



CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DA MADEIRA DE *Pterogyne nitens* Tul

Julio Cesar Silva Santana¹; Iago Santos Machado¹; Yann Wesley Correia Santana¹;
Vinicius Vieira Botelho¹; Gilmar Correia Silva²

¹ Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,
(avlflorestal@gmail.com)

² Professor Doutor do Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade
Estadual do Sudoeste da Bahia

Recebido em: 08/04/2017 – Aprovado em: 10/06/2017 – Publicado em: 20/06/2017
DOI: 10.18677/EnciBio_2017A158

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a madeira da espécie *Pterogyne nitens* Tul. através de suas propriedades mecânicas. Os ensaios realizados foram: cisalhamento, compressão paralela, dureza, flexão estática e dinâmica. Os resultados mostraram que a espécie apresenta boa resistência e rigidez para a maioria dos testes, com valores acima do estipulado em norma, com exceção dos testes de flexão estática e dinâmica, onde comparada a outras espécies, apresentaram resultados inferiores. Nesse sentido, a espécie pode ser aplicada na composição de diversos sistemas estruturais, tendo ainda como observação, a necessidade de se realizar o manejo silvicultural da espécie para evitar a presença de defeitos em sua madeira.

PALAVRAS-CHAVE: madeira nova, propriedades mecânicas, rigidez

MECHANICAL CHARACTERIZATION OF WOOD *Pterogyne nitens* Tul

ABSTRACT

This study aimed to characterize *Pterogyne nitens* Tul. timber species through its mechanical properties. The performed tests were: shear, parallel compression, hardness, static bending, and dynamic. The results showed the species has good strength and stiffness for most tests, with values above the standard, except for static and dynamic tests, which showed lower results than compared to other species. Therefore, the species can be applied in the composition of various structural systems, should also note, the necessity to perform the forestry management of the species to avoid imperfections in its timber.

KEYWORDS: new wood, mechanical properties, stiffness

INTRODUÇÃO

Sendo considerado um dos maiores biomas brasileiros e ocupando uma grande área do Nordeste, a caatinga apresenta grande diversidade de plantas e animais, cujas interações fazem que esse seja um bioma único e especial no planeta

(MAIA, 2012). De acordo com LORENZI (2016), *Pterogyne nitens*, também conhecida como amendoim-bravo, madeira-nova, bálsamo, entre outros, é uma espécie arbórea pertencente à família Fabaceae, subfamília Caesalpinioideae, com ocorrência em todo Nordeste do Brasil até o Oeste de Santa Catarina, que tem como principais características morfológicas a altura que varia de 10 a 15 m, com tronco podendo atingir até 60 cm de diâmetro.

Esta madeira é considerada moderadamente pesada, dura, de textura média, grã direita à irregular, difícil de rachar, com resistência moderada ao apodrecimento, alburno distinto, podendo ser utilizada para confecção de móveis finos, construção civil, barcos, aparelhos musicais e aparelhos de esporte (LORENZI, 2009). No entanto, BODIG & JAYNE (1982) citam que a madeira apresenta grande variabilidade em suas propriedades, sendo altamente influenciada pelas condições de crescimento das árvores.

A madeira é um material cujas características são amplamente apreciadas pela humanidade, estando presente em todas as culturas e povos, desde os mais tecnologicamente avançados aos mais primitivos. Tais características estão relacionadas à versatilidade, pois, sendo um material orgânico, heterogêneo, higroscópico, anisotrópico e poroso, é requerido como um dos principais componentes de manufaturados e de matéria-prima para as indústrias de transformação (LORENZI, 2009)..

Dessa forma, de acordo com WAHRHAFTIG (2013), por possuir resistência satisfatória e ser um material renovável, a madeira torna-se uma ótima opção a ser utilizada para fins construtivos, além de que, embora sofra degradação biológica, pode manter a durabilidade quando preservada através de tratamentos adequados. Com o avanço das inovações tecnológicas para o corte de madeira, o uso vem aumentando cada vez mais (ALMEIDA, 2012).

