velocidade, foi realizada uma Análise de Variância Fatorial, a 5% de significância, com dois fatores (temperatura e pressão) sendo dois níveis cada (180 °C e 200 °C; 50% e 75%).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Propriedades colorimétricas da madeira

Após o tratamento termomecânico houve uma perceptível alteração na cor das amostras da madeira de marupá entre os tratamentos. Lembrando que o trabalho se propõe a potencializar essa espécie para

uso na fabricação de pisos, e que a cor é um parâmetro fundamental para o propósito. Com o auxílio do sistema CIELAB e segundo a classificação proposta por Camargos & Gonzalez (2001), foi possível quantificar a mudança de cor ocorrida entre os tratamentos, determinando-se a “nova” cor da madeira após cada tratamento (Tabela 3).

A partir da Tabela 3 é possível observar que para todos os parâmetros os quatro tratamentos diferenciaram-se da testemunha de acordo com o teste de Dunnett, ou seja, todos contribuíram de forma significativa para a alteração da cor da madeira. Analisando-se individualmente cada elemento, o L^* , que expressa a claridade do material, variando de 0 (preto absoluto) a 100 (branco total), teve uma redução que variou de 21,79% a 52,82%. A Tabela 3 mostra um comportamento decrescente ao longo dos tratamentos, sendo T1 o que apresentou menor perda (66,53) e T4 o de maior perda (40,13).

Esse decréscimo na luminosidade é comum quando a madeira passa pelo processo de termorretificação, como é discutido por vários autores (Arruda, 2012; Oliveira, 2009; Del Menezzi, 2004). De acordo com Charrier et al. (2002), a oxidação de algumas substâncias resulta na perda de luminosidade na madeira e, por conseguinte, em menor valor do L^* .

Para o parâmetro a^* , as alterações também foram bem visíveis. O T1 foi o que apresentou menor aumento em relação à testemunha (8,42) e o T3, o que mais ganhou (11,14). Entre os tratamentos, a maior diferença representou um ganho de 32,30%, mas o ganho mais expressivo ocorreu na comparação com a testemunha, que mostrou um acréscimo variando entre 327% a 465%. O aumento do parâmetro a^* representou um deslocamento positivo no eixo verde-vermelho, tornando a madeira mais avermelhada.

Já em relação ao parâmetro b^* houve um aumento do pigmento amarelo nos tratamentos T1, T2 e T3. Nas condições mais severas (200 °C, 75%), T4

apresentou redução no eixo azul-amarelo, mostrando que a madeira se tornou mais azulada. Pincelli et al. (2012) relatam que os compostos cromóforos associados às ligninas e aos extrativos conferem a cor amarelada à madeira; entretanto, o tratamento térmico degrada esses compostos, reduzindo a matriz amarelo (b^*).

A saturação apresentou o mesmo comportamento descrito acima: aumentou nos três primeiros tratamentos e reduziu-se nas condições mais severas. Nos estudos de Zanuncio et al. (2014), os parâmetros C e b^* apresentaram comportamento semelhante. Não houve redução a 140 °C, seguida de queda nas temperaturas de 170 °C, 200 °C e 230 °C. Os valores de saturação (C) dependem da matriz vermelho (a^*) e amarelo (b^*). Na medida em que os valores de b^* para madeira são em geral maiores que os de a^* , assume-se que a matriz amarelo (b^*) tem mais influência sobre a saturação, o que explica o comportamento semelhante entre b^* e C.

O ângulo de tinta (h) foi reduzido ao longo dos tratamentos, sendo a menor redução observada no T1, 15,34%, e a maior no T4, 31. A redução do parâmetro h mostra que a madeira está escurecendo, assim como está ocorrendo a redução de L^* , resultados complementares.

A variação de cor foi calculada pelo ΔE , que é dado pelo somatório de ΔL^* , Δa^* e Δb^* , sendo todas as variáveis elevadas ao quadrado.

