

UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS PARA CARACTERIZAÇÃO SIMPLIFICADA DA MADEIRA DE CUMARU (*Dipteryx odorata* Willd)

Marcella Hermida de Paula¹
Robert Rossi Silva de Mesquita¹
Joaquim Carlos Gonzalez²
Edilene Silva Ribeiro³
Roberta Santos Souza⁴

RESUMO: A avaliação não destrutiva da madeira reúne técnicas que inferem informações importantes para caracterização tecnológica da madeira. São métodos de menor custo e mais rápidos, além de preservarem o material, representando uma opção econômica e prática. Desta forma, o objetivo deste estudo foi caracterizar a madeira de cumaru (*Dipteryx odorata*), de ampla comercialização no país, utilizando os métodos não destrutivos de ultrassom, ondas de tensão e colorimetria, visando a ampliação da utilização destas técnicas na caracterização tecnológica da madeira e a melhor empregabilidade desta espécie pela indústria madeireira. A madeira foi obtida no Laboratório de produtos Florestais (Serviço Florestal Brasileiro - Brasília - DF) e 10 corpos de prova de dimensões 2 cm x 2cm x 10cm (largura, espessura e comprimento) foram utilizados para determinar a densidade, enquanto 10 corpos de prova de 2cm x 2cm x 30cm foram utilizados nos ensaios não destrutivos de ultrassom, ondas de tensão (por meio de um equipamento de stress wave) e colorimetria (realizado utilizando os parâmetros colorimétricos do sistema CIELAB 1976). Os resultados obtidos foram que a madeira de cumaru apresenta densidade alta de 1,08 g/cm³, módulo de elasticidade dinâmico de 26.242 MPa utilizando o ultrassom e 18.359 MPa utilizando o stress wave timer. A madeira foi classificada como de cor amarela-amarronzada e apresentou a face radial praticamente indistinta estatisticamente da face tangencial.

Palavras-chave: Ultrassom; Stress wave; Colorimetria; *Dipteryx odorata*.

USE OF NON-DESTRUCTIVE METHODS FOR SIMPLIFIED CHARACTERIZATION OF WOOD CUMARU (*Dipteryx odorata* Willd) .

ABSTRACT: The non-destructive evaluation of timber assembles techniques that infer important information for the technological characterization of the wood. They consist on low-cost and quicker methods; beyond preserving the material, they represent an economic and practical alternative. Considering that, the goal of this study is to characterize the *Dipteryx odorata* timber, which is largely commercialized in the country, by applying non-destructive methods by ultrasound, stress wave and colorimetry, aiming to amplify the employment of said methods for timber characterization, and encourage the use of this specie on the wood industry. The samples were obtained in the Forestry Products Laboratory (from the Brazilian Forestry Service), specimens measuring 2 cm x 2 cm x 10 cm (width, thickness and length) were used to determine the density, other 10 specimens, measuring 2cm x 2cm x 30cm, were designed for the non-destructive ultrasound, stress waves and colorimetry tests (performed in accordance to the colorimetric parameters defined by the CIELAB 1976). The results obtained indicate that the timber studied presents an elevated density, 1,08 g/cm³, a dynamic modulus of elasticity of 26.242 MPa, according to the ultrasound, and 18.359 MPa, by using the stress wave timer. The timber color was classified as yellow-brownish, and its radius face was practically indistinct from the tangential face.

Key words: Ultrasound; Stress wave; Colorimetry; *Dipteryx odorata*.

¹ Mestre em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasília, Brasil. E-mail: marcellahermida@hotmail.com, robertflorestal@gmail.com.

² Dr. Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasília, Brasil. E-mail: goncalez@unb.br.

³ Professora do Departamento de Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso, Campo Novo do Parecis, Mato Grosso, Brasil. Doutoranda em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasília, Brasil. E-mail: Edilene.ribeiro@cnp.ifmt.edu.br.

⁴ Doutoranda em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasília, Brasil. E-mail: robertasantoz@gmail.com

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade a madeira é empregada para diversos fins. Por ser um material versátil e de fácil obtenção tornou-se indispensável para a evolução industrial, militar e tecnológica. Atualmente é essencial em diversos setores econômicos, tais como movelaria, energia, construção civil, produção de celulose entre outros.

