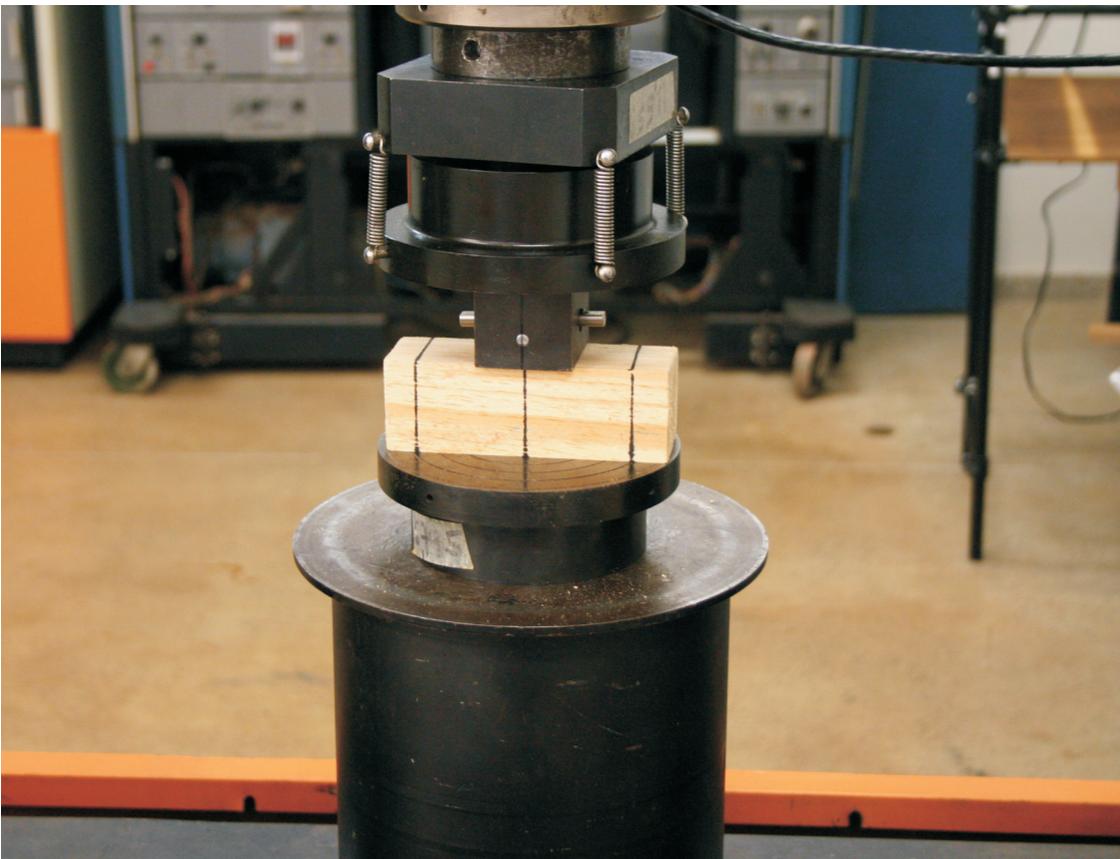


**Propriedades Mecânicas da Madeira
de cinco Procedências de *Pinus
caribaea* var. *hondurensis* Implantadas
no Cerrado do Distrito Federal, DF**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 251

Propriedades Mecânicas da Madeira de cinco Procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Implantadas no Cerrado do Distrito Federal, DF

*Sebastião Pires de Moraes Neto
Ricardo Faustino Teles
Thiago Oliveira Rodrigues
Ailton Teixeira do Vale
Mário Rabelo de Souza*

Embrapa Cerrados
Planaltina, DF
2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Fernando Antônio Macena da Silva*

Secretária-Executiva: *Marina de Fátima Vilela*

Secretária: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Jussara Flores de Oliveira Arbués*

Equipe de revisão: *Francisca Eljani do Nascimento*

Jussara Flores de Oliveira Arbués

Assistente de revisão: *Elizelva de Carvalho Menezes*

Normalização bibliográfica: *Paloma Guimarães Correa de Oliveira*

Editoração eletrônica: *Jéssica Spíndula*

Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Foto(s) da capa: *Ricardo Faustino Teles*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

Alexandre Moreira Veloso

1ª edição

1ª impressão (2009): tiragem 100 exemplares

Edição online (2009)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

P965 Propriedades mecânicas da madeira de cinco procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* implantadas no cerrado do Distrito Federal, DF / Sebastião Pires de Moraes Neto... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2009.

