



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

MIRIAN NUNES BOTELHO

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA
MADEIRA DE *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr.**

Prof. Dr. ALEXANDRE MIGUEL DO NASCIMENTO
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
Novembro - 2011



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

MIRIAN NUNES BOTELHO

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA
MADEIRA DE *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr.**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

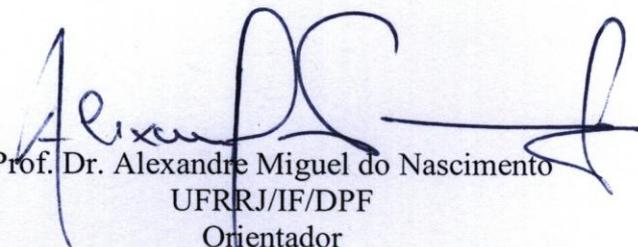
Prof. Dr. ALEXANDRE MIGUEL DO NASCIMENTO
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
Novembro - 2011

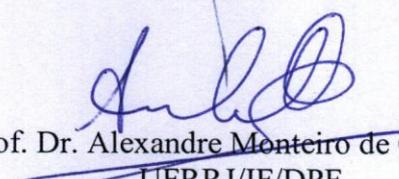
**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA
MADEIRA DE *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr.**

Monografia aprovada em 02 de Dezembro de 2011.

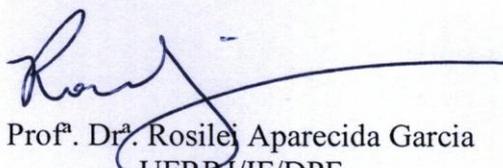
Comissão Examinadora



Prof. Dr. Alexandre Miguel do Nascimento
UFRRJ/IF/DPF
Orientador



Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho
UFRRJ/IF/DPF
Membro Titular



Profª. Drª. Rosiléi Aparecida Garcia
UFRRJ/IF/DPF
Membro Titular

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que tem feito e pelo que Ele representa na minha vida!

A meu orientador, pela paciência e dedicação!

Aos professores do IF, pelo conhecimento adquirido!

A meus amigos, pelo carinho, incentivo e palavras de otimismo!

E, ao meu tio Dico (*in memoriam*), por ter sido o responsável pelo meu ingresso na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro!

RESUMO

No presente trabalho visou-se determinar as propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr., cujo nome comum é pau-jacaré, procedente de uma área de mata nativa, localizada no bairro Rural de São José, município de Paracambi, Estado do Rio de Janeiro. Retirou-se uma tora de árvore adulta, de idade desconhecida, com DAP de 28 cm. Foram determinadas as propriedades físicas: massa específica aparente, densidade básica e retratibilidade; e propriedades mecânicas: compressão paralela às fibras; flexão estática; cisalhamento paralelo às fibras e dureza Janka. Os procedimentos realizados seguiram a norma ABNT: NBR7190/97. Nas avaliações das propriedades físicas observou-se que a madeira é moderadamente densa; de média densidade; a retratibilidade volumétrica é média; e apresenta coeficiente anisotrópico normal. Nas avaliações das propriedades mecânicas, o valor médio de resistência máxima à compressão foi de 533 kgf.cm⁻²; enquanto que de flexão e de cisalhamento foram de 920 kgf.cm⁻² e de 166 kgf.cm⁻², respectivamente. Para a dureza Janka foram obtidos valores médios de 725 kgf.cm⁻² na direção radial interna, 738 kgf.cm⁻² na radial externa, 663 kgf.cm⁻² na tangencial e 837 kgf.cm⁻² na longitudinal.

Palavras-chave: pau-jacaré, propriedades físicas e mecânicas da madeira

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the physical and mechanical properties of *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr., wood named pau jacaré Southeast, coming from an area of native forest, located in the rural district of São José, Paracambi, Rio de Janeiro state. He retired a log of full-grown tree, of unknown age, with DBH of 28 cm. The physical properties (density, basic density, linear and volumetric shrinkage and swelling) and mechanical properties (compression parallel to grain, bending strength, shear parallel to grain, bending and Janka hardness). Were determined the procedures followed ABNT: NBR7190/97. In the evaluations of the physical properties was observed that the wood is moderately dense of, medium density, medium volumetric shrinkage, and normal anisotropic. In the evaluations of mechanical properties, the average maximum for the resistance to compression was of 533 kgf.cm⁻²; while for shear and strength were of 920 and 166 kgf.cm⁻², respectively. For Janka hardness, average values were of 725 kgf.cm⁻² for internal radial, 738 kgf.cm⁻² for external radial, 663 kgf.cm⁻² for tangential and 837 kgf.cm⁻² for longitudinal direction.