A produção de madeira no Brasil vem aumentando nos últimos anos, entre 2009 e 2014 obteve um crescimento de 30% (CONSUFOR, 2014), com crescimento médio anual de 5%. Em 2013 a extração total de madeira foi superior a 283 mil toneladas de metros cúbicos (SFB, 2015), evidenciando a importância do uso desta matéria prima para a sociedade.

A flora brasileira possui uma das bases mais ricas do mundo em função, principalmente dos diferentes tipos de climas, relevos e solos presentes no território, estimando-se a presença de mais de 56.000 espécies de plantas (MMA, 1998), sendo que 11.120 espécies arbóreas somente na floresta Amazônica (HUBBELL et al., 2008), evidenciando a extensa diversidade de espécies lenhosas com potencial de uso.

A qualidade da madeira varia de acordo com a espécie e escolher sua destinação depende intimamente de caracterizar corretamente a madeira, o que levará um melhor aproveitamento do material para fabricação do produto final. É necessário traçar um perfil descritivo da madeira com ênfase nas informações de cunho físico, mecânico e organoléptico ao qual devem predizer a melhor utilização deste material, se na forma de madeira serrada, na forma de lâmina, para movelaria ou uso externo, potencializando assim o seu melhor uso.

A utilização de técnicas não destrutivas para caracterização da madeira vem ganhando espaço devido à possibilidade de reutilização da peça testada, confiabilidade dos valores obtidos e rapidez de aplicação do método.

Nos últimos anos, a avaliação não destrutiva da madeira tornou-se uma importante ferramenta na inferência de propriedades físicas e mecânicas deste material, devido, principalmente, ao baixo custo dos equipamentos, rapidez e praticidade dos testes, que podem ser aplicados por diferentes métodos, na avaliação dos parâmetros de qualidade da madeira (BALLARIN & NOGUEIRA, 2005).

Segundo SCHAD et al. (1996), todo método não destrutivo usa alguma forma de propagação de energia através ou em volta de um material para deduzir algumas características importantes do material examinado. Esta energia pode resultar de cargas estáticas ou dinâmicas ou ser gerada por ondas eletromagnéticas ou elásticas. Neste sentido, Teles (2014) cita Jayne (1959), que segundo este autor, a hipótese que fundamenta a avaliação não destrutiva da madeira propõe que a armazenagem de energia e as propriedades de dissipação da madeira, que podem ser medidas por meio não destrutivo, são controladas pelos mesmos mecanismos que determinam o comportamento deste material frente a solicitações estáticas. Dessa forma, em nível microscópico, as propriedades de armazenamento de energia são controladas pela orientação das células e pela composição estrutural, fatores que contribuem para a definição das características de elasticidade da madeira nas solicitações estáticas, sendo essas propriedades a frequência de oscilação na vibração ou transmissão da velocidade de propagação da onda. Assim, a dissipação da energia na madeira ocorre à medida que as vibrações livres são minimizadas por conta de defeitos, aumento de espaços vazios ocasionados por deterioração, rachaduras e por conta do intemperismo natural.

As ondas ultrassônicas e de tensão podem ser usadas por meio de equipamentos como o ultrassom e o stress wave e fornecerão características mecânicas da madeira. Assim, como a colorimetria define a cor da madeira de forma qualitativa e quantitativa.

O Cumaru (*Dipteryx odorata*) ocorre em toda a floresta Amazônica, da Venezuela ao Estado do Mato Grosso. Apresenta cerne e alburno distintos, o cerne é castanho-claro-amarelado; brilho moderado; cheiro e gosto imperceptíveis, densidade alta; dura ao corte; grã revessa; textura fina a média, aspecto fibroso atenuado; superfície pouco lustrosa. O cerne apresenta alta resistência ao ataque de organismos xilófagos e massa específica aparente a 15% de umidade de 1.090 kg/m³ (IPT, 2011). É uma madeira nobre, cujas características são diferenciadas das espécies comuns, apresentando alta resistência estrutural, sendo amplamente utilizada na indústria madeireira (ZAU et al., 2014).

O objetivo deste estudo foi caracterizar a madeira de cumaru (*Dipteryx odorata*) utilizando as técnicas não destrutivas ultrassom, ondas de tensão e colorimetria visando a ampliação da utilização destas técnicas na caracterização tecnológica da madeira e a melhor empregabilidade desta espécie pela indústria madeireira.