20 p. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X, ISSN online 2176-509X ; 251).

1. Madeira. 2. Pinus. I. Moraes Neto, Sebastião Pires de. II. Série.

634.9751 - CDD 21

© Embrapa 2009

Sumário

Resumo	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	7
Módulo de ruptura (MOR) à flexão estática.....	10
Módulo de elasticidade (MOE) à flexão estática.....	10
Resistência à ruptura à compressão paralela às fibras	10
Resistência no limite proporcional à compressão perpendicular às fibras.....	11
Resistência à ruptura ao cisalhamento	12
Resultados e Discussão.....	13
Conclusões.....	18
Referências	18

Propriedades Mecânicas da Madeira de cinco Procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Implantadas no Cerrado do Distrito Federal, DF

*Sebastião Pires de Moraes Neto*¹; *Ricardo Faustino Teles*²; *Thiago Oliveira Rodrigues*³; *Ailton Teixeira do Vale*⁴; *Mario Rabelo de Souza*⁵

Resumo

Pinus caribaea var. *hondurensis* é uma espécie tropical que ocorre naturalmente nas terras baixas da América Central e no Leste do México. No Brasil, existem plantios comerciais dessa espécie especialmente para fins de serraria, resina e celulose. Para seu uso em estruturas, existe a necessidade do conhecimento de suas propriedades físicas e mecânicas. Este trabalho tem como objetivo analisar as variações das propriedades mecânicas da madeira de cinco procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis*. Para tanto, toretes foram retirados para teste quando as árvores tinham 23 anos de idade. Observou-se que não houve diferença estatística entre as propriedades mecânicas da madeira das cinco procedências e que o valor médio das procedências em relação à resistência à compressão paralela às fibras a enquadra na classe C30, a maior entre as coníferas, de acordo com a norma NBR 7190.

Termos para indexação: madeiras comerciais, propriedades da madeira.

¹ Engenheiro Florestal, D.Sc., Pesquisador Embrapa Cerrados, spmoraesn@cpac.embrapa.br

² Engenheiro Florestal, M.Sc., Consultor técnico da Fundação de Tecnologia Florestal e Geoprocessamento (Funtec/DF), rfteles@gmail.com

³ Engenheiro Florestal, M.Sc., Diretor da Fundação de Tecnologia Florestal e Geoprocessamento (Funtec/DF), thor79br@yahoo.com.br

⁴ Engenheiro Florestal, D.Sc., Professor do Departamento de Ciências florestais da UnB, ailtontv@unb.br

⁵ Físico, Ph.D., Pesquisador do Ibama, mario.souza@ibama.gov.br.

Mechanical Properties of Wood from five Provenances of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Located in Federal District Savannah

Abstract

Pinus caribaea var. *hondurensis* is a tropical species that occurs naturally in the lowlands of Central America and eastern Mexico. In Brazil, there are commercial plantations of this species in particular for the sawmill, pulp and resin. For its use in structures is necessary knowledge of its physical and mechanical properties. This paper aims to examine changes in mechanical properties of wood from five provenances of *P. caribaea* var. *hondurensis*. Thus, wood samples were removed for testing when the trees were 23 years of age. It was observed that there was no statistical difference among the mechanical properties of wood from five sources, and that the average value of them in relation to resistance to compression parallel to the fibers fits in class C30, the higher among the conifers, according to standard NBR 7190.

Index terms: timber trades, wood properties.

Introdução

Pinus caribaea var. *hondurensis* é uma espécie tropical que ocorre naturalmente nas terras baixas de Belize, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua, e numa localidade do Estado de Quintana Roo, México. A espécie tem grande importância comercial em locais como Queensland, Austrália, Região Norte e Central do Brasil, Ilhas Fiji e Venezuela (Moura e Dvorak, 2001). Essa espécie pode ser usada para arborização de parques e jardins, celulose, estacas e moirões, laminação, lenha e carvão, particulados (aglomerado, OSB, waferboard), resina e serraria (Martó et al., 2009).

