

**Caracterização da Madeira  
de cinco Procedências de  
*Pinus tecunumanii* Implantadas  
no Cerrado do DF**



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

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 233***

## **Caracterização da Madeira de cinco Procedências de *Pinus tecunumanii* Implantadas no Cerrado do DF**

*Sebastião Pires de Moraes Neto  
Ricardo Faustino Teles  
Thiago Oliveira Rodrigues*

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](mailto: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: *Shirley da Luz Soares Araújo*

Editoração eletrônica: *Wellington Cavalcanti*

*Jéssica Spíndula*

Capa: *Wellington Cavalcanti*

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

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

*Alexandre 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**

---

M791c Moraes Neto, Sebastião Pires.

Caracterização da madeira de cinco procedências de *Pinus tecunumanii* implantadas no Cerrado do DF / Sebastião Pires de Moraes Neto, Ricardo Faustino Teles, Thiago Oliveira Rodrigues. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2009.

30 p. — (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X, ISSN online 2176-509X ; 233).

1. Madeira – Pinus. 2. Plantio – Cerrado. I. Teles, Ricardo Faustino. II. Rodrigues, Thiago Oliveira. III. Título. IV. Série.

575.46 - CDD 21

---

© Embrapa 2009

# Sumário

Resumo .....	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	7
Módulo de ruptura à flexão estática (FEr) .....	10
Módulo de elasticidade à flexão estática (FEe) .....	10
Resistência à ruptura à compressão paralela às fibras (CPpar) .....	11
Resistência no limite proporcional à compressão perpendicular às fibras (CPpel).....	11
Resistência à ruptura ao cisalhamento (C <sub>lr</sub> ) .....	12
Resultados e Discussão.....	13
Conclusões.....	21
Referências .....	21

# Caracterização da Madeira de cinco Procedências de *Pinus tecunumanii* Implantadas no Cerrado do DF

---

*Sebastião Pires de Moraes Neto*<sup>1</sup>

*Ricardo Faustino Teles*<sup>2</sup>

*Thiago Oliveira Rodrigues*<sup>3</sup>

## Resumo

*Pinus tecunumanii* é uma espécie nativa das partes elevadas do sul do México e da América Central. Apesar do seu excelente crescimento e da qualidade da madeira, é pouco plantado comercialmente. Para o uso de sua madeira em estruturas, existe a necessidade do conhecimento de suas propriedades físicas e mecânicas. Este trabalho teve como objetivo analisar as variações das propriedades mecânicas da madeira de cinco procedências de *P. tecunumanii*. Para tanto, tórcos foram retirados para teste, quando as árvores tinham 23 anos de idade. Constatou-se que as procedências de Celaque e San Lorenzo mostraram tendência aos maiores valores das propriedades mecânicas, na condição de 12 % de umidade. Além dessas procedências, as de Las Trancas e San Vicente mostraram aptidão para uso estrutural.

Termos para indexação: madeiras comerciais, propriedades físicas e mecânicas da madeira.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Florestal, D.Sc., Pesquisador Embrapa Cerrados, spmoraesn@cpac.embrapa.br

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

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

# Characterization of Wood from five Provenances of *Pinus tecunumanii* Located in District Federal Savanah

---

## Abstract

*Pinus tecunumanii* is a native species from the high lands of the southern Mexico and Central America. Despite its excellent growth and wood quality it is few planted commercially. For its use in structures is necessary the knowledge of its physical and mechanical properties. This paper aims to examine variations in mechanical properties of wood from five provenances of *P. tecunumanii*. Thus, wood samples were removed for testing when the trees were 23 years old. The origins of San Lorenzo and Celaque showed tendency to higher values of mechanical properties on the condition of 12 % humidity. In addition to these provenances, Las Trancas and San Vicente, showed ability to use structural.

*Index terms:* trades timber, physical and mechanical properties of wood.

