

Agrupamento de espécies amazônicas segundo as propriedades mecânicas

Antonio Padua Radaeli Neto ¹; Geraldo Bortoletto Júnior ²; Ivaldo Pontes Jankowsky ³; Annie Karoline de Lima Cavalcante ^{4, *}; Luana Candaten ⁴; Caio César Faedo de Almeida ⁴

¹ Engenharia Florestal / Universidade de São Paulo; ² Laboratório de Laminação e Painéis de Madeira / Universidade de São Paulo; ³ Laboratório de Secagem e Tratamento de Madeiras / Universidade de São Paulo; ⁴ Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais / Universidade de São Paulo; * annie.karolinelima@usp.br

Resumo: O presente estudo teve por objetivo agrupar as madeiras de 14 espécies amazônicas segundo as suas propriedades de flexão estática, compressão paralela e cisalhamento, a fim de subsidiar o processo de substituição por similaridade de tais matérias-primas entre si, conforme determinada propriedade considerada limitante. O agrupamento foi realizado segundo o teste Scott-Knott, com $\alpha=0,05$ de significância. Foi possível estabelecer grupamentos de espécies por similaridade em categorias de propriedades comuns, sendo verificada a existência de diferentes grupos de acordo com a propriedade analisada, possibilitando a substituição das espécies pertencentes a um mesmo grupo sem que haja prejuízo, pois, as madeiras são similares.

Palavras-chave: Flexão, Características, Madeira, Grupos.

Grouping of Amazonian species according to the mechanical properties

Abstract: The present study aimed group from the mechanical properties in bending, parallel compression and shear of 14 Amazonian species according to NBR 7190: 97, in order to support the timber species selection process as a feedstock in different uses; the grouping was performed according to the Scott-Knott test, with $\alpha = 0.05$ of significance. It was possible to establish groupings of species by similarity in categories of common properties, being verified the existence of different groups according to the property analyzed, allowing the replacement of the species belonging to the same group without loss, since the woods are similar have similar properties.

Keywords: Bending, Characteristics, Wood, Groups.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma grande diversidade de espécies com potencial madeireiro que precisam ser utilizadas de forma racional para a obtenção de produtos de madeira (Iwakiri et al., 2016). Associado a esse potencial latente, o desenvolvimento tecnológico no uso de madeira cresceu de forma acentuada nas últimas décadas, impulsionando sua utilização e o surgimento de novos produtos e subprodutos (Beltrame et al., 2010). No País, a madeira é utilizada em estruturas temporárias tais como moldes para concreto, andaimes e escoramentos, e de forma permanente em esquadrias de portas e janelas, tetos, pisos, telhados de casas e pequenas edificações (Zenid, 2009; Ribeiro et al., 2018).

O setor de madeira de origem nativa fixou-se em um número limitado de espécies, com maior apelo estético e estabilidade dimensional, utilizadas, principalmente, na confecção de produtos de maior valor agregado (construção naval, movelaria, instrumentos musicais), resultando em uma grande pressão de exploração sobre tais espécies, favorecendo sua escassez (Gonzaga, 2006).

Para aplicação na construção civil é essencial conhecer as propriedades mecânicas das madeiras utilizadas, sendo necessária caracterização de acordo com o tipo de solicitação (compressão, tensão, cisalhamento), as direções da grã e classe de umidade, principalmente visando uso estrutural (Calil Jr & Molina, 2010; Cavalheiro et al., 2016). De acordo com Silva et al. (2018), a possibilidade de estimar as propriedades mecânicas de espécies nativas é altamente atrativa para as comunidades científicas e tecnológicas, pois garante alternativas ao processo de escolha de matéria-prima empregada nas atividades de construção civil e outros ramos, em contraposição aos impactos ambientais causados pelo uso intensivo e constante de determinados exemplares (Zenid, 2009).

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo o agrupamento de 14 espécies amazônicas a partir das propriedades mecânicas das suas madeiras determinadas em ensaios de flexão estática, compressão paralela e cisalhamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizadas 14 espécies amazônicas (Tabela 1), coletadas na área de manejo florestal sustentável, Unidade de Produção Anual – 06, localizada no Vale do Jari, distrito de Monte Dourado, município Almeirim/PA, pertencente ao grupo Orsa Florestal.

Tabela 1. Lista de espécies utilizadas no estudo

Nome popular	Nome científico
Angelim Vermelho	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke
Itaúba Amarela	<i>Mezilaurus lindaviana</i> Schwacke & Mez
Cedrinho	<i>Erismia uncinatum</i> Warm.
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i> Aubl.
Pequiá	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.
Angelim da Mata	<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke
Maçaranduba	<i>Manilkara bidentada</i> (A. DC.) A. Chev.
Timborana	<i>Piptadenia gonoacantha</i>
Sucupira Preta	<i>Bowdichia nitida</i> Spruce ex Benth.
Tachi Preto	<i>Tachigali myrmecophyla</i> (Ducke) Ducke
Tanibuca	<i>Buchenavia parvifolia</i> Ducke
Mandioqueira	<i>Qualea paraensis</i> Ducke
Sapucaia	<i>Lecythis usitata</i> Miers
Jarana Amarela	<i>Lecythis poiteaui</i> O. Berg

Na referida área, três árvores de cada espécie foram cortadas, sendo obtida uma tora de 2,5 m de comprimento de cada indivíduo. Ainda na floresta, as toras foram serradas em quatro blocos com seção transversal de 17 cm x 17 cm x 250 cm (largura, espessura e comprimento respectivamente). Dois destes blocos resultantes foram encaminhados aos Laboratórios do Departamento de Ciências Florestais (LCF) da ESALQ/USP para serem desdobrados em pranchões e depois em vigotas de 8,5 cm x 8,5 cm x 250 cm.