As propriedades físicas e mecânicas das madeiras são muito importantes no que se refere às aplicações a que serão destinadas. Desse modo, aliado a outros aspectos (econômicos, estéticos, durabilidade, trabalhabilidade, etc.), as madeiras podem ser classificadas e agrupadas em usos a que se mostram mais adequadas, por exemplo, estruturas, uso em ambientes internos e externos de habitações, móveis, painéis, embalagens, etc.

Entre as principais propriedades físicas da madeira, estão a massa específica (massa por volume) ou densidade e a estabilidade dimensional (contração e inchamento em função do teor de umidade) e, entre as mecânicas, estão a resistência a esforços de compressão, flexão, tração, cisalhamento e fendilhamento (ARAÚJO, 2002).

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo determinar as propriedades mecânicas da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de cinco procedências da América Central implantadas no Cerrado do Distrito Federal.

Material e Métodos

As sementes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* foram coletadas de 172 árvores mães em Honduras e na Guatemala pela Central America

and Mexico Coniferous Resources Cooperative (Camcore) e a National School of Forest Science (Esnacifor), localizado em Siguatepeque, Honduras.

Foi estabelecido um ensaio na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, com cinco procedências centro-americanas, representado por 47 progênies ou matrizes de polinização aberta (Tabela 1). O ensaio foi instalado em dezembro de 1984, em área de Cerrado, com latitude de 15° 35' Sul, longitude 47° 42' Oeste, altitude de 1.100 m e com precipitação pluviométrica média de 1.500 mm ano⁻¹, com pronunciada estação seca de quase seis meses de duração. O experimento foi implantado num Latossolo Vermelho, altamente lixiviado e de baixa fertilidade. As características químicas e texturais estão discriminadas na Tabela 2.

Tabela 1. Informações sobre as procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis* incluídas no ensaio.

Procedência	País	Latitude	Altitude (m)	Precipitação média anual (mm)
El Porvenir	Honduras	14° 23' N	550-600	805
Gualjoco	Honduras	14° 55' N	240-355	1.200
Los Limones	Honduras	14° 8' N	660-750	616
Poptun	Guatemala	16° 21' N	470-580	1.688
Santa Cruz de Yojoa	Honduras	14° 53' N	530-720	2.758

Tabela 2. Características químicas e texturais do solo.

pH em água	P mg kg ⁻¹	K	Ca	Mg	Al	H + Al	argila	silte	areia
		cmol _c dm ⁻³					%		
4,8	0,1	0,07	0,17	0,07	0,38	6,16	52	13	35

Os ensaios mecânicos foram realizados conforme a norma D 143/2000 (ASTM, 2004), no Laboratório de Produtos Florestais do Ibama, em Brasília, e o desdobro dos troncos foi feito na serraria da Universidade de Brasília (UnB).

Na análise das propriedades mecânicas, foram utilizados toretes de 3 m de comprimento da porção acima do DAP das árvores. Esses toretes foram desdobrados em forma de pranchas, e delas, retirados os corpos-de-prova. Foram realizados os ensaios de flexão estática, cisalhamento paralelo às fibras, compressão paralela e perpendicular às fibras com os corpos-de-prova a 12 % de umidade e saturado. A umidade de 12 % foi obtida em sala climatizada a 65 ± 1 % de umidade relativa e temperatura de 20 ± 3 °C. Na Fig. 1, observam-se as dimensões dos corpos-de-prova (mm).