O ΔE foi aumentando ao longo dos tratamentos (Figura 2), sendo o tratamento mais severo (T4) o que obteve maior alteração, 45,81, e o tratamento mais brando (180 °C, 50%) o que obteve menor alteração, o que mostra que não é apenas a temperatura que influi nos resultados, a pressão também tem grande participação no ΔE . Gouveia (2008), em seu trabalho, também constatou o aumento do ΔE para o marupá: quando tratado a 200 °C, a variação encontrada foi de 18,22.

Tabela 3. Cor da madeira de marupá após cada tratamento estudado.
Table 3. Color of marupá timber after each studied treatments.

Trat	L^*	a^*	b^*	C	h*	*Cor
T0	85,07	2,00	21,69	21,79	84,70	Branco-amarelado
T1	66,53*	8,42*	25,43*	26,79*	71,71*	Amarelo-claro
T2	59,42*	10,32*	25,66*	27,73*	67,86*	Marrom-oliva
T3	47,74*	11,14*	22,10*	24,75*	63,21*	Marrom-claro
T4	40,13*	9,58*	16,21*	18,90*	58,11*	Marrom-escuro

*Diferença significativa a 5% de significância pelo teste de Dunnett.

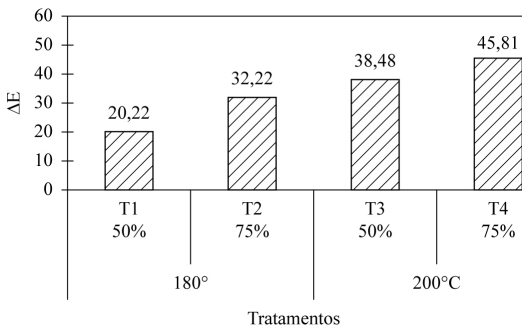


Figura 2. Resultado da alteração da cor ao longo dos tratamentos.

Figure 2. Results of color change over the treatment.

3.2. Propriedades dinâmicas da madeira

Com o auxílio do aparelho Stress Wave Timer foi verificado o módulo de elasticidade dinâmico e a velocidade. Os resultados do módulo de elasticidade dinâmico ao longo dos tratamentos são mostrados na Figura 3. De uma forma geral há um ganho no E_d , com exceção do T4, que apresenta uma perda não significativa. O único tratamento com ganho significativo foi o T2 (22,85%).

Pela análise estatística foi possível notar que o aumento da temperatura acarreta a perda dessas propriedades. No caso do E_d , o efeito da pressão não foi significativo e, portanto, não resultou no efeito esperado, que era a melhora do módulo de elasticidade dinâmico.

A partir do ensaio não destrutivo também foi possível calcular a velocidade de propagação da onda de tensão pelos CP. A Figura 4 traz o resultado para cada tratamento e para a testemunha.

Os tratamentos 2 e 4, pelo teste de Dunnett, tiveram redução significativa na velocidade, em 10,46% e 23,19%, respectivamente. Quando comparados com a testemunha (3.513,00 m/s), os demais tratamentos não se diferenciaram estatisticamente.

De acordo com a análise fatorial, as diferenças de temperatura e pressão são significativas. O aumento da pressão provoca, ao contrário do que se esperava, a diminuição da velocidade. Com a aplicação da pressão, esperava-se que houvesse uma redução dos espaços vazios internos e, conseqüentemente, a redução da descontinuidade do material, o que provocaria o aumento na velocidade. Tendo em vista isso, a provável explicação é que o aumento da pressão provocou