Keywords: pau-jacaré, physical properties and mechanical characteristics of wood

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	1
2.1. Objetivo geral.....	1
2.2. Objetivos específicos.....	1
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3.1 A espécie estudada.....	2
3.2 Características físico-mecânicas da madeira.....	4
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
4.1. Caracterização do material.....	5
4.2. Determinação dos ensaios físicos.....	6
4.3. Determinação dos ensaios mecânicos.....	8
4.3.1. Determinação da resistência e da rigidez ao esforço de compressão paralela às fibras	8
4.3.2. Determinação da resistência ao esforço de cisalhamento paralelo às fibras.....	8
4.3.3. Determinação da resistência e rigidez ao esforço de flexão estática	9
4.3.4. Determinação da dureza pelo método de Janka	10
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
5.1. Caracterização das propriedades físicas da madeira.....	10
5.2. Caracterização das propriedades mecânicas da madeira.....	14
6. CONCLUSÕES.....	15
7. RECOMENDAÇÕES.....	15
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Árvore bifurcada da espécie de pau – jacaré (*Piptadenia gonoacantha*).....3
- Figura 2.** Variação da retirada de umidade da madeira da condição saturada à condição seca. Relação entre a média dos teores de umidade e o tempo (dias) necessário para a estabilização dos corpos-de-prova ao ambiente.....12

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores obtidos para as propriedades físicas da madeira de <i>P. gonoacantha</i>	9
Tabela 2. Valores das propriedades físicas de retração total (da condição saturada ao teor de 0% de umidade).....	11
Tabela 3. Valores das resistências e rigidez a compressão paralela às fibras.....	12
Tabela 4. Valores das resistências e rigidez à flexão estática.....	13
Tabela 5. Valores das resistências ao cisalhamento paralelo às fibras.....	13
Tabela 6. Valores de dureza Janka nas direções radial interna (medula-casca) e radial externo (casca-medula), tangencial e longitudinal.....	14

1. INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se por apresentar uma vasta área de florestas nativas, que na sua maioria, são exploradas para obtenção de madeiras para as indústrias da construção civil e de movelaria. Ocorre também que, são significativas as áreas de reflorestamento das espécies exóticas do gênero de *Pinus* e *Eucalyptus*, tanto para a implantação de povoamento florestal quanto da extração da madeira para diversos fins que envolvem sua utilização. Por outro lado, do ponto de vista ambiental, há uma carência na restauração de áreas antes florestadas, e, devido à intensa exploração madeireira e da produção agropecuária, não foram capazes de se regenerar.

Na atualidade, a idéia de se produzir de maneira sustentável e pela necessidade de se intervir o mínimo possível no meio natural, faz com que se repense os modelos tradicionais utilizados no setor florestal. As principais madeiras nativas, comercializadas largamente, provenientes de espécies arbóreas, apresentam ciclo médio a longo de produção, o que muitas vezes inviabiliza a reposição do material no mercado. Deste modo, pode haver escassez do produto oriundo dessas madeiras pelo tempo decorrido para a extração da matéria-prima na floresta.

O conhecimento das propriedades físicas e mecânicas das madeiras é fundamental para definir adequadamente suas aplicações a que serão destinadas e, assim, dimensionar, com segurança, as partes componentes de uma estrutura com esse material. O desconhecimento das propriedades das espécies madeireiras, que potencialmente podem servir como alternativas às espécies florestais com tendência a escassez, diminui suas oportunidades de utilização. Além disso, estudos sobre as características da madeira, de um modo geral, são importantes para definir sua viabilidade no setor da economia florestal.

A necessidade de buscar alternativas de madeiras de qualidade, com crescimento rápido, de alto valor agregado e que sejam coerentes com a demanda de mercado, são fatores que motivam maior interesse em realizar estudos e pesquisas sobre espécies florestais nativas que possam ser produzidas em escala comercial.

A espécie arbórea *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr., conhecida como pau – jacaré, pertencente à família botânica Leguminosae – Mimosoideae, é uma das espécies florestais mais utilizadas em programas de revegetação de áreas degradadas. Aparentemente, sua característica principal destaca-se no aspecto ecológico, no repovoamento de solos de baixa fertilidade. Em virtude da sua contribuição ambiental, buscou-se estudar com mais profundidade sobre suas qualidades do ponto de vista econômico, na área tecnológica. A *Piptadenia gonoacantha* ao apresentar rápido crescimento, múltiplos usos comerciais, porém sem destaque no mercado, é uma madeira que pode vir a ser uma espécie potencial e promissora no emprego de sua matéria-prima, principalmente madeireira, nas indústrias da construção civil e de moveleira.

2. OBJETIVOS

2. 1. Objetivo geral

- Determinar as propriedades físicas e mecânicas e avaliar a resistência mecânica da espécie arbórea pau-jacaré.