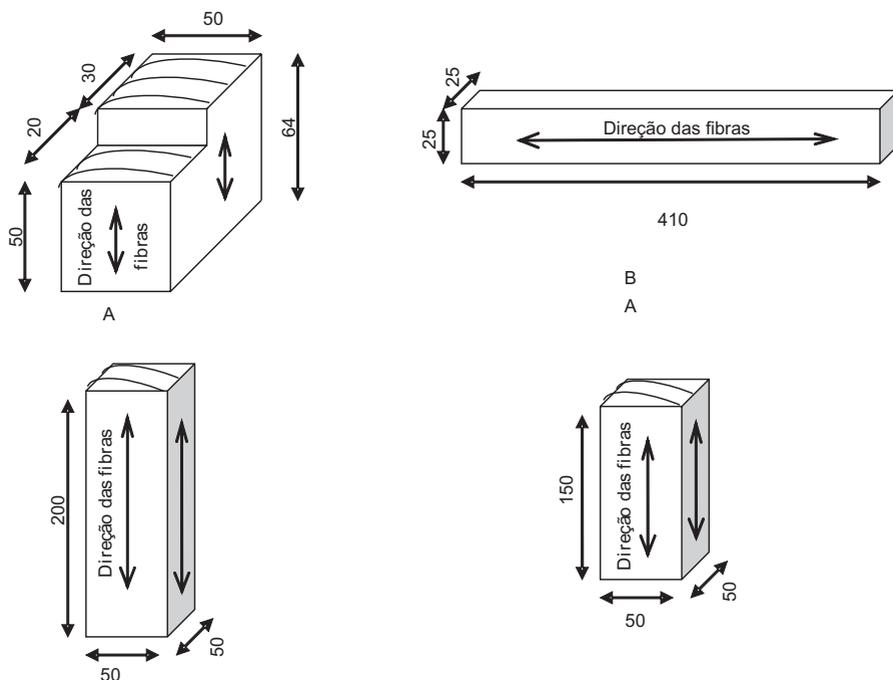


Fig. 1. Dimensões dos corpos-de-prova de cisalhamento (A); flexão estática (B); compressão paralela às fibras (C); e compressão perpendicular (D). Medidas em milímetros.

A seguir são definidas as propriedades mecânicas que foram determinadas neste trabalho.

Módulo de ruptura à flexão estática

A resistência ou módulo à ruptura da madeira à flexão estática é dada pela razão entre o máximo momento (M_{\max}), em Newton por metro (Nm), que pode atuar em um corpo-de-prova, ao teor de umidade (t.u.) de 12 %, e o módulo de resistência elástico (We), em metro cúbico (m^3), da seção transversal do corpo-de-prova, dado por $b \cdot h^2 \cdot 6^{-1}$ (em que b e h são os lados da seção transversal, em m), calculado com a hipótese de a madeira ser um material elástico.

$$FEr = \frac{M_{\max}}{We} \times 10^{-6} \quad \text{em que:}$$

FEr = módulo de ruptura à flexão estática, em MPa, ao t.u. de 12 %.

M_{\max} = máximo momento atuante no corpo-de-prova, em Nm.

We = módulo de resistência elástico, em m^3 .

Módulo de elasticidade à flexão estática

A rigidez da madeira à flexão estática é caracterizada pelo módulo de elasticidade determinado pela carga aplicada no meio do vão livre (distância entre apoios) do corpo-de-prova, ao teor de umidade (t.u.) de 12 %, submetido ao ensaio. Para seu cálculo, considera-se a carga máxima (F_{\max}) aplicada em Newton (N), pelo vão livre em metro (m), ao cubo (L^3) do corpo-de-prova, e a flecha ou deslocamento (f) no meio do vão livre em metro (m), provocado pela carga máxima aplicada na b e h , em metro (m).

É dado por:

$$FEe = \frac{F_{\max} L^3}{4 f b h^3} \times 10^{-6} \quad \text{em que:}$$

F_{Ee} = módulo de elasticidade à flexão estática, em MPa, ao t.u. de 12 %.

F_{\max} = carga máxima aplicada em N.

L = vão livre do corpo-de-prova em m.

f = flecha ou deslocamento no meio do vão livre do corpo-de-prova, em m.

b e h = lados da secção transversal no meio do vão livre do corpo-de-prova, em m.

Resistência à ruptura à compressão paralela às fibras

A resistência à ruptura à compressão paralela às fibras é dada pela máxima força de compressão (C_{\max}) em Newton (N), que pode atuar na direção paralela às fibras da madeira em um corpo-de-prova, ao teor de umidade (t.u.) de 12 %, com área da seção (A), em metro quadrado (m^2).

É dada por:

$$CP_{par} = \frac{C_{\max}}{A} \quad \text{em que:}$$

CP_{par} = resistência à ruptura à compressão paralela às fibras, MPa, ao t.u. de 12 %.

C_{\max} = máxima força de compressão em N.

A = área da seção transversal do corpo-de-prova, em m^2 .

Resistência no limite proporcional à compressão perpendicular às fibras

A resistência no limite proporcional à compressão perpendicular às fibras é dada pela força no limite da proporcionalidade (C) em Newton

(N), que pode atuar na direção perpendicular às fibras da madeira em um corpo-de-prova, ao teor de umidade (t.u.) de 12 %, com área da seção de aplicação da carga (A) em metro quadrado (m²).