## Introdução

*Pinus tecunumanii* é uma espécie nativa das partes elevadas das terras do sul do México e da América Central. O desenvolvimento do *P. tecunumanii* tem sido superior ao do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e do *Pinus oocarpa* na maioria dos ensaios realizados no Cerrado. Ademais, tem uma excelente forma, ramos finos e uma boa desrama natural (MOURA; VALE, 2002). Essa espécie é utilizada em arborização, parques, jardins, construções e na fabricação de laminados, celulose, particulados (aglomerado, OSB, *waferboard*) e lápis (MARTO 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).

Este trabalho teve como objetivo determinar as seguintes propriedades mecânicas: flexão estática, compressão paralela e perpendicular e cisalhamento da madeira de *Pinus tecunumanii* de cinco procedências da América Central implantadas no Cerrado do Distrito Federal.

## Material e Métodos

Um povoamento de *Pinus tecunumanii* foi instalado em Planaltina, DF, no início de 1985, num espaçamento de 3 m x 3 m, 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, com pronunciada estação seca de quase seis meses de duração. O solo é laterítico (oxisol), profundo, altamente lixiviado e de baixa fertilidade (Tabela 1). As cinco procedências deste estudo estão caracterizadas na Tabela 2.

Na ocasião do plantio (adubação na cova) e 90 dias após (adubação de cobertura), as mudas foram fertilizadas com uma mistura de 50 g de superfosfato simples, 20 g de cloreto de potássio, 1,5 g de bórax e 1 g de sulfato de zinco.

**Tabela 1.** Características químicas e texturais do solo.

pH em	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	argila	silte	areia
água	mg kg <sup>-1</sup>	.....	.....	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	.....	.....	..... %	.....	.....
4,6	0,1	0,10	0,14	0,07	0,40	6,20	50	16	34

**Tabela 2.** Informações sobre as procedências de *P. tecunumanii* incluídas no ensaio.

Procedência	País	Latitude	Altitude (m)	Precipitação média anual (mm)
Celaque	Honduras	14° 33' N	1785	1273
La Soledad	Guatemala	14° 31' N	2427	1543
Las Trancas	Honduras	14° 07' N	2130	1579
San Lorenzo	Guatemala	15° 05' N	2000	1700
San Vicente	Guatemala	15° 05' N	1945	1700

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).



Para a análise das propriedades mecânicas, foram retirados toretes de 3 metros de comprimento da porção acima do DAP de 15 árvores (três por procedência). Esses toretes foram desdobrados em forma de pranchas, e, dessas, 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 saturados, e, para cada um desses parâmetros, analisaram-se três corpos de prova por procedência. A umidade de 12 % foi obtida em sala climatizada a  $65 \pm 1$  % de umidade relativa e temperatura de  $20 \pm 3$  °C. A Fig. 1 apresenta as dimensões dos corpos de prova, em milímetros.