2. 2. Objetivos específicos

- Determinar as propriedades físicas através de testes físicos para obtenção da densidade básica, massa específica e retratibilidade da madeira;
- Determinar as propriedades mecânicas através de testes de cisalhamento paralelo às fibras, compressão paralela às fibras, flexão estática e dureza Janka.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A espécie estudada

A espécie florestal *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr., conhecida como pau-jacaré, pertence à família Leguminosae - Mimosoideae (CARVALHO *et al.*, 2010). Esta espécie ocorre naturalmente e principalmente na floresta pluvial da encosta atlântica do Brasil. Os estados de maior ocorrência são Bahia, passando pelo sul do Espírito Santo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, ao leste e norte do Rio de Janeiro e Paraná, leste de Santa Catarina e em todo o estado de São Paulo.

Pode-se encontrar na literatura sinônimos como *Acacia gonoacantha* Mart., *Piptadenia communis* Benth. *Piptadenia vulgaris* Benth. e *Pityrocarpa gonoacantha* (Mart.) Brenan. A espécie *P. gonoacantha* é subdividida em duas variedades: *P. gonoacantha* (Martius) Macbride variedade *gonoacantha* e *P. gonoacantha* (Martius) Macbride, que se refere a do presente estudo e, variedade *inermis* Burkart (BURKART, 1979; RIZZINI, 1971).

Segundo Carvalho (1994) pode-se encontrar a mesma espécie com diferentes nomes populares dependendo da região: angico, no Distrito Federal; angico-branco, camboeteiro, camoeteiro e serreiro, no Estado de São Paulo; caniveteiro e monjolo, em Minas Gerais; casco-de-jacaré, em Santa Catarina; icarapé, na Bahia; jacaré, em Minas Gerais, no Paraná, nos Estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo, jacarezeiro, no Paraná; e monjoleiro.

A espécie é semicaducifólia e, quando adulta pode atingir até 30 m de altura e 90 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, 1,30m do solo), o tronco pode ser reto ou tortuoso com cristas aculeadas em toda a extensão. Sua casca possui cristas transversais e longitudinais que lembram o couro de jacaré, daí seu nome popular estão presentes, também, acúleos em maior ou menor quantidade, de até 2 cm de comprimento (Figura 1). A casca interna é amarelada, e a externa é áspera nas árvores jovens, tornando-se rugosa ou fissurada com o passar do tempo. (CARVALHO, 1994). Quanto ao grupo sucessional é uma espécie pioneira a secundária inicial, que cresce em vários tipos de solo (LORENZI, 2002).



Figura 1: Árvore bifurcada da espécie de pau – jacaré (*Piptadenia gonoacantha*).
Fonte: <http://eptv.globo.com/terradagente/0,0,4,79;7,pau-jacare.aspx>

Segundo Dias Neto *et al.* (2007) a espécie desenvolve-se em ambiente de sub-bosque em condições de sombreamento médio ou luminosidade não muito intensa, ocorrendo em pequenas clareiras, bordas de clareiras e de florestas.

O pau jacaré tem rápido crescimento (CORRÊA, 1984) atingindo cerca de 25 m³/ha.ano aos 8 anos de idade; podendo ter rotação entre 6 e 7 anos para lenha e carvão e 15 anos para utilização em serrarias. Segundo Carvalho (1994), a espécie *P. gonoacantha* apresenta um incremento médio anual em volume sólido com casca de 30,8 m³/ha.ano aos 11 anos de idade com massa específica aparente de 0,75 a 0,78 g/cm³. A espécie pode ser utilizada em sistemas agroflorestais, tais como sombreamento de cafezais e cacauzeiros (CARVALHO, 1994). Além disso, *P. gonoacantha* tem potencial de uso comercial da casca para a produção de taninos condensados (TRUGILHO *et al.*, 1997).

Realizando estudos de extração de tanino Trugilho *et al.* (1997) encontrou, com base na casca seca, 69,13% de extrativos solúveis na madeira do pau – jacaré. Enquanto Gonçalves & Lelis (2001) avaliando os teores de taninos de extratos obtidos a partir da casca e da madeira de algumas espécies de leguminosas arbóreas, verificaram que a espécie *P. gonoacantha* possui, respectivamente, 68% e 83%. Para eles, o pau-jacaré, ao apresentar valores expressivos para taninos condensáveis tanto na madeira como na casca, destaca-se como uma espécie promissora para o fornecimento de taninos condensáveis, principalmente em curtumes.