Foram utilizadas três vigotas por espécie, totalizando 42 vigotas, as quais foram secas ao ar livre e, posteriormente, dispostas numa sala de climatização com temperatura de $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 5\%$, até atingirem massa constante. Nesta condição, as vigotas foram desdobradas em corpos de prova (CP), cujas dimensões e ensaios seguiram as especificações da norma NBR 7190 (ABNT, 1997). Exceção foi o caso dos CP de flexão estática, no que diz respeito às dimensões que foram de 5 x 5 x 75 cm e a relação entre vão e altura adotada nos ensaios, que foi igual à 14, conforme especifica a norma americana D 143 (ASTM, 1995). Para os ensaios de compressão e flexão estática foram utilizados seis CP por espécie, e para os ensaios de cisalhamento foram utilizados doze CP por espécie, sendo seis com o plano de cisalhamento na direção radial e seis na direção tangencial aos anéis de crescimento.

Com os dados obtidos nos ensaios, foi calculada a resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}), a resistência ao cisalhamento paralelo às fibras (f_{v0}), bem como o módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE) à flexão estática. Após os ensaios, o teor de umidade de todos os CP foi determinado e utilizado para corrigir os valores calculados de resistência, MOR e MOE para o teor de umidade padrão de 12%, conforme as equações prescritas pela NBR 7190 (ABNT, 1997).

Para comparação de valores entre as espécies e com o objetivo de estabelecer o grupamento das mesmas por similaridade em categorias de propriedades comuns, foi realizada uma análise de variância (ANOVA), conduzida ao nível $\alpha=0,05$ de significância, seguida do teste de Skott-Knott, através do software estatístico SISVAR.

3. RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta os valores médios dos módulos de ruptura e de elasticidade à flexão estática, de resistência a compressão e de resistência ao cisalhamento das madeiras estudadas.

Tabela 1. Valores médios das propriedades avaliadas por espécie

Espécie	Flexão estática		Compressão paralela		Cisalhamento
	MOR (MPa)	MOE (MPa)	f_{c0} (MPa)	MOE (MPa)	f_{v0} (MPa)
<i>Bowdichia nitida</i>	175,89 A (9,5)	21988,34 A (5,6)	85,57 A (5,7)	26304,68 A (16,8)	15,06 A (17,3)
<i>Buchenavia parvifolia</i>	152,47 A (7,7)	19976,94 A (7,9)	70,53 C (10,4)	25568,81 A (28,1)	13,99 A (11,1)
<i>Caryocar villosum</i>	104,43 C (21,9)	13383,46 B (23,9)	56,92 D (14,1)	17009,91 B (26,6)	14,08 A (18,5)
<i>Dinizia excelsa</i>	163,33 A (11,3)	18671,37 A (7,0)	86,26 A (6,7)	25165,24 A (13,1)	14,29 A (14,7)
<i>Erisma uncinatum</i>	106,56 C (2,1)	13429,68 B (8,5)	52,88 D (9,5)	17700,13 B (16,2)	7,42 C (21,6)
<i>Goupia glabra</i>	106,00 C (24,5)	13608,68 B (24,0)	61,02 C (15,1)	17031,12 B (20,2)	11,60 B (12,9)
<i>Hymenolobium excelsum</i>	118,41 C (4,5)	13739,30 B (14,9)	56,99 D (5,3)	18432,82 B (22,2)	11,08 B (6,3)
<i>Lecythis poiteaui</i>	137,10 B (10,3)	19169,03 A (17,2)	65,71 C (7,5)	27674,78 A (16,5)	15,27 A (13,1)
<i>Lecythis usitata</i>	132,49 B (25,1)	15926,32 B (19,1)	68,83 C (4,5)	20007,34 B (26,0)	14,64 A (13,0)
<i>Manilkara bidentada</i>	138,69 B (8,6)	16924,96 A (13,8)	68,08 C (7,8)	24909,64 A (23,5)	12,69 A (12,6)
<i>Mezilaurus lindaviana</i>	114,90 C (17,8)	16316,46 B (4,4)	63,88 C (8,5)	24860,35 A (29,2)	11,18 B (13,4)
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	154,94 A (1,1)	18131,49 A (5,3)	73,80 B (3,3)	20898,96 B (11,8)	15,30 A (12,4)
<i>Qualea paraensis</i>	139,74 B	19223,06 A	62,63 C	22289,73 A	13,53 A

	(6,8)	(7,3)	(13,9)	(15,4)	(11,1)
<i>Tachigali</i>	135,71 B	17235,75 A	62,15 C	22979,02 A	13,79 A
<i>myrmecophyla</i>	(6,2)	(10,7)	(3,5)	(21,0)	(11,6)

Valores acompanhados por letras iguais dentro da coluna não diferem estatisticamente ($\alpha=0,05$) e neste caso as respectivas espécies constituem um único grupo, segundo o teste Scott-Knott; valores entre parênteses são referentes ao coeficiente de variação em percentual.