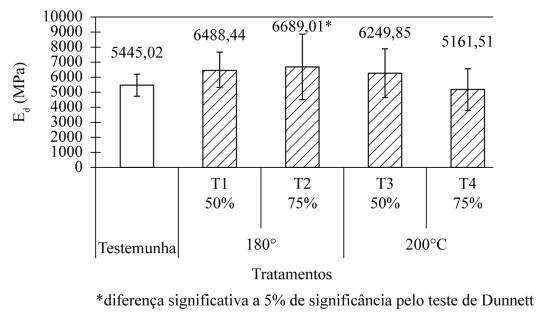
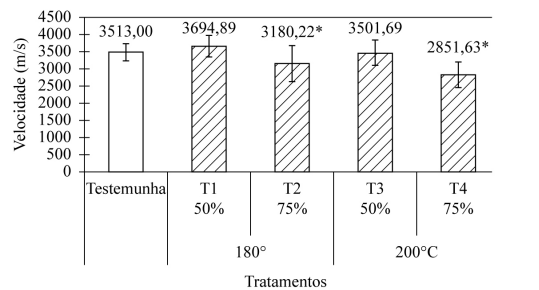


Figura 3. Resultados da E_d para os quatro tratamentos termomecânicos e a testemunha.

Figure 3. E_d results for the four thermomechanical treatments and the witness.



*diferença significativa a 5% de significância pelo teste de Dunnett

Figura 4. Resultados da velocidade para os quatro tratamentos e a testemunha.

Figure 4. Speed results for the four treatments and the witness.

colapsos celulares, acarretando na descontinuidade interna, o que dificulta a propagação das ondas.

Assim como a pressão, o aumento da temperatura também reduziu a velocidade: 83,81%. Esse comportamento também não era esperado, tendo em vista que o teor de umidade é um dos fatores que mais afetam a velocidade de propagação da onda de tensão na madeira e a elevação da temperatura tende a diminuir o TUE e, conseqüentemente, aumentar a velocidade de propagação da onda, como observado por Del Menezzi et al. (2007), que relatam que há uma tendência da v_p , medida após o tratamento, ser superior em comparação aos valores observados antes do tratamento e após a climatização, ou seja, a temperatura influencia de forma positiva na velocidade.

Em outros estudos, Del Menezzi et al. (2014) trabalharam com *Simarouba amara* tratada termicamente e concluíram através do teste T-pareado que no T1

(160 °C, 180 min) a velocidade do *stress wave* não foi significativamente maior (4,206 m/s × 4,319 m/s), sendo essa variação muito superior e significativa no T2 (200 °C, 70 min): 4,216 m/s × 5,714 m/s. Os autores atribuíram a alterações de polímeros (*cross-linking*, degradação e cristalinidade) a responsabilidade pelas mudanças observadas no ensaio não destrutivo.

Embora esses estudos apontem conclusões distintas, há concordância em que o tratamento térmico ou termomecânico altera as propriedades da madeira e de painéis, o que ratifica os resultados aqui encontrados.

4. CONCLUSÃO

A pesquisa desenvolvida permite concluir que o aumento da pressão afetou negativamente a propagação da velocidade da onda na madeira e o módulo de elasticidade dinâmico mostrou tendência a aumentar para a maioria dos tratamentos;

A madeira de marupá, inicialmente de cor branco-amarelado, após passar pelo tratamento mostrou resultado satisfatório pela avaliação colorimétrica. Dessa forma, a percepção visual foi confirmada pelo método não destrutivo do sistema CIELAB.

As cores da madeira após os tratamentos, aliadas à propriedade de elasticidade potencializa essa espécie como opção para a indústria de pisos.

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 24 abr., 2015

Aceito: 24 out., 2015

AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Ana Salgado Freitas

Departamento de Engenharia Florestal,
Universidade de Brasília – Unb, Campus
Universitário Darcy Ribeiro, CEP 70910-900,
Brasília, DF, Brasil
e-mail: nana_carola@hotmail.com

REFERÊNCIAS

American Society for Testing Materials – ASTM. *ASTM D2395: standard test methods for specify gravity for wood and wood-based materials*. Pennsylvania; 2007.