De acordo com Ferreira *et al.* (2001), a espécie pode ser considerada como potencial colonizadora de áreas com inundação sazonal, principalmente em recomposição de matas de galeria. Ao avaliar o grau de tolerância de plântulas da espécie à inundação e em diferentes níveis de irradiação solar, verificou-se que estas tiveram o crescimento bastante reduzido sob inundação, porém, na parte aérea, foram capazes de sobreviver a esse estresse sem apresentar sintomas característicos de plantas intolerantes, como senescência foliar e necrose. Quanto à

incidência de luminosidade, não apresentaram diferença significativa. Isso mostra que as plântulas de *P. gonoacantha* possuem alto índice de sobrevivência à inundação, podendo resistir ao estresse na estação chuvosa subsequente. Porém, segundo Ferreira *et al* (2001), as sementes de *P. gonoacantha* têm pouca capacidade germinativa em condições de ambiente inundado, e por outro lado, tem grande dispersão na estação seca, com a alta intensidade de germinação (FERREIRA *et al.*, 2001).

Marques *et al.* (2009) ao avaliar o crescimento e qualidade de mudas de *P. gonoacantha*, em diferentes tipos de substratos, constatou que as mudas produzidas nos substratos do tipo de solo argissolo e cambissolo proporcionaram melhores resultados. Isso se deve ao fato de apresentarem características químicas e físicas às quais a espécie melhor se desenvolve. Aliado a isso, para o estabelecimento de um povoamento florestal com bom desenvolvimento, é fundamental que nas fases iniciais de implantação, que corresponde ao plantio, esteja embutida na qualidade e quantidade da produção de mudas florestais, o melhoramento genético da espécie.

Tambarussi *et al.* (2008) em seu trabalho estimou a variabilidade genética de *P. gonoacantha* envolvendo nove populações em fragmentos de floresta Atlântica, fazendo uso de marcadores genéticos, RAPD (“Random Amplified Polymorphic DNA”). O estudo evidencia a existência de diversidade genética entre os fragmentos florestais. Segundo o autor, as nove populações de *P. gonoacantha* apresentaram um alto nível de polimorfismo e de heterozigosidade esperada, sugerindo assim, que as populações têm potencial para compor programas de conservação genética.

P. gonoacantha é uma espécie que rebrota com vigor da touça, pode ser manejada por regime de talhadia, sendo, portanto, desnecessária a aquisição de mudas para o segundo ciclo do povoamento (MAIER *et al*, 2006). Segundo Carvalho (1994), em algumas regiões onde a espécie florestal pode ser encontrada e utilizada como material estrutural, não é comum sua comercialização para esta finalidade.

Botrel *et al.* (2006), trabalhando em uma localidade do município de Ingaí, no estado de Minas Gerais, verificou que a espécie *P. gonoacantha* é utilizada como material para construção de casas e também como lenha para próprio uso pelos moradores. Porém, é uma madeira explorada em mata nativa. Araujo-Murakami & Ruiz (2006), fazem esta constatação do uso dessa espécie em construções das habitações localizadas nos bosques andinos, na região da parte oriental da Bolívia.

3.2. Características físico-mecânicas da madeira

Um material é utilizado com eficiência, principalmente para fins estruturais, quando se está condicionado ao conhecimento de suas propriedades físico- mecânicas, no que se refere aos aspectos de segurança e, aos de economicidade (LISBOA, 1993). A madeira, porém, é um material de estrutura complexa e heterogênea, e, de acordo com a umidade do ambiente, possui a propriedade de aumentar e diminuir suas dimensões. Essa variação influencia diretamente na geometria das peças solicitadas e, conseqüentemente, nas características de resistência mecânica dos elementos estruturais.

A determinação das propriedades tecnológicas da madeira tem grande importância para a estimativa da sua resistência em relação às forças externas que tendem a deformá-la, bem como definir os usos mais indicados (MELCHIORETTO & ELEOTÉRIO, 2003). Além

disso, as principais características físicas da madeira podem ser obtidas a partir de ensaios que avaliam a estabilidade dimensional da madeira.

A caracterização física é um passo importante para definir a utilização final da madeira e, dentre as características físicas que devem ser determinadas invariavelmente está a densidade, cuja variação tem influência nas contrações e nas resistências mecânicas da madeira. A densidade aparente ou massa específica aparente é a propriedade física com maior significância para caracterizar madeiras destinadas à construção civil, fabricação de chapas e à utilização na indústria moveleira (HELLMEISTER, 1982). O conceito físico é apresentado como a quantidade da madeira contida em unidade de volume. Além disso, faz parte dos parâmetros mais importantes para avaliar a qualidade da madeira (SHIMOYAMA & BARRICHELO, 1991).

Por outro lado, segundo Oliveira *et al.* (1990), a determinação da densidade pode não ser suficiente para indicar com segurança uma correta utilização para a madeira, sendo importante também o estudo das suas