É dada por:

$$CP_{pel} = \frac{C}{A} \times 10^{-6} \quad \text{em que:}$$

CP_{pel} = resistência no limite proporcional à compressão perpendicular às fibras em MPa, ao t.u. de 12 %.

C = força de compressão, em N.

A = área da seção de aplicação da carga do corpo-de-prova, em m².

Resistência à ruptura ao cisalhamento

A resistência da madeira à ruptura ao cisalhamento é determinada pela máxima força de cisalhamento (FC_{max}) em Newton (N), que pode atuar em um corpo-de-prova, ao teor de umidade (t.u.) de 12 %, com área da seção transversal crítica (A) em metro quadrado (m²)

É dada por:

$$CI_r = \frac{FC_{\max}}{A} \times 10^{-6} \quad \text{em que:}$$

CI_r = resistência à ruptura ao cisalhamento em MPa, ao t.u. de 12 %.

FC_{max} = máxima força de cisalhamento em N.

A = área da seção transversal crítica do corpo-de-prova, em m².

Nos resultados e discussão, serão usados também duas propriedades físicas: a densidade básica da madeira, que é o quociente entre a massa seca da amostra de madeira (0 % de umidade) e o seu volume saturado, e o coeficiente de anisotropia, que é o quociente entre a

contração tangencial e a contração radial. Para mais detalhes, consultar Araújo (2002).

A diferença entre as médias foi obtida pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando o programa SAS (SAS Institute, 2003). Quando necessário, foram feitas transformações dos dados para homogeneizar as variâncias e adequá-los à distribuição normal.

Resultados e Discussão

Observam-se, na Tabela 3, as propriedades mecânicas da madeira de cinco procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Não foram observadas diferenças significativas para todas as características analisadas. No entanto, em relação às amostras secas a 12 % de umidade, a procedência de El Porvenir mostrou maiores valores absolutos no cisalhamento e compressão paralela às fibras. Na flexão estática, destacou-se a procedência de Poptun (módulo de elasticidade) e a de Santa Cruz (módulo de ruptura). Quanto à compressão perpendicular às fibras, a procedência de Gualjoco mostrou maior valor absoluto. Em relação às amostras úmidas, houve concordância de maiores valores com as amostras secas somente na compressão perpendicular às fibras.

Na Tabela 4, são apresentadas algumas propriedades físicas e mecânicas de espécies comerciais no Brasil. Considerando a classificação feita por Araújo (2002), em relação à densidade básica da madeira, em que menor que $0,36 \text{ g cm}^{-3}$, seria muito leve; entre $0,37$ e $0,53 \text{ g cm}^{-3}$, seria leve; entre $0,54$ e $0,71 \text{ g cm}^{-3}$, seria média; entre $0,72$ e $0,88 \text{ g cm}^{-3}$, seria pesada; e maior que $0,89 \text{ g cm}^{-3}$, seria muito pesada, então, as espécies consideradas leves são: *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis*, *C. odorata*, *Cordia goeldiana*, *Parkia pendula*, *P. opossitifolia*, *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. elliotii*, *P. taeda* e *Swietenia macrophylla*. As espécies com densidade média são: *Carapa guianensis* e *Hymenolobium excelsum*. As espécies com densidade pesada são: *Dinizia excelsa*, *Hymenaea courbaril*, *Myroxylon balsamum* e *Peltogyne* sp. A espécie com densidade muito pesada é *Dalbergia amazonicum*.

Tabela 3. Propriedades mecânicas da madeira de cinco procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de 23 anos de idade em Planaltina, DF.

Procedências	Flexão estática (módulo de elasticidade FEe)		Flexão estática (módulo de ruptura FEr)		Cisalhamento paralelo às fibras		Compressão paralela às fibras		Compressão perpendicular às fibras	
	Seca ⁽¹⁾	Úmida ⁽²⁾	Seca	Úmida	Seca	Úmida	Seca	Úmida	Seca	Úmida
MPa										
El Porvenir	7883 a ⁽³⁾	6586 a	69 a	42 a	10,6 a	4,9 a	35 a	16,3 a	5,4 a	2,9 a
Gualjoco	7444 a	6735 a	71 a	45 a	10,2 a	5,0 a	31 a	16,2 a	7,0 a	3,2 a
Los Limones	6665 a	6872 a	61 a	47 a	8,1 a	4,7 a	27 a	15,5 a	5,2 a	2,6 a
Poptun	7914 a	7012 a	66 a	49 a	9,1 a	5,5 a	34 a	19,4 a	5,0 a	3,1 a
Santa Cruz	7885 a	7102 a	72 a	41 a	9,5 a	4,5 a	32 a	15,0 a	4,8 a	2,6 a
Média	7558	6861	68	45	9,5	4,9	32	16,5	5,5	2,9

¹ Seca a 12 % de umidade.