MATERIAL E MÉTODOS

Procedência da madeira e preparo dos corpos de prova

A madeira de cumaru (*Dipteryx odorata*) foi obtida no Laboratório de Produtos Florestais (Serviço Florestal Brasileiro – Brasília DF). Após a sua identificação, as pranchas de até 3,5m de comprimento foram desdobradas e confeccionados corpos de prova. Foram confeccionados 10 corpos de prova nas dimensões de 2cm x 2cm x 10cm (largura, espessura e comprimento) para a determinação da densidade e 10 corpos de prova de 2cm x 2cm x 30cm (largura, espessura e comprimento) para os ensaios não destrutivos de ultrassom, ondas de tensão por meio do equipamento de stress wave e colorimetria. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília.

Densidade

Para a determinação da densidade a 12%, os corpos de prova foram levados para a sala de climatização (20°C e 65% de umidade relativa) até atingirem teor de umidade preconizado. Os corpos de prova foram então pesados em balança digital e suas dimensões foram medidas nas direções tangencial radial e longitudinal, com um paquímetro digital, com precisão 0,01mm.

Para determinar a densidade foi utilizada a Equação 1:

$$D = \frac{M}{V} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

D = densidade a 12% (g/cm³);

M = massa a 12% de teor de umidade(g);

V = volume a 12% de teor de umidade (cm³).

Ensaio não destrutivos

Ultrassom

Para o estudo de ondas ultrassônicas foram utilizados os corpos de prova de dimensões de 2cm x 2cm x 30cm. Estas amostras apresentaram uma orientação longitudinal e as duas faces planas, rigorosamente paralelas. Para cada variação da seção transversal foram feitas medições do tempo de propagação da onda ultrassônica longitudinal. O equipamento utilizado foi da marca USLab, da empresa Agricef com frequência de 45 kHz (Figura 1).

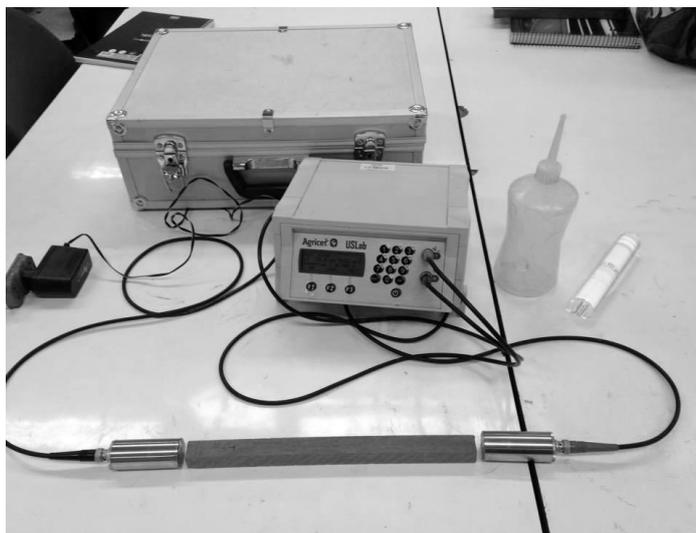


Figura 1. Equipamento de Ultrassom USLab.

Com os valores dos tempos de propagação e tendo-se a distância percorrida, foram calculadas as velocidades de propagação para cada um dos corpos de prova, de acordo com a Equação 2.

$$V = C/t \times 10^6$$

Eq.(2)

Em que:

C = Comprimento dos corpos de prova (m);

V = velocidade de propagação de ondas (m/s);

t = tempo de propagação da onda corpo de prova (s)

Obtidos os dados de velocidade de propagação da onda, calculou-se o módulo de elasticidade dinâmico (MOE_d) no sentido longitudinal do corpo de prova, segundo a Equação 3.

$$MOE_{du} = \rho_{12\%} \times V^2$$

Eq.(3)

Onde:

MOE_{du} = módulo de elasticidade dinâmico (kgf/cm²)

V = velocidade da propagação da onda (m/s);

$\rho_{12\%}$ = densidade a 12% de umidade (g/cm³)

Obs: Os resultados foram expressos em MPa. Foi desconsiderada a aceleração da gravidade.