A análise de variância dos dados indicou haver diferença estatisticamente significativa entre as espécies, sendo assim, foi possível estabelecer grupos de espécies por similaridade em categorias de propriedades comuns. A classificação dos grupos foi feita de forma a ter as espécies com os maiores valores da propriedade avaliada dentro do grupo A e as outras em seguida por ordem decrescente de valores.

4. DISCUSSÃO

Levando em consideração os resultados do ensaio de flexão estática, o grupo A contém as espécies com os maiores valores de módulo de ruptura e o grupo C as de menor valor. O maior valor de MOR foi observado na *Bowdichia nitida* (175,89 MPa) e o menor no *Caryocar villosum* (104,43 MPa). O mesmo comportamento foi observado para os valores de MOE, sendo o maior e menor valor, respectivamente, *Bowdichia nitida* (21988,34 MPa) e *Caryocar villosum* (13383,46 MPa), sendo assim as espécies foram agrupadas em diferentes grupos sendo suas propriedades fator suficiente para diferenciá-las.

Para compressão paralela às fibras foi observado a formação de quatro grupos distintos quando consideradas a resistência máxima, enquanto, para o valor de MOE apenas dois grupos foram observados, cabendo destacar que há diferenciação na quantidade de espécies contidas em cada grupo. O valor médio de resistência foi observado no grupo A (*Dinizia excelsa* – 86,26 MPa) e o menor na espécie *Erismia uncinatum* (52,88 MPa) pertencente ao grupo D; no módulo de elasticidade, a espécie *Lecythis poiteaui* (27674,78 MPa) obteve o maior valor médio de MOE e o *Caryocar villosum* (17009,91 MPa) o menor. Ao analisar os valores médios de resistência ao cisalhamento paralelo, foram determinados três grupos heterogêneos quanto o número de componentes. As espécies de maior e menor valor de resistência ao cisalhamento foram *Piptadenia gonoacantha* (15,30 MPa) e *Erismia uncinatum* (7,42 MPa), respectivamente, sendo elas agrupadas em diferentes grupos, de tal forma que *Erismia uncinatum* compôs sozinha o grupo C diferenciando de todas as outras espécies, avaliando essa propriedade.

Considerando os diferentes tipos de solicitação de uma peça de madeira, a definição de

grupos com propriedades similares auxilia na escolha da matéria-prima para diferentes projetos (ex.: vigas, pilares, colunas, etc.), já que o agrupamento com um elevado número de opções é uma excelente alternativa para se atingir a sustentabilidade da cadeia produtiva florestal, visto que existe a possibilidade de substituir as espécies de uso mais intenso por outras menos exploradas, e que possuem as mesmas propriedades mecânicas sem diminuição da qualidade do produto final.

5. CONCLUSÕES

- O conjunto das madeiras das 14 espécies amazônicas não constitui um único grupo, pois, diferenças significativas entre elas foram observadas em todas as propriedades mecânicas analisadas.
- Foi possível estabelecer grupamentos de espécies por similaridade das madeiras em categorias comuns, conforme a propriedade considerada. As espécies classificadas dentro de um mesmo grupo podem ser substituídas entre si, sem que haja prejuízo, pois, as suas madeiras são similares.

6. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro; 1997.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D 143-94: Standard test methods of testing small clear specimens of timber. Philadelphia; 1995.

Beltrame R et al. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) em três estratos fitossociológicos. *Ciência da Madeira* 2010; 01(02):54-69.

Calil Jr C, Molina JC. Coberturas em Estruturas de Madeira: Exemplos de Cálculo. Pini, São Paulo.

Cavalheiro RS, Almeida DH, Almeida TH; Araújo VA, Christoforo AL; Lahr, FAR. Mechanical properties of Paricá wood using structural members and clear specimens. *International Journal of Materials Engineering* 2016; 6(2):56-59.

Gonzaga AL. Madeira: uso e conservação (Cadernos Técnicos 6). Brasília, DF: IPHAN/MONUMENTA, 2006.

Iwakiri S, Trianoski R, Fonte APN, França MC, Lau PC, Molleken R. Potencial de uso de madeiras de *Dinizia excelsa* Ducke e *Protium puncticulatum* JF Macbr para produção de painéis EGP. *Scientia Florestalis* 2016; 44(11):709-717.

Ribeiro ML, Del Menezzi CHS, Siqueira ML, Melo RR. Effect of wood density and screw length on the withdrawal resistance of tropical wood. *Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais* 2018; 6(4):402-406.

Zenid GJ. *Madeira: uso sustentável na construção civil*. São Paulo: IPT: SVMA, 2009.