American Society for Testing Materials – ASTM. *ASTM C 1707: standard specification for specification pozzolanic hydraulic line for structural purposes*. Philadelphia; 2009. Annual Book of ASTM Standards.

Andrade EG. *Influência da termorreificação de amostras de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden nas propriedades físicas, dureza janka e flexão estática* [monografia]. Seropédica: Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2011.

Arruda LM. *Modificação termomecânica da madeira de amescla (Trattinnickia burseraefolia (Mart.) Willd.): efeito sobre as propriedades de lâminas e compensados* [dissertação]. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília; 2012.

Bekhta P, Niemz P. Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. *Holzforschung* 2003; 57(5): 539-546. <http://dx.doi.org/10.1515/HF.2003.080>.

Camargos JAA, Gonçalves JCA. Colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. *Brasil Florestal* 2001; 71.

Charrier B, Charrier F, Janin G, Kamdem DP, Irmouli M, Gonçalves JC. Study of industrial boiling process on walnut colour: experimental study under industrial conditions. *European Journal of Wood and Wood Products* 2002; 60(4): 259-264. <http://dx.doi.org/10.1007/s00107-002-0305-1>.

Del Menezzi CHS, Amorim MRS, Costa MA, Garcez LRO. Evaluation of thermally modified wood by means of stress wave and ultrasound nondestructive methods. *Materials Science* 2014; 20(1): 61-66. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ms.20.1.3341>.

Del Menezzi CHS, Tomaselli I, Souza MR. Avaliação não-destrutiva de painéis OSB modificados termicamente: parte 1- efeito do tratamento térmico sobre a velocidade de propagação de ondas de tensão. *Scientia Forestalis* 2007; (76): 67-75.

Del Menezzi CHS. *Estabilização dimensional por meio do tratamento térmico e seus efeitos sobre as propriedades de painéis de partículas orientadas (OSB)* [tese]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2004.

Esteves B, Pereira H. Novos métodos de proteção da madeira. In: *Anais do 6º Congresso Florestal Nacional: a floresta num mundo globalizado*; 2009; Ponta Delgada, Açores, Portugal. Ponta Delgada: SCPF; 2009. p. 421-428.

Gonçalves JC, Janin G, Santoro ACS, Costa AFDA, Valle ATDO. Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira. *Revista Brasil Florestal* 2001; 72: 47-48.

Gonçalves JC. *Caracterisation technologique de quatre especes peu connues de la foret amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques* [tese]. Nancy: Ministère de l'Agriculture et de la Pêche; 1993.

- Gouveia FN. *Aplicação de tratamentos térmicos para estabilização colorimétrica de madeiras tropicais* [tese]. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília; 2008.
- Lopes MDM. *Resistência à abrasão de onze espécies florestais* [monografia]. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília; 2012.
- Loureiro AA, Silva MF, Alencar JC. *Essências madeireiras da Amazônia*. Manaus: INPA; 1979. 187 p. v. 2.
- Oliveira RM. *Utilização de técnicas de caracterização de superfícies em madeiras tratadas termicamente* [tese]. São Paulo: Instituto de Física, Universidade de São Paulo; 2009.
- Pincelli ALPSM, Moura L, Brito JO. Effect of thermal rectification on colors of eucalyptus saligna and *Pinus caribaea* Woods. *Maderas: Ciencia y Tecnología* 2012; 14(2): 239-248. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2012000200010>.
- Souza MR. *Classificação de madeiras para instrumentos musicais*. Brasília: IBDF/DE/LPF; 1983. 21 p. Série Técnica, n. 6.
- Vasconcelos RG. *Efeito do tratamento termomecânico sobre propriedades da madeira do Gênero Pinus sp* [monografia]. Brasília: Universidade de Brasília; 2012.
- Zanuncio AJV, Farias ES, Silveira TA. Termorretificação e colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis*. *Floresta e Ambiente* 2014; 21(1): 85-90. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2014.005>.