Ondas de tensão

Os mesmos corpos de prova utilizados no ensaio de ultrassom foram usados para o ensaio com o Stress Wave. O equipamento utilizado foi o da marca Metriguard, modelo 239A (Figura 2).

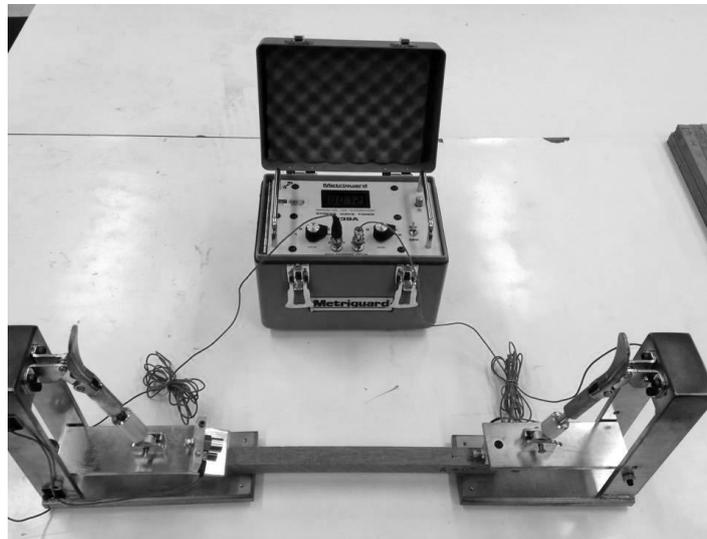


Figura 2. Equipamento Stress Wave Timer 239A (Metriguard Inc.).

As amostras foram posicionadas entre dois acelerômetros, um em cada extremidade das peças. O primeiro sensor foi posicionado no lado onde foi produzido o impacto que gerou a onda de tensão, e o segundo no lado oposto. Desta forma o tempo de propagação começou a ser contado quando a onda de tensão chegou ao acelerômetro de partida e terminou quando esta atingiu o acelerômetro de parada, o resultado foi visualizado automaticamente no visor

do aparelho. Foram feitas três medições de tempo de propagação da onda para cada amostra, totalizando 30 medições para a espécie.

Obtidos os dados de velocidade de propagação da onda por meio da média das medições para cada amostra e a distância entre transdutores, calculou-se o módulo de elasticidade dinâmico (MOEds) no sentido longitudinal do corpo-de-prova, utilizando a Equação 3. Também foi desconsiderada a aceleração da gravidade, para o cálculo do MOEds

Colorimetria

O ensaio de colorimetria da madeira foi realizado utilizando um espectrofotômetro, marca X-Rite e modelo Color Eye XTH com resolução de 3nm, equipado com uma esfera integradora de refletância difusa, iluminante D65 e ângulo de 10°, em temperatura ambiente, acoplado a um microcomputador (Figura 3).



Figura 3. Espectrofotômetro utilizado no ensaio de colorimetria.

Nos mesmos corpos de prova de determinação do MOEd (ultrassom e stress wave) realizou-se 15 leituras por face (radial e tangencial) do corpo de prova, totalizando 150 medidas. A metodologia adotada para a determinação dos parâmetros colorimétricos foi o sistema CIELAB 1976, conforme Gonzalez (1993).

O sistema CIELAB, trabalha de acordo com a norma CIE «Commission Internationale de L'Éclairage» 1976 e é caracterizado por três diferentes parâmetros (L^* , a^* e b^*) em um espaço de cor tridimensional descrito por Konica Minolta (1998).

A variável L^* representa a luminosidade ou claridade, a qual varia de zero (preto) à 100 (branco) enquanto que, a^* e b^* representam as coordenadas cromáticas, ambas variando entre -60 e +60. A saturação (C) é a distância radial entre a localização da cor e o centro do espaço, e está diretamente ligada com a concentração do corante ou pigmento. A tonalidade ou o ângulo de tinta (h^*) define a cor em si. No diagrama do sistema CIELAB, os sinais positivos e negativos significam: $+a^*$ aumento na cor vermelha, $-a^*$ aumento na cor verde, $+b^*$ aumento na amarela e $-b^*$ aumento na cor azul, representando a tonalidade.