² Saturada.

³ As médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente ao nível de 5 % pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Densidade básica (DEb), módulo de ruptura à flexão estática (FEr), módulo de elasticidade à flexão estática (FEe), resistência à ruptura à compressão paralela às fibras (CPar), resistência no limite proporcional à compressão perpendicular às fibras, resistência à ruptura ao cisalhamento (Clr) e coeficiente de anisotropia da madeira de algumas espécies arbóreas comercializadas no Brasil.

Nome científico (Família)	Nome popular	DEb	FEr	FEe	CPar	CPel	Clr	A _r
		g cm ⁻³						
<i>Araucaria angustifolia</i> (Araucariaceae)	Pinheiro do Paraná ⁸	0,40	64	9764	37	5,8	9,1	1,39
<i>Astronium lecointei</i> (Anacardiaceae)	Aroeira ¹	0,80	136	15004	82	13,8	16,8	1,65
<i>Carapa guianensi</i> (Meliaceae)	Andiroba ²	0,59	107	11768	60	8,8	10,9	1,84
<i>Cedrela fissilis</i> (Meliaceae)	Cedro branco ³	0,50	89	11243	49	6,3	9,4	1,93
<i>Cedrela odorata</i> (Meliaceae)	Cedro vermelho ⁴	0,49	70	7943	44	5,7	7,4	1,49
<i>Cordia goeldiana</i> (Boraginaceae)	Freijó ⁶	0,48	91	10199	51	6,1	8,3	1,60
<i>Dalbergia amazonicum</i> (Fabaceae)	Jacarandá ⁴	0,92	177	17170	95	20,2	19,7	1,93
<i>Dinizia excelsa</i> (Mimosaceae)	Angelim vermelho ⁶	0,83	157	16966	86	14,8	17,7	1,57
<i>Hymenaea courbaril</i> (Caesalpinaceae)	Jatobá ¹	0,76	137	15593	76	13,8	19,0	1,90
<i>Hymenobium excelsum</i> (Fabaceae)	Angelim da mata ⁹	0,66	124	12945	73	11,7	13,7	1,59
<i>Myroxylon balsamum</i> (Fabaceae)	Balsamo ⁵	0,80	165	15940	85	15,4	17,0	1,85
<i>Parkia pendula</i> (Mimosaceae)	Angelim – saião ¹	0,50	85	11572	48	7,1	11,3	2,05
<i>Parkia oppositifolia</i> (Mimosaceae)	Faveira ⁶	0,42	82	9512	35	5,5	9,4	2,00
<i>Peltogyne</i> sp (Caesalpinaceae)	Roxinho ⁶	0,81	187	17750	91	19,9	18,1	2,04
<i>P. caribaea hondurensis</i> (Pinaceae)	Pinho caribenho ⁷	0,41	68	7558	32	5,5	9,5	1,97
<i>Pinus elliottii</i> var. <i>elliottii</i> (Pinaceae)	Pinho resinífero ⁸	0,41	56	7327	29	5,4	8,5	1,49
<i>Pinus taeda</i> (Pinaceae)	Pinho do brejo ⁸	0,41	56	5956	29	5	8,7	1,48
<i>Swietenia macrophylla</i> (Meliaceae)	Mogno ⁴	0,48	55	6472	32	7,1	8,7	1,73

¹ IBDF (1988); ² Souza et al. (1997); ³ SUDAM (1981); ⁴ Van Der Slouten (1993); ⁵ Chichignoud et al. (1990); ⁶ IBAMA (1997); ⁷ Trabalho atual; ⁸ Santini et al. (2000); ⁹ INPA (1991).