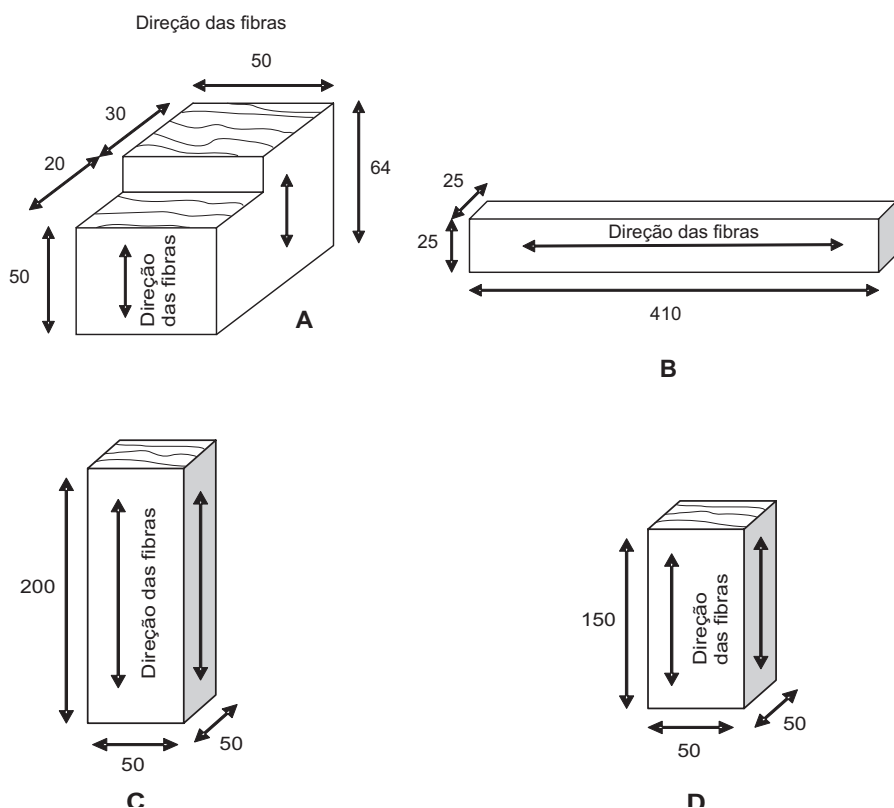


Fig. 1. Dimensões em milímetros dos corpos de prova de cisalhamento (A); flexão estática (B); compressão paralela às fibras (C) e compressão perpendicular (D).

A seguir são definidas as propriedades mecânicas determinadas neste trabalho, de acordo com Araújo (2002).

### Módulo de ruptura à flexão estática (FEr)

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 ( $W_e$ ), em metro cúbico ( $m^3$ ), da seção transversal do corpo de prova.

Sendo que:

$W_e = b \cdot h^2 \cdot 6^{-1}$  (em que b e h são os lados da seção transversal, em m), então:

$$FEr = \frac{M_{max}}{W_e} \times 10^{-6}$$

em que:

$FEr$  = módulo de ruptura à flexão estática ao t.u. de 12 % (MPa).

$M_{max}$  = máximo momento atuante no corpo de prova (Nm).

$W_e$  = módulo de resistência elástico ( $m^3$ ).

### Módulo de elasticidade à flexão estática (FEe)

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), dividida pela distância do vão livre, em metros (m), ao cubo ( $L^3$ ), do corpo de prova, e a flecha, ou deslocamento (f) no meio do vão livre, em metros (m), provocado pela carga máxima aplicada.

É dado por:

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

em que:

$FEe$  = módulo de elasticidade à flexão estática ao t.u. de 12 % (MPa).

$F_{max}$  = carga máxima aplicada (N).

$L$  = vão livre do corpo de prova (m).

$f$  = flecha ou deslocamento no meio do vão livre do corpo de prova (m).

$b$  e  $h$  = lados da secção transversal no meio do vão livre do corpo de prova (m).

### **Resistência à ruptura à compressão paralela às fibras (CPpar)**

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:

$$CP_{par} = \frac{C_{max}}{A}$$

em que:

$CP_{par}$  = resistência à ruptura à compressão paralela as fibras ao t.u. de 12 % (MPa).

$C_{max}$  = máxima força de compressão (N).

$A$  = área da seção transversal do corpo de prova ( $m^2$ ).

### **Resistência no limite proporcional à compressão perpendicular às fibras (CPpel)**

A resistência no limite proporcional à compressão perpendicular às fibras é dada pela força de compressão 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 ( $m^2$ ).

É dada por:

$$CP_{pel} = \frac{C}{A} \cdot 10^{-6}$$

em que:

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

$C$  = força de compressão no limite de proporcionalidade (N).

$A$  = área da seção de aplicação da carga do corpo de prova (m<sup>2</sup>).

### Resistência à ruptura ao cisalhamento (C<sub>Ir</sub>)

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 (m<sup>2</sup>).

É dada por:

$$C_{Ir} = \frac{FC_{max}}{A} \times 10^{-6}$$

em que:

$C_{Ir}$  = resistência à ruptura ao cisalhamento ao t.u. de 12 % (MPa).

$FC_{max}$  = máxima força de cisalhamento (N).

$A$  = área da seção transversal crítica, em m<sup>2</sup>, do corpo de prova (m<sup>2</sup>).