Os parâmetros colorimétricos determinados neste trabalho foram L^* (claridade), coordenadas a^* (coloração vermelha) e b^* (coloração amarelo), C (saturação) e h^* (ângulo de tinta). Para o cálculo dos parâmetros C (saturação) e h^* (ângulo de tinta), foram utilizadas as equações (4) e (5), conforme procedimento descrito por Gonzalez (1993).

$$C = \frac{(a^{*2} + b^{*2})}{2}$$

Eq.(4)

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

Eq.(5)

Análises estatísticas

Os resultados obtidos nos ensaios foram submetidos à análise estatística descritiva, consistindo nas médias, máximos e mínimos, além de desvios padrões e coeficientes de variação. Também se realizou análise de regressão e teste F para o ensaio de colorimetria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Densidade

A densidade a 12% encontrada para a madeira de cumaru foi de 1,08 g/cm³, com desvio padrão de 0,05 g/cm³, valor máximo de 1,16 g/cm³, mínimo de 1,01 g/cm³ e

coeficiente de variação de 4,83%. A densidade encontrada classifica a madeira como de alta densidade de acordo Melo (1990). Gonzaga (2006) definiu a madeira de *Dipteryx odorata* como de alta densidade, assim como a do estudo. Del Menezzi et al. (2010) encontraram o valor de 1,22 g/cm³ para a densidade do cumaru. Segundo o IPT (1989) o cumaru apresentou um valor de densidade parecido com o das literaturas já citadas e a deste estudo, de 1,09 g/cm³, para 15% de teor de umidade.

Ultrassom e Stress Wave Timer

Os resultados dos ensaios de ultrassom e stress wave referentes à velocidade de propagação da onda e o módulo de elasticidade dinâmico são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Velocidade de propagação e módulo de elasticidade dinâmico para os ensaios de ultrassom e stress wave da madeira estudada.

	Avaliação não destrutiva			
	Ultrassom		Stress Wave Timer	
	Velocidade (m/s)	MOEdu (MPa)	Velocidade (m/s)	MOEds (MPa)
Média	4.931	26.242	4.125	18.359
Máximo	5.181	28.926	4.327	19.481
Mínimo	4.637	24.505	3.846	15.939
Desvio padrão	164,81	149,00	161,75	100,99
CV (%)	3,34%	5,68%	3,92%	5,99%

MOEdu: Módulo de elasticidade dinâmico ultrassom; MOEds: Módulo de elasticidade dinâmico Stress Wave.

Os valores para módulo de elasticidade dinâmico encontrados no estudo foram de 26.242 MPa utilizando o ultrassom e 18.359 MPa utilizando o stress wave timer. Segundo o IPT (1989) o módulo de elasticidade da madeira de cumaru é de 18.547 MPa, valor inferior ao encontrado nesse estudo e mais próximo ao obtido pelo stress wave . Melo (2010) encontrou por meio do ensaio de flexão estática valores de módulo de elasticidade que variaram de 12.350 MPa a 15.507 MPa, novamente inferiores aos encontrados por este estudo e mais próximos ao encontrado pelo stress wave. Já Del Menezzi et al. (2010) encontraram o valor de 21.350 MPa para o módulo de elasticidade dinâmico utilizando o ultrassom e Pilocelli et al.

(2015) em seu estudo constataram que o ultrassom mostrou-se eficaz para a determinação do módulo de elasticidade dinâmico da madeira de cumaru e de outras espécies.

Tanto o MOE_d como o MOE_s mostraram valores próximos aos encontrados na literatura citada, potencializando ambas as técnicas como ferramentas para determinação do módulo de elasticidade da madeira. No entanto, devido a maior proximidade dos valores do MOE_s com o módulo de elasticidade estático, esta tecnologia parece apresentar um melhor desempenho para esta finalidade.

Colorimetria da madeira

A Tabela 2 mostra os valores dos parâmetros colorimétricos médios que caracterizam a madeira de cumaru.

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira em estudo.

	Parâmetros colorimétricos				
	L*	a*	b*	C	h*
Média	50,87	12,71	24,66	27,75	62,75
Desvio Padrão	3,55	1,37	2,08	2,32	1,87
CV(%)	6,98%	10,75%	8,43%	8,35%	2,99%
Máximo	62,62	16,78	30,42	34,39	68,45
Mínimo	42,97	9,04	18,41	21,58	58,33

Em que: L* = luminosidade; a* = matizes do eixo vermelho-verde; b* = matizes do eixo amarelo-azul; C = saturação; h* = ângulo de tinta.