Projetos de estruturas de madeira podem ser realizados utilizando-se classes de resistência, definidas na norma brasileira NBR 7190 da ABNT (1997), ou resultados de ensaios de caracterização físico-mecânica da espécie utilizada na estrutura. Assim, a caracterização das propriedades mecânicas da madeira é feita por meio da avaliação destrutiva de corpos de prova, o que pode resultar na variabilidade dos resultados devido a fatores como uma amostragem inadequada ou problemas na confecção do corpo de prova (VIVIAN et al., 2012). Métodos não destrutivos também podem ser utilizados associados ou em substituição aos destrutivos, tais como o ultrassom, radiografia, correntes parasitas, análise de vibrações, emissão acústica, entre outros.

Cabe lembrar que a madeira é um material estrutural cuja capacidade resistente pode ser modificada por efeitos de umidade, densidade, temperatura, agressividade do meio e defeitos. A umidade apresenta-se de três formas na madeira: embebição ou capilaridade, impregnação ou saturação e constituição (WAHRHAFTIG, 2013).

Considerando a importância do conhecimento do comportamento e potencial tecnológico de espécies florestais de uso comercial, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da madeira de *P. nitens* Tul., através da caracterização de propriedades mecânicas, visando estabelecer parâmetros de qualidade da madeira, com possíveis usos e aplicações.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do Material

Foram coletadas aleatoriamente seis árvores, provenientes de um plantio experimental localizado no Campo Agropecuário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), situado no município de Vitória da Conquista, sob as coordenadas cartográficas de 14°51' de latitude Sul e 40°50' de longitude Oeste de Greenwich, em abril de 2012. O relevo da região é considerado plano a levemente ondulado, com altitude média de 840 m, o clima é do tipo Cwb, segundo classificação de Köppen, clima tropical de altitude (SOUSA et al., 2013).

As árvores foram processadas e, em seguida, foram confeccionados os corpos de prova de acordo com os ensaios a serem realizados, sendo os mesmos secos ao ar livre. Nos corpos de prova, foram medidas as dimensões nas direções estruturais da madeira (axial, radial e tangencial), embora tal orientação não foi seguida durante os cortes; e as massas nos estados secos ao ar, saturados e secos em estufa, respectivamente. As densidades básicas e aparentes médias foram obtidas em literatura. O teor de umidade foi obtido através do método gravimétrico e os resultados ajustados à umidade de equilíbrio de 12%, os quais foram utilizados na determinação da resistência e rigidez através dos módulos de elasticidade, respectivamente, de acordo com as Equações 1 e 2:

$$R_{12\%} = R_{Uc} \left(1 + \left(T_{Uc} - \frac{12}{100} \right) * 3 \right) \quad \text{Eq. 1}$$

$$E_{12\%} = E_{Uc} \left(1 + \left(T_{Uc} - \frac{12}{100} \right) * 2 \right) \quad \text{Eq. 2}$$

Em que: $R_{12\%}$ = resistência corrigida à 12% de umidade; $E_{12\%}$ = módulo de elasticidade corrigida à 12% de umidade; R_{Uc} = resistência obtida à umidade corrente; E_{Uc} = módulo de elasticidade obtido à umidade corrente; e T_{Uc} = teor de umidade corrente.

Os corpos de prova foram encaminhados para o Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira, localizada na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), sendo utilizada uma máquina universal de ensaios, modelo UMC 300, com célula de carga de 2 ton. Para determinação do módulo de elasticidade dinâmico, foi utilizado um ultrassom modelo Tester BP series.

Ensaio Mecânicos

Os ensaios foram realizados de acordo com a norma ABNT 7190 (1997), que determina os procedimentos e as dimensões dos corpos de prova a serem utilizados nos testes. A quantidade de corpos de prova seguiu a caracterização simplificada que recomenda mínimo por ensaio.

Determinação da resistência ao esforço de compressão paralela às fibras

As dimensões dos corpos de prova foram de 5 cm x 5 cm x 15 cm, com a maior dimensão na direção das fibras para obtenção da tensão de ruptura e do módulo de elasticidade.

As deformações não foram possíveis de serem obtidas, não havendo, portanto, o cálculo da resistência no módulo de elasticidade, pois houve avaria dos extensômetros. Foram determinadas a resistência máxima e a resistência no limite de proporcionalidade correspondente a 10% e 50% da resistência máxima à compressão.

A resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}) foi dada pela tensão máxima de compressão, que pode atuar em uma amostra com seção transversal quadrada, sendo obtida pela Equação 3:

$$f_{c0} = f_{c0,Max}/A \quad \text{Eq. 3}$$

Em que: f_{c0} = resistência à compressão paralela às fibras, em kgf.cm^{-2} ; Max = máxima força de compressão aplicada durante o ensaio, em kgf; e A = área inicial da seção transversal comprimida em cm^2 .

Resistência ao esforço de cisalhamento paralelo às fibras

As dimensões dos corpos de prova foram de 5 cm x 5 cm x 6,5 cm com maior dimensão na direção das fibras. A resistência ao cisalhamento paralelo às fibras (f_{v0}) foi dada pela tensão máxima de cisalhamento sobre a seção crítica do corpo de prova.

A resistência foi obtida pela Equação 4:

$$f_{v0} = F_{v0Max}/A_{v0} \quad \text{Eq. 4}$$

Em que: f_{v0} = resistência máxima ao cisalhamento paralelo às fibras, em kgf.cm^{-2} ; $F_{v0máx}$ = máxima força cisalhante aplicada, em kgf; e A_{v0} = área inicial da seção crítica do corpo de prova em um plano paralelo às fibras, em cm^2 .

Determinação da dureza Janka

A dureza da madeira foi determinada pela tensão que produz a penetração de uma semiesfera de aço com área diametral com 1cm^2 . As dimensões dos corpos de prova foram de 5 cm x 5 cm x 15 cm, com a maior dimensão na direção das fibras. O cálculo para determinação da dureza foi dado pela Equação 5:

$$f_H = F_{max}/A_{seção\ diametral} \quad \text{Eq. 5}$$

Em que: f_H = dureza da madeira, em kgf.cm^{-2} ; F_{max} = força máxima aplicada ao corpo de prova necessária à penetração de uma esfera de seção diametral de 1cm^2 de área na profundidade igual ao seu raio, em kgf; e $A_{seção\ diametral}$ em cm^2 .

Determinação da resistência e rigidez ao esforço de flexão estática

Foram utilizados 15 corpos de prova com dimensões de 2 cm x 5 cm x 45 cm. Essas dimensões foram baseadas pelo cálculo da proporção em relação às dimensões estabelecidas pela ABNT 7190 (1997) para o ensaio de flexão estática. A resistência da madeira ao esforço de flexão foi um valor dado pela tensão máxima atuante em um corpo de prova até o deslocamento preestabelecido. A resistência foi determinada pela Equação 6:

$$f_b = M_{\max}/W_e \quad \text{Eq. 6}$$

Em que: f_b = resistência máxima à flexão estática, em kgf.cm^{-2} ; M_{\max} = máximo momento aplicado ao corpo de prova, em kgf ; e W_e = módulo de resistência elástico da seção transversal do corpo de prova, dado por $bh^2/6$, em cm^3 , que corresponde ao produto entre a base e a altura, elevada ao quadrado, da seção transversal dividindo por seis. O módulo de elasticidade foi determinado pela Equação 7:

$$E_{M0} = (F_{M,50} - F_{M,10}) \cdot \frac{L^3}{V_{50} - V_{10}} \cdot 4 \cdot b \cdot h^3 \quad \text{Eq. 7}$$

Em que: E_{M0} = módulo de elasticidade da madeira, em kgf.cm^{-2} ; $F_{M,50} - F_{M,10}$ = são cargas correspondentes a 50% e 10% da carga estimada, aplicada ao corpo de prova, em kgf ; L = vão do corpo de prova, em cm ; $V_{50} - V_{10}$ = deslocamentos no meio do vão correspondentes a 50% e a 10% da carga máxima estimada, em cm ; e b e h = largura e altura da seção transversal do corpo de prova, em cm , respectivamente.

Determinação da resistência à flexão dinâmica

Foram utilizados seis corpos de prova, os mesmos utilizados no ensaio de flexão estática, sendo selecionados aqueles que apresentaram menos defeitos. Para a realização dos ensaios não destrutivos, foi utilizado equipamento de ultrassom dotado de transdutores de pontos secos com frequência de aproximadamente 45 kHz, que medem diretamente o tempo de propagação das ondas, em microssegundos (μs).

A determinação do tempo de propagação das ondas ultrassônicas foi realizada no centro das amostras, considerando a direção longitudinal da madeira. Realizaram-se duas leituras do tempo de propagação das ondas. A constante elástica dinâmica (E_d) foi dada diretamente pelo equipamento, com a entrada de dados de massa específica e dimensão do corpo de prova.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades Físicas

A densidade específica média utilizada como parâmetro para madeira nova foi de $0,63 \text{ g.cm}^{-3}$ e a densidade aparente de $0,75 \text{ g.cm}^{-3}$, com base em estudo realizado por MENEZES (2012). A espécie desta forma (quando da classificação da densidade), de acordo com critérios do IBAMA (2013) apresenta densidade média, que varia entre $0,50$ e $0,72 \text{ g.cm}^{-3}$. A umidade média dos corpos de prova durante os ensaios foram de 15%, sendo os resultados dos ensaios, ajustados para umidade de equilíbrio de 12%.

Em relação ao estado geral dos corpos de prova, foi verificada a presença de defeitos na maioria, o corte sem orientação em relação ao plano de corte e a presença de medula. Os principais defeitos encontrados foram: presença de nós, rachaduras de topo e empenamentos. A umidade, massa específica, tipos de água presente na madeira, contração e inchamento, são os principais fatores que afetam principalmente as propriedades físicas da madeira (FIGUEROA, 2012).

Caracterização das Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas são entendidas como respostas às solicitações impostas ao material e são divididas em propriedades mecânicas de resistência (como por exemplo: resistência à compressão paralela às fibras e resistência à tração paralela às fibras) e de rigidez (como por exemplo: módulo de elasticidade em ensaios de compressão paralela às fibras e módulo de elasticidade em ensaios de tração paralela às fibras) (ALMEIDA et al., 2013).

A Tabela 1 apresenta os valores médios de resistência obtidos para o ensaio de compressão paralela às fibras. A resistência máxima média ao esforço de compressão paralela às fibras (f_{c0}) foi de 572,63 kgf.cm⁻².

TABELA 1 – Valores mínimos, máximos e médios obtidos na resistência à compressão paralela.

Valores	f_{c0}	f_{LP}	f_{LP}/f_{c0}
	kgf.cm ⁻²		
Mínimo	514,18	361,92	0,70
Máximo	640,94	500,25	0,78
Médio	572,63	420,85	0,73
CV (%)	7,61	10,93	4,10
s	43,56	45,99	0,03

f_{c0} = resistência à compressão paralela às fibras; f_{LP} = resistência a compressão no limite de proporcionalidade; f_{LP}/f_{c0} = relação entre a resistência a compressão paralela às fibras e resistência a compressão no limite de proporcionalidade; CV%= coeficiente de variação; e s= desvio padrão.

Os valores de compressão paralela permitem o enquadramento entre as Classes C40 e C60, considerando também o valor da densidade na norma ABNT 7190 (1997). Os valores obtidos nas classes de resistência especificados na norma têm como objetivo o emprego de madeiras com propriedades padronizadas, orientando a escolha do material para elaboração de projetos estruturais.

Tendo parâmetro com madeira de conífera, MASCARENHAS et al. (2013), trabalhando com diferentes espécies de pinus e araucária, obtiveram um valor médio de 311 kgf.cm⁻² para madeira de pinus e 520 kgf.cm⁻² para araucária. Já LIMA et al. (2013), avaliando as propriedades mecânicas de painéis LVL produzidos com três espécies amazônicas, observaram uma compressão paralela média de 449 kgf.cm⁻² e para densidade média de 0,60 g.cm⁻³. Utilizando bambu-mossô com densidade de 0,74 g.cm⁻³, BERNDSEN et al. (2013) verificaram o valor médio de 401 kgf.cm⁻².

A Figura 1 apresenta o comportamento geral dos corpos de prova em relação ao esforço de compressão. A resistência média no limite de proporcionalidade foi de 420,85 kgf.cm⁻² e a sua relação média com a resistência máxima foi de 0,70.

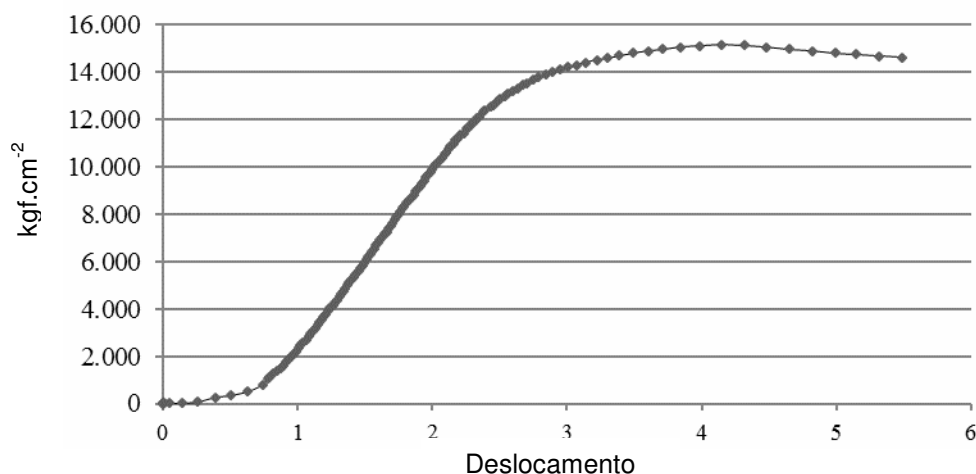


FIGURA 1. Curva de resistência a compressão paralela.

A resistência máxima aos esforços de cisalhamento paralelo às fibras apresentou um valor médio de 223,57 kgf.cm⁻², com um valor mínimo de 158,03 kgf.cm⁻² e máximo de 289,91 kgf.cm⁻², com coeficiente de variação de 22,97% e desvio padrão de 51,36. De acordo com documento do IBAMA (2013), o resultado enquadra a madeira como sendo de resistência alta.

A norma ABNT 7190 (1997) enquadra os valores de resistência para o ensaio de cisalhamento na classe C 40, em função também da densidade, embora o valor da resistência ultrapasse o valor máximo. O material apresentou alto coeficiente de variação e se atribui ao mesmo, a alta porcentagem de defeitos e a presença de medula na linha de ruptura. Nesse sentido, MELO (2013) destaca que os nós, inclinação das fibras, rachaduras, defeitos de secagem, entre outros, são os defeitos mais comuns que têm influência diferenciada na resistência da madeira em função do tipo de solicitação. Daí a necessidade de realizar ensaios específicos para determinar essa influência e, posteriormente, estabelecer um sistema de classificação visual ou mecânico não destrutivo, a ser empregado em peças estruturais comerciais.

MASCARENHAS et al. (2013), para diferentes espécies de pinus e araucária, obtiveram um valor médio de 72 kgf.cm⁻² para madeiras de pinus e 64 kgf.cm⁻² para araucária, valores muito inferiores ao apresentado pela *P. nitens*. LOBÃO et al. (2004), avaliando a resistência mecânica de diferentes espécies de eucalipto, obtiveram valor médio de 121 kgf.cm⁻². Para a madeira de angico-branco com densidade específica média de 0,70 g.cm⁻³, o valor da resistência foi de 10,2 kgf.cm⁻², conforme MELO et al. (2013).

A Tabela 2 apresenta os valores de dureza Janka, onde os mesmos foram avaliados nos sentidos longitudinal e transversal em relação a disposição das fibras. O valor médio obtido no sentido longitudinal foi de 893,29 kgf.cm² e para o sentido transversal 953,34 kgf.cm².

TABELA 2 – Valores mínimos, máximos e médios obtidos na resistência a dureza Janka.

Valores	f_H (kgf.cm ⁻²)	
	Longitudinal	Transversal
Mínimo	808,90	711,99
Máximo	987,68	965,00
Médio	893,29	953,34
CV (%)	7,72	15,35
s	68,95	130,64

f_H = resistência a dureza Janka; CV%= coeficiente de variação; e s= desvio padrão.

A média obtida classifica a madeira de *P. nitens* como de alta dureza, semelhante à madeira de capiúba, louro amarelo e na mesma classe do jatobá. MASCARENHAS et al. (2013), avaliando diferentes espécies de pinus e araucária, apresentaram um valor médio de 277 kgf.cm⁻² para madeiras de pinus e 338 kgf.cm⁻² para araucária. BOTELHO (2011), verificando as propriedades mecânicas da madeira de *Piptadenia gonoacantha*, com densidade específica de 0,75 g.cm⁻³, obteve 681 kgf.cm² para direção tangencial e 825 kgf.cm² para longitudinal.

Os resultados dos ensaios de flexão estática e dinâmica estão apresentados na Tabela 3. Foram encontrados valores médios de resistência na flexão de 955,02 kgf.cm⁻², para a resistência no limite de proporcionalidade de 621,48 kgf.cm⁻² e o módulo de elasticidade de 83.821,35 kgf.cm⁻². A relação entre as resistências no limite de proporcionalidade e a resistência máxima foi de 0,65. É apresentado também, o valor médio para rigidez dinâmica, de 69.836,54 kgf.cm⁻². Os valores, de modo geral, apresentam-se um pouco abaixo dos verificados em norma.

TABELA 3 – Valores mínimos, máximos e médios obtidos nos ensaios de flexão estática e dinâmica.

Valores	f_b	f_{LP}	E	E_d	f_{LP}/f_b
	kgf.cm ⁻²				
Mínimo	829,06	531,40	74.156,44	65.559,19	0,60
Máximo	1.066,10	728,83	102.533,38	85.073,37	0,70
Médio	955,02	621,48	83.821,35	69.836,54	0,65
CV (%)	10,31	13,80	12,00	8,94	0,03
s	98,48	85,78	10.059,73	6.246,13	5,54

f_b = resistência máxima; f_{LP} = resistência no limite de proporcionalidade; f_{LP}/f_b = relação entre a resistência a flexão estática e resistência no limite de proporcionalidade ; E= rigidez na flexão estática; E_d = rigidez na flexão dinâmica; CV%= coeficiente de variação; e s= desvio padrão.

TARGA et al. (2005), determinando o módulo de elasticidade de três espécies de eucalipto, obtiveram valores médios para E variando de 152.850 a 224.200 kgf.cm⁻², e para o E_d de 24.704 a 16.990 kgf.cm⁻². De acordo com os autores, no

geral, o módulo de elasticidade dinâmico revela-se maior que o estático ($E_d > E$), estudos indicam que essa ocorre em função da natureza visco elástica. A Figura 2 apresenta esses resultados, e foi possível verificar que não ocorreu esse tipo de comportamento, ou seja, os valores para a elasticidade dinâmica foram levemente inferiores que a estática em todos os casos.

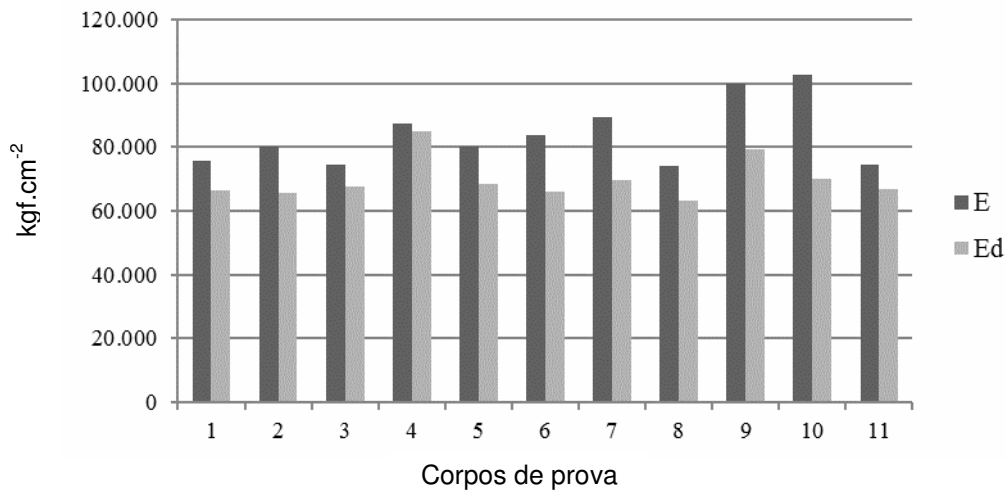


FIGURA 2. Relação entre os valores de rigidez para E e Ed.

MELO et al. (2013), avaliando a madeira de angico-branco, apresentaram o valor para resistência de 1.020 kgf.cm⁻², módulo de elasticidade estática de 112.940 kgf.cm⁻² e resistência à flexão dinâmica de 350 kgf.cm⁻². BOTELHO (2011) encontrou 920 kgf.cm⁻² para resistência e 129.005 kgf.cm⁻² para o módulo de elasticidade de *P. gonoacantha*, o que a classificou como uma madeira de média resistência à flexão estática e de alta rigidez. A Figura 3 apresenta o comportamento geral dos corpos de prova no ensaio de flexão estática.

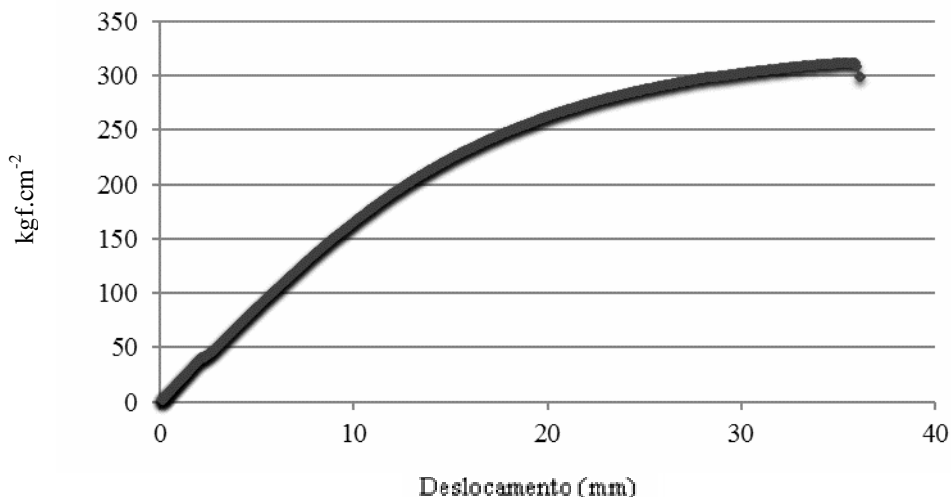


FIGURA 3. Curva de resistência à flexão estática.

CONCLUSÕES

A madeira de *P. nitens* apresentou resultados de resistência e rigidez mecânica satisfatórios e até superiores àqueles indicados em norma, com ressalva aos resultados de flexão estática e dinâmica. Assim, e especialmente em relação a sua resistência ao cisalhamento, dureza e compressão, é possível afirmar que a espécie apresenta potencial ao uso em produtos que requerem tais características, como pisos e móveis. Entretanto, devido ao grande número de defeitos apresentados nos corpos de prova, é necessário o manejo silvicultural da espécie para se obter um material livre de defeitos.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR-7190: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997, 107p.

ALMEIDA, D. H. de; SCALIANTE, R. M.; MACEDO, L. B.; MACEDO, A. N.; MACÊDO, A. N.; DIAS, A. A.; CHRISTOFORO, A. L.; CALIL JR., C. Caracterização completa da madeira da espécie amazônica Paricá (*Schizolobium amazonicum* HERB) em peças de dimensões estruturais, **Revista Árvore**, v. 37, n. 6, p. 1175-1181, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622013000600019>>. doi: 10.1590/S0100-67622013000600019

ALMEIDA, F. A. L. de. **Madeira como material estrutural – projeto da estrutura da cobertura de um edifício**. 2012 310p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2012.

BERNDSSEN, R. S.; KLITZKE, R. J.; BATISTA, D. C.; NASCIMENTO, E. M.; OSTAPIV, F. Resistência à flexão estática e à compressão paralela do bambu-mossô (*Phyllostachys pubescens*). **Revista Floresta**, v.43, n.3, p.485-494, 2013. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/273273277>>. doi: 10.5380/rf.v43i3.29319.

BODIG, J.; JAYNE, B; A.; **Mechanics of wood and wood composites**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1982, 736p.

BOTELHO, M. N. **Caracterização das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr.** 2011 18p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2011.

IBAMA. **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/caracteristicas.php?ID=194&caracteristica=138>. Acesso em 14 de out de 2013.

LIMA, N. N.; MENDES, L. M.; SÁ, V. A.; BUFALINO, L. Propriedades físico-mecânicas de painéis LVL produzidos com três espécies amazônicas. **Cerne**, v,19, n.3, p.407-413, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602013000300007>>. doi: 10.1590/S0104-77602013000300007.

LOBÃO, M. S.; LUCIA, R. M. D.; MOREIRA, M. S. S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.889-894, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000600014>>. doi: 10.1590/S0100-67622004000600014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, v.2, 3.ed. Editora Nova Odesa: Instituto Plantarum, 2009, 384p.

MAIA, G. N.; **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 2.ed. Fortaleza: Printcolor Gráfica e Editora, 2012, 413p.

FIGUEROA, M. J. M. **Coefficientes de modificação das propriedades mecânicas da madeira devidos à temperatura**. 2012 259p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

MASCARENHAS, A. R. P.; SUSIN, F.; STANGERLIN, D. M.; SOUZA, A. P.; MELO, R. R. Caracterização tecnológica da madeira de espécies de coníferas nativas e exóticas. **Scientific Electronic Archives**, v.3, n.1, p.1-5, 2013. Disponível em: <<http://www.seasinop.com.br/revista/?journal=SEA&page=article&op=download&path%5B%5D=32&path%5B%5D=24>>.

MELO, J. E. de. **Sistemas estruturais em madeira**. Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Brasília, 2013, 158p.

MELO, R. R. de; ARALDI, D. B.; STANGERLIN, D. M.; MULLER, M. T.; GATTO, D. A. Uso das características tecnológicas da madeira para o agrupamento de espécies florestais. **Nativa**, n.1, v.1, p.1-7, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a01>>. doi: 10.14583/2318-7670.v01n01a01.

MENEZES, L. B. **Caracterização física da madeira de *Pterogyne nitens* Tul**. 2012 20p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia; 2012.

SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B; BARRETO, P. A. B.; JÚNIOR, V. C. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. **Scientia Plena**, v.9, n.4, p. 1-7, 2013. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/237023254>>. doi: 10.5039/agraria.v6i1a861

TARGA, L. A.; BALLARIN, A. W.; BIAGGIONI, M. A. M. Avaliação do módulo de elasticidade da madeira com uso de método não-destrutivo de vibração transversal. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p. 291-299, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162005000200001>>. doi: 10.1590/S0100-69162005000200001.

VIVIAN, M. A.; MODES, K. S.; SANTINI, E. J.; CARVALHO, D. E.; MORAIS, W. W. C.; SOUZA, J. T.; GATTO, D. A. Estimativa dos módulos de elasticidade e ruptura da madeira de *Eucalyptus cloeziana* f. Muell por meio de método não destrutivo. **Ciência da Madeira**, v.3, n.2, p.91-101, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/viewArticle/4043>>.

WAHRHAFTIG, A. de M. **Comentários sobre a madeira como material estrutural**. Informativo ABENC-BA, Salvador, v.1, p.5-6, 2013.