No geral, quanto maior a densidade básica da madeira maiores serão os parâmetros de resistência (módulo de ruptura à flexão estática, compressões paralela e perpendicular e cisalhamento) e de rigidez (módulo de elasticidade à flexão estática). Já o coeficiente de anisotropia, que dá indicativo sobre a estabilidade dimensional da madeira, nem sempre se correlaciona com as propriedades mecânicas (Tabela 5). Em geral, madeiras de densidade pesada a muito pesada são usadas para vigas e caibros em obras internas; e postes, pontes e dormentes, em obras externas; as de densidade leve a média, na confecção de móveis maciços, sarrafeados ou estandar (medium density fiberboard – MDF; medium density particleboard – MDP), esquadrias (batentes, portas e janelas), lambris, etc; e as de densidade muito leves são de aparência bastante próximas, sendo normalmente, madeiras claras, muito porosas e com baixa resistência a esforços mecânicos.

Em relação à Tabela 4, nota-se que algumas espécies que produzem móveis finos, como o cedro vermelho, freijó e mogno, possuem densidade em torno de $0,48 \text{ g cm}^{-3}$ e seus coeficientes de anisotropia são relativamente baixos. Na Tabela 6, mostram-se relações entre coeficientes de anisotropia e a qualidade e uso da madeira. Contudo, espécies como o *Pinus elliotii* e o *Pinus taeda* (13 anos de idade), apresentadas na Tabela 4, que também podem atingir essa densidade em idades mais avançadas ou, até mesmo, superá-las no caso do segundo (Ballarin e Palma, 2003) em povoamento de 37 anos, não produzem móveis de mesmo valor econômico que aquelas.

No mercado de madeiras, nem sempre espécies que tenham propriedades físicas e mecânicas similares definem seu uso final, pois existem outros aspectos a se considerar (decorativo, trabalhabilidade, durabilidade natural, etc.). O *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de 23 anos de idade deste trabalho mostrou propriedades mecânicas similares as outras duas espécies de pinus (Tabela 4), contudo o coeficiente de anisotropia foi superior, que, no caso de artefatos produzidos a partir de madeira sólida, podem produzir um certo empenamento (Tabela 6).

Nota-se, na Tabela 5, que os coeficientes de correlação de Pearson entre as propriedades físicas (densidade básica) e mecânicas mostraram valores altos em todos os pares. O fato de a densidade básica correlacionar fortemente com as propriedades mecânicas corrobora a importância desse parâmetro, citada por inúmeros autores e, também pelo fato, dessa ser determinada por amostras não destrutíveis, como no caso de baguetas de 0,5 cm de diâmetro que são extraídas com sondas. Araújo (2002) também encontrou correlações altas entre esses mesmos parâmetros na madeira de 187 espécies amazônicas.

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson entre a densidade básica (DEb), módulo de ruptura à flexão estática (FEr), módulo de elasticidade à flexão estática (FEe), resistência à ruptura à compressão paralela às fibras (CPpar), resistência no limite proporcional à compressão perpendicular às fibras (CPpel), resistência à ruptura ao cisalhamento (Clr) e coeficiente de anisotropia (A_r) da madeira das espécies arbóreas incluídas na Tabela 4.

	DEb	FEr	FEe	CPpar	CPpel	Clr	A_r
DEb	1,00	0,96*	0,93*	0,98*	0,97*	0,96*	0,26*
FEr		1,00	0,97*	0,98*	0,97*	0,94*	0,38*
FEe			1,00	0,97*	0,92*	0,94*	0,37*
CPpar				1,00	0,95*	0,93*	0,27*
CPpel					1,00	0,95*	0,33*
Clr						1,00	0,34*
A_r							1,00

*Probabilidade < 0,001.

Tabela 6. Coeficiente de anisotropia dimensional na retração, qualidade e uso da madeira.

Coeficiente de anisotropia na Retração, A_r	Qualidade da madeira	Utilização indicada para a madeira
1,2 a 1,5	Excelente	Móveis finos, esquadrias, barcos, aparelhos musicais, aparelhos de esporte e etc.
1,5 a 2,0	Normal	Estantes, mesas, armários, enfim usos que permitam pequenos empenamentos.
Acima de 2,0	Ruim	Construção civil (observadas as características mecânicas), carvão, lenha e etc.

Fonte: Nock et al. (1975).