Observa-se que ambas as coordenadas (a* e b*) exercem influência marcante na caracterização da cor desta espécie. No entanto, devido a maior influência da coordenada b*, a cor da madeira desta espécie situa-se no 1º quadrante do sistema Cielab 1976, mais próximo do eixo amarelo. O ângulo de tinta h* (62,75) confirma a proximidade da cor da espécie deste eixo. Tomando-se como base a tabela de cores sugerida por Camargos & González (2001), a madeira de cumaru pode ser classificada como amarela-amarronzada. Verificou-se ainda que esta espécie apresenta a cor da face tangencial e radial indistintas visualmente.

Stargelin et al. (2013) encontraram os valores dos parâmetros colorimétricos para a madeira de cumaru iguais a 48,2 para L*, de 9,1 para a* e de 18,7 para b*, o que passaria a

classificar a madeira como marrom-escuro. Segundo Gonzalez (1993) vários fatores podem influenciar a cor da madeira, tais como estrutura anatômica, composição química, método de derrubada, posição da amostra na árvore, condições do meio ambiente, a altura, o diâmetro e a idade da árvore, além de fatores genéticos inerentes a cada espécie.

A Tabela 3 apresenta os valores dos parâmetros colorimétricos da madeira de cumaru, considerando as faces radial e tangencial.

Tabela 3. Valores dos parâmetros colorimétricos da madeira de cumaru nas faces radial e tangencial.

Face		Parâmetros colorimétricos				
		L*	a*	b*	C	h*
Tangencial	Média	50,79a	12,58a	24,23a	27,32a	62,55a
	DesvPad	3,24	1,47	2,41	2,70	1,73
	CV(%)	6,38%	11,64%	9,94%	9,87%	2,76%
	Máximo	58,01	16,78	30,42	34,39	66,62
	Mínimo	42,97	10,15	18,41	21,58	58,33
Radial	Média	50,94a	12,82a	25,08b	28,18b	62,93a
	DesvPad	3,84	1,25	1,58	1,77	2,00
	CV(%)	7,54%	9,76%	6,32%	6,28%	3,18%
	Máximo	62,62	15,66	29,94	33,78	68,45
	Mínimo	44,27	9,04	22,52	24,40	59,01

Em que: L* = luminosidade; a* = matizes do eixo vermelho-verde; b* = matizes do eixo amarelo-azul; C = saturação; h* = ângulo de tinta. Valores assinalados com letras diferentes para as médias, dentro da mesma coluna, diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de F.

Conforme previsto, após análise visual das amostras, verificou-se uma homogeneidade de cor para as duas faces da madeira. Após a aplicação do teste de F por meio da ANOVA, a 5% de probabilidade, foi confirmado pelos parâmetros colorimétricos que existem diferenças estatísticas entre as médias de apenas dois parâmetros colorimétricos, referentes ao pigmento amarelo (b*) e a saturação de cor (C). A face radial da madeira desta espécie praticamente não difere da face tangencial. Esta informação é muito importante para quem for utilizar a madeira. Ribeiro et al., (2005) e Gonzalez (1993) verificaram tendências diferentes para outras madeiras tropicais, que apresentaram sua face radial de cor mais clara que a tangencial. Este resultado torna-se muito interessante sob o ponto de vista prático, pois o industrial não precisa ter a preocupação no desdobro desta madeira quanto à homogeneidade de sua cor. Tanto o desdobro tangencial como o radial apresentará madeira de cores similares.

CONCLUSÃO

A madeira de cumaru (*Dipteryx odotara*) foi considerada como de densidade alta. Os valores médios das propriedades de módulo de elasticidade dinâmico calculados por meio de técnicas não destrutivas foram próximos dos módulos de elasticidade encontrados na literatura, principalmente para o stress wave, o que mostra que a técnica teve um melhor desempenho. Estes dados mostram que a madeira apresenta ótima resistência à flexão estática.

A madeira de cumaru foi classificada como de cor amarela-amarronzada. A cor da face radial apresentou-se bem próxima da cor da face tangencial, nos fornecendo a informação de que a madeira ao ser desdobrada nos dois sentidos apresenta coloração bem uniforme.

As características estudadas apresentaram-se favoráveis, classificando-a como madeira pesada, resistente e com coloração atrativa, mostrando esta espécie possui alto potencial econômico e de utilização. Apesar de ser uma madeira de alta densidade, por agregar mais valor, a indústria moveleira pode representar-se como uma alternativa para o aproveitamento deste material.

Agradecimentos

Ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília (UnB), pelo apoio na elaboração do estudo e fornecimento dos equipamentos necessários para a realização dos ensaios, ao Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro (SFB) pela assistência durante o estudo e disponibilização da madeira estudada e à Carpintaria do IBAMA pela confecção dos corpos de prova.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGOS, J. A. A; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Floresta**, nº71, setembro, 2001.

CONSUFOR. **Relatório de mercado: Produção Industrial (Setembro/2014)**. Curitiba, 2014. Disponível em: <http://www.consufor.com:7080/blog/uploads/Artigos/PROD_IND_2014_09.pdf>. Acesso em 27/05/2015.

BALLARIN, A.W.; NOGUEIRA, M. Determinação do módulo de elasticidade da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* por ultra-som. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p.19-28, jan./abr. 2005.

DEL MENEZZI et al. Estimativa das propriedades de flexão estática de seis espécies de madeiras amazônicas por meio da técnica não destrutiva de ondas de tensão. **Acta Amazônica**. Vol.40(2). 2010.

GONÇALEZ, J. C. Caracterisation technologique de quatre especes peu connues de la forêt Amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques. Nancy, 1993. 445 f. **Thèse** (Doctorat en Sciences Forestières) - Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Nancy, France, 1993.

GONZAGA, A. L. **Madeira: Uso e conservação**. Cadernos Técnicos n.6. IPHAN/MONUMENTA. 246 p. Brasília, 2006.

HUBBELL et al. How many tree species are there in the Amazon and how many of them will go extinct. **PNAS**, v.105, aug. 2008. p.11498–11504.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo). **Informações sobre Madeiras**. 2011. Disponível em: <http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira> Acesso em: 27/05/2015

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo). **Fichas de Características das Madeiras Brasileiras**. 2a ed. São Paulo: IPT, 1989a. 418p.

JAYNE, B.A. Vibrational properties of wood as indices of quality. **Forest Products Journal**. v. 9, n. 11, p.413–416, 1959.

KONICA MINOLTA SENSING Inc. **Comunicação precisa da cor**. 1998. 57 p.

MELO et al. Classes de densidade de madeira para a Amazônia brasileira. In: **Anais do Congresso Florestal Brasileiro 6**: 695-699. 1990. São Paulo, SP, Brasil. 1990.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Primeiro relatório nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica**. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília, 1998.

PILOCELLI et al. Resistência natural das madeiras de cumaru, cedrinho e paricá submetidas a ensaios de deterioração de campo. **Ciência da Madeira**. Vol.6.n.1. 2015.

RIBEIRO et al. Avaliação colorimétrica das faces radial e tangencial da madeira de Tauari (*Allantoma lineata*) visando sua utilização em interiores. **Anais da 57ª Reunião Anual da SBPC - Fortaleza, CE, Julho, 2005**.

SCHAD, K. C.; SCHMOLDT, D. L.; ROSS, R. J. **Nondestructive methods for detecting defects in softwood logs**. US Forest Laboratory. Research Paper FPL n. 546, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, fev. 1996.

SFB (Serviço Florestal Brasileiro). **Sistema Nacional de Informações Florestais: Produção florestal, extração anual madeireira.** Brasil, 2015. Disponível em <<http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/consumo>> acesso em: 27/05/2015

STARGELIN et al. Monitoramento da biodeterioração da madeira de três espécies amazônicas pela técnica da colorimetria. **Acta Amazônica**. VoL. 43(4) 2013.

TELES, R. F. Ensaio não destrutivo para avaliar o desempenho de madeiras amazônicas tratadas quimicamente. **Tese de Doutorado** (Ciências Florestais) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2014. 195p.

ZAU, M. D. L. et al. Painéis aglomerados Produzidos com Resíduo de Madeira da Amazônia -Cumaru (*Dipteryx Odorata*) e Resina Poliuretana à Base de Óleo de Mamona. Artigo Técnico Científico: **Polímeros**, vol. 24, n. 6, p. 726-732, 2014.