Foram também analisadas três 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; a contração volumétrica, que é a somatória das contrações radial, tangencial e axial; e o coeficiente de anisotropia, que é o quociente entre a contração tangencial e a contração radial. Para mais detalhes, consultar Araújo (2002).

Para efeito de comparação com os resultados deste trabalho, foram reunidos numa tabela, apresentada nos Resultados e Discussão,

dados das propriedades físicas e mecânicas de outras espécies, extraídos de diversas fontes. Quando os dados coletados de outras fontes apresentavam umidades diferentes de 12 %, os valores foram corrigidos utilizando-se os fatores de conversão descritos em Pfeil (1985) (Tabela 3). Apesar de os valores das propriedades mecânicas nem sempre seguirem a mesma norma para sua determinação, a variação que pode ocorrer não é de tal magnitude que possa comprometer as conclusões extraídas. Artificio semelhante foi utilizado por Vale et al. (2002) e Moura et al. (2005).

A comparação 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. Utilizou-se também esse programa para o cálculo da correlação linear de Pearson.

**Tabela 3.** Variação de resistência da madeira para cada 1 % de variação de umidade.

Resistência	% de mudança para 1 % de variação da umidade
Compressão paralela às fibras	
Resistência máxima	6
Compressão perpendicular às fibras	
Resistência no limite proporcional	5,5
Flexão estática	
Módulo de ruptura	4
Módulo de elasticidade	2

Fonte: Pfeil (1985).

## Resultados e Discussão

Na Tabela 4, estão descritas as propriedades mecânicas da madeira de cinco procedências de *Pinus tecunumanii*. Embora não haja diferença

significativa em alguns dos parâmetros avaliados, a madeira da procedência Celaque mostrou maiores valores absolutos nas cinco propriedades mecânicas, tanto a 12 % de umidade como na condição saturada. Na maioria dos casos, os valores das propriedades mecânicas da madeira em condição seca mostraram tendência de serem superiores às de saturada, com exceção da flexão estática (módulo de elasticidade) para a procedência de San Vicente. Esse fato pode ter ocorrido em função da retirada das duas amostras em posições diferentes do tronco.

A Tabela 5 mostra algumas propriedades físicas e mecânicas de espécies comerciais no Brasil. Considerando 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  $0,37 \text{ g cm}^{-3}$  e  $0,53 \text{ g cm}^{-3}$ , seria leve; entre  $0,54 \text{ g cm}^{-3}$  e  $0,71 \text{ g cm}^{-3}$ , seria média; entre  $0,72 \text{ g cm}^{-3}$  e  $0,88 \text{ g cm}^{-3}$ , seria pesada; maior que  $0,89 \text{ g cm}^{-3}$ , seria muito pesada; as espécies com densidade média são angelim-pedra, peroba-rosa e garapa; as pesadas são angelim-vermelho e roxinho, e as demais são leves. Das espécies citadas na Tabela 5, aquelas com valores superiores à densidade básica de  $0,59 \text{ g cm}^{-3}$  (angelim-pedra), ao módulo de ruptura à flexão estática (FER) de 109 MPa, e à resistência à ruptura à compressão paralela às fibras (CPpar) de 52 MPa (inclusive) são usadas na construção civil pesada interna como vigas e caibros.

A partir da densidade básica de  $0,66 \text{ g cm}^{-3}$  (peroba-rosa), FER de 116 MPa e CPpar de 64 MPa (inclusive), as espécies com valores superiores a esses parâmetros são usadas para construção civil pesada externa (dormentes, pontes, esteios, cruzetas, postes, etc). Em usos especiais, o roxinho é utilizado em móveis de alta qualidade, construção naval, tacos de bilhar e esculturas; o guanandi é utilizado em móveis de alta qualidade e barris de vinho; a peroba-rosa, em móveis pesados e carteiras escolares; o angelim-vermelho, em obras de contenção de diques; e a garapa, em assoalhos, tacos e degraus de escada.

**Tabela 4.** Propriedades mecânicas da madeira de cinco procedências de *Pinus tecunumanii* aos 23 anos de idade, Planaltina, DF.

Procedências	Módulo de elasticidade à flexão estática (FEe)		Módulo de ruptura à flexão estática (FEr)		Cisalhamento paralelo às fibras (Clr)		Compressão paralela às fibras (CPpar)		Compressão perpendicular às fibras (CPpel)	
	Seca <sup>(1)</sup>	Úmida <sup>(2)</sup>	Seca	Úmida	Seca	Úmida	Seca	Úmida	Seca	Úmida
	----- MPa -----									
Celaque	9756 <sup>(3)</sup> a	8285 a	84 a	52 a	11,0 a	5,5 a	43 a	22 a	6,3 a	4,3 a
La Soledad	6856 a	5807 a	60 a	34 b	6,7 b	4,1 a	29 a	14 a	5,7 a	3,0 b
Las Trancas	8712 a	7236 a	72 a	42 ab	9,3 ab	4,8 a	37 a	17 a	4,5 a	2,6 b
San Lorenzo	8949 a	6257 a	79 a	41 ab	9,0 ab	5,5 a	38 a	19 a	4,8 a	2,6 b
San Vicente	6920 a	8084 a	64 a	44 ab	9,6 ab	4,9 a	34 a	18 a	5,2 a	2,7 b
Média	8239	7134	72	43	9,1	4,9	36	18	5,3	3,0
C.V. (%)	22,5 %	18,4 %	22,0 %	17,9 %	21,2 %	17,0 %	21,7 %	20,3 %	23,0 %	25,5 %

<sup>(1)</sup>Seca a 12 % de umidade. <sup>(2)</sup>Saturada. <sup>(3)</sup>As médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % pelo teste de Tukey.

**Tabela 5.** Densidade básica (DEb), módulo de ruptura à flexão estática (FEr), resistência à ruptura à compressão paralela às fibras (CPpar), coeficiente de anisotropia ( $A_r$ ) e contração volumétrica ( $C_v$ ) da madeira de algumas espécies arbóreas comercializadas no Brasil.

Nome científico (Família)	Nome popular/ procedência	DEb (g cm <sup>-3</sup> )	FEr ----- MPa -----	CPpar -----	$A_r$	$C_v$ (%)
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Leguminosae)	Garapa <sup>(1)</sup>	0,67	140	64	1,93	14,0
<i>Aspidosperma polyneuron</i> (Apocynaceae)	Peroba-rosa <sup>(1)</sup>	0,66	116	64	1,95	13,1
<i>Calophyllum brasiliense</i> (Guttiferae)	Guanandi <sup>(1)</sup>	0,52	90	57	1,55	16,9
<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Leguminosae)	Cedrorana <sup>(1)</sup>	0,44	71	47	1,65	11,8
<i>Dinizia excelsa</i> (Leguminosae)	Angelim-vermelho <sup>(1)</sup>	0,83	155	95	1,57	14,6
<i>Erismia uncinatum</i> (Vochysiaceae)	Cedrinho <sup>(1)</sup>	0,48	90	50	2,33	12,5
<i>Eucalyptus grandis</i> (Myrtaceae)	Eucalipto <sup>(1)</sup>	0,42	85	50	1,64	15,7
<i>Hymenolobium petraeum</i> (Leguminosae)	Angelim-pedra <sup>(1)</sup>	0,59	109	52	1,54	10,1

Continua...



**Tabela 5.** Continuação.

Nome científico (Família)	Nome popular/ procedência	DEb (g cm <sup>-3</sup> )	FEr ----- MPa -----	CPpar	A <sub>r</sub>	C <sub>v</sub> (%)
<i>Peltogyne confertiflora</i> (Leguminosae)	Roxinho <sup>(1)</sup>	0,74	206	99	1,86	10,7
<i>Pinus elliottii</i> (Pinaceae)	Pinho <sup>(1)</sup>	0,42	78	37	1,85	10,5
<i>Pinus tecunumanii</i> (Pinaceae)	Pinho / San Jeronimo	0,37 <sup>(2)</sup>	70 <sup>(3)</sup>	31 <sup>(3)</sup>	1,77 <sup>(2)</sup>	8,2 <sup>(2)</sup>
<i>Pinus tecunumanii</i> (Pinaceae)	Pinho / Celaque <sup>(4)</sup>	0,47	84	43	1,66	12,7

**Fontes:** <sup>(1)</sup>Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2003); <sup>(2)</sup>Vale et al. (2005); <sup>(3)</sup>Moura et al. (2005); <sup>(4)</sup>Presente trabalho.

As espécies de densidade leve, em que se enquadram os pinus, normalmente são usadas na construção civil leve interna estrutural como ripas e partes secundárias de estruturas. Na leve interna de utilidade geral, pode ser usada como cordões, guarnições, rodapés, forros, lambris e esquadrias (batentes, portas e janelas). Entre outros usos, podem ser utilizados para móveis estandar (MDF – medium density fiberboard; MDP – medium density particleboard), partes internas de móveis e mesmo para móveis maciços, dependendo de suas características mecânicas, físicas de trabalhabilidade, decorativo, durabilidade natural, etc (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2003). A madeira de *Pinus elliottii* é usada para fazer móveis torneados para exportação (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2003) e a de *Pinus tecunumanii* mostra aptidão para a movelaria (MOURA et al., 2005).

A Tabela 6 classifica a qualidade da madeira de acordo com valores dos coeficientes de anisotropia e dá indicativos de utilização da madeira. A maioria das madeiras da Tabela 5 enquadrou-se como normal, sendo que os coeficientes de anisotropia variaram entre 1,54 (angelim-pedra) e 2,33 (cedrinho) e as contrações volumétricas de 8,2 % (*Pinus tecunumanii*, procedência de San Jeronimo) a 16,9 % (guanandi).

**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).

Quanto à contração volumétrica, a Tabela 7 oferece uma classificação do seu uso relativamente aos valores observados. Por essa classificação, somente o pinho de San Jeronimo se qualifica como contração fraca; a grande maioria, como contração média; e, como contração forte, o guanandi, o eucalipto e o cambará. O fato de o guanandi possuir contração volumétrica forte mereceu uma observação na ficha tecnológica de madeira dessa espécie pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2003): “a secagem desta madeira deve ser feita com cuidado devido aos riscos de surgimento de rachas e empenamentos”.

**Tabela 7.** Contração volumétrica, classificação e possíveis efeitos.

Contração volumétrica (%)	Classificação	Possíveis efeitos
15 a 20	Forte	Toras com grandes fendas de secagem. Devem ser rapidamente desdobradas.
10 a 15	Média	Toras com fendas médias de secagem. Podem ser conservadas e usadas em forma cilíndrica (galerias de minas, pontaletes). Resinosas em geral.
5 a 10	Fraca	Toras com pequenas fendas, aptas para marcenaria e laminados.

Fonte: Adaptado de Rosa (2009).

A Tabela 8 mostra as correlações entre cinco propriedades referente às espécies mencionadas na Tabela 5. Observa-se que a densidade básica da madeira correlacionou fortemente com o módulo de ruptura à flexão estática (FEr) e a resistência à ruptura à compressão paralela às fibras (CPpar). Araújo (2002) também notou forte correlação entre essas três propriedades no estudo de 187 espécies amazônicas. Já, para o coeficiente de anisotropia ( $A_r$ ) e a contração volumétrica (Cv), não houve correlações significativas.

**Tabela 8.** Coeficientes de correlação de Pearson entre a densidade básica (DEb), módulo de ruptura à flexão estática (FEr), resistência à ruptura à compressão paralela às fibras (CPpar), coeficiente de anisotropia (Ar) e contração volumétrica (Cv) da madeira das espécies arbóreas incluídas na Tabela 5.

	DEb	FEr	CPpar	A <sub>r</sub>	C <sub>v</sub>
DEb	1,000	0,886 *	0,913 *	- 0,041 <sup>ns</sup>	0,220 <sup>ns</sup>
FEr		1,000	0,913 *	0,051 <sup>ns</sup>	0,035 <sup>ns</sup>
CPpar			1,000	- 0,007 <sup>ns</sup>	0,309 <sup>ns</sup>
A <sub>r</sub>				1,000	- 0,102 <sup>ns</sup>
C <sub>v</sub>					1,000

\*P<0,0001; ns = não significativo (P>0,30).

A Tabela 9 apresenta uma classificação para madeiras de coníferas, conforme definido na Norma Brasileira NBR 7190 (1997). Analisando as propriedades mecânicas das cinco procedências de *Pinus tecunumanii* do presente trabalho (Tabela 4), nota-se que, em relação ao CPpar e Clr, as procedências Celaque, Las Trancas, San Lorenzo e San Vicente se enquadram na classe C30, em que a condição de aceitação nessa classe é CPpar ≥ 30, conforme proposto por Sales (2000). Esse enquadramento constitui importante evidência da resistência dessa conífera para sua utilidade com fins estruturais. Bortoletto (2008) observou que o *Pinus merkusii*, de 26 anos, também se enquadrou na classe C30.

**Tabela 9.** Classes de resistência para coníferas segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997).

Classe	CPpar	Clr	CPpare	DEb	DEap
	----- Mpa -----			----- g cm <sup>-3</sup> -----	
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 procedências de Celaque e San Lorenzo mostraram tendência a maiores valores das propriedades mecânicas, na condição de 12 % de umidade.

As propriedades mecânicas da madeira das procedências de Celaque, Las Trancas, San Lorenzo e San Vicente mostraram aptidão para uso estrutural.

## Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. Standard Methods of Small Clear Specimens of Timber. **Annual book of ASTM standards**. Danvers, 2004. p. 23-53. (Designation: D 143-2000).

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**. 2002. 168 f. Dissertação ( Mestrado em recursos florestais ) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

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

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

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Madeira**: uso sustentável na construção civil. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003. 57 p. (Publicação IPT; 2980).

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](http://www.ipef.br/silvicultura/escolha_pinus.asp)>. Acesso em: 03 mar. 2009.

MOURA, V. P. G.; VALE, A. T. Variabilidade genética na densidade básica da madeira de *Pinus tecunumanii* procedente do México e da América Central, no Cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 104-113, 2002.

MOURA, V. P. G.; VALE, A. T.; OLIVEIRA, I. R. M. **Caracterização física e mecânica da madeira de *Pinus tecunumanii* com vistas à produção de móveis**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005. 10 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Circular técnica, 43).

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.

PFEIL, W. **Estruturas de madeira**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1985. 296 p.

ROSA, W. A. **Madeiras**. Disponível em: < <http://www.profwillian.com/sistemas/madeiras.ppt>>. Acesso em: 07 abr. 2009.

SALES, A. Classes de resistência para madeira. **Madeira**: arquitetura e engenharia, São Carlos, v. 1, n. 1, p. 25-30, 2000.

SAS INSTITUTE. **The SAS-system for windows**: release 9.1. Cary, 2003. Software.

VALE, A. T.; MOURA, V. P. G.; OLIVEIRA, I. R. M.; OLIVEIRA, J. B. Caracterização física e mecânica da madeira de *Pinus tecunumanii*. In: CONGRESSO IBERO AMERICANO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS FLORESTAIS, 2.; SEMINÁRIO EM TECNOLOGIA DA MADEIRA E PRODUTOS NÃO MADEIRÁVEIS, 1., 2002, Curitiba.

**Aproveitamento tecnológico da floresta ibero-americana**: fonte de suprimento para o mundo: anais. Curitiba: Universidade Federal do Paraná: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, [2002?]. 1 CD-ROM.

VALE, A. T. do V.; MOURA, V. P. G.; FIORENTINI, E. A.; SOUZA, M. R. **Variação radial e axial da massa específica básica e das contrações da madeira de quatro procedências de Pinus**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005. 26 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 98).



---

*Cerrados*

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