Na Tabela 7, é apresentada uma classificação para madeiras de coníferas, conforme definido na Norma Brasileira NBR 7190 (1997). Comparando a Tabela 7 com a Tabela 3, em relação ao *Pinus caribaea* var. *hondurensis* deste trabalho, nota-se que, em relação ao CPpar e Clr, as procedências de El Porvenir, Gualjoco, Poptun e Santa Cruz se enquadram na classe C30, em que a condição de aceitação nessa classe é CPpar \geq 30, conforme proposto por Sales et al. (1998). Esse enquadramento constitui importante evidência da resistência dessa conífera para sua utilidade para fins estruturais. Bortoletto Júnior (2008) observou, em *Pinus merkusii* de 26 anos, que esta também se enquadrou na classe C30.

Tabela 7. Classes de resistência para coníferas, segundo a NBR 7190 (1997).

Classe	CPpar	Clr	CPpare	DEb	DEap
	Mpa			g cm ³	
C20	20	4	3.500	0,40	0,50
C25	25	5	8.500	0,45	0,55
C30	30	6	14.500	0,50	0,60

CPpar = resistência à ruptura à compressão paralela às fibras; Clr = resistência à ruptura ao cisalhamento; CPpare = módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras; DEb = densidade básica da madeira; DEap = densidade aparente da madeira a 12 % de umidade.

Conclusões

A madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* mostrou módulo de ruptura à flexão estática equivalente a *Araucaria angustifolia*.

A madeira das procedências de El Porvenir, Gualjoco, Poptun e Santa Cruz mostraram aptidão para uso estrutural.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ARAUJO, H. J. B. **Agrupamento das espécies madeireiras ocorrentes em pequenas áreas sob manejo florestal do Projeto de Colonização Pedro Peixoto (AC) por similaridade das**

propriedades físicas e mecânicas. Piracicaba, 2002. 168 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais. Tecnologia de Produtos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard methods of small Ccear specimens of timber. In: _____. **Annual book of ASTM standards.** Danvers, 2004. p. 23-53 (Designation: D 143-2000).

BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda*. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.

BORTOLETTO JÚNIOR, G. Estudo de algumas propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus merkusii*. **Scientia forestalis**, v. 36, n. 79, p. 237-243, 2008.

CHICHIGNOUD, M.; DÉON, G.; DÉTIENNE, P.; PARANT, B.; VANTOMME, P. **Atlas de maderas tropicales de América Latina.** Yokohama: OIMT/CTFT, 1990. 218 p.

IBAMA. **Madeiras da Amazônia:** características e utilização: Amazônia Oriental. Brasília: IBAMA, 1997. v. 3. 141 p.

IBDF. **Madeiras da Amazônia:** características e utilização. estação experimental de Curuá-Uma. Brasília: IBDF, 1988. v. 2. 236 p.

INPA. **Catálogo de madeiras da Amazônia:** características tecnológicas: área da hidrelétrica de Balbina. Manaus: INPA, 1991. 163 p.

MARTO, G. B. T.; BARRICHELO, L. E. G.; MÜLLER, P. C. H. **Indicações para escolha de espécies de pinus.** Disponível em: <http://www.ipef.br/silvicultura/escolha_pinus.asp>. Acesso em: 03 mar. 2009.

MOURA, V. P. G.; DVORAK, W. S. Provenance and family variation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* from Guatemala and Honduras, grown in Brazil, Colombia and Venezuela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 225-234, 2001.

NOCK, H. P.; RICHTER, H. G.; BURGER, L. M. **Tecnologia da madeira.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais, 1975. 216 p.

SALES, A.; LAHR, F. A. R.; CALIL JÚNIOR, C. Classes de resistência para Madeira segundo a NBR 7190/97. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: IBRAMEM/UFSC, 1998. v. 1, p. 23-33.

SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D.A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**, v. 10. n. 1, p. 85-93, 2000.

SAS INSTITUTE. **The SAS-system for windows:** release 9.1 (software). Cary, 2003.

SOUZA, M. H.; MAGLIANO, M. M.; CAMARGOS, J. A. A.; SOUZA, M. R. **Madeiras tropicais brasileiras.** Brasília: IBAMA-LPF, 1997.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. Grupamento de espécies tropicais da Amazônia por similaridade de características básicas e por utilização. Belém: SUDAM-CTM/IPT, 1981. 237 p.

VAN DER SLOOTEN, H. J. Avaliação das espécies madeireiras da Amazônia selecionadas para a manufatura de instrumentos musicais. Manaus: INPACPPF, 1993. 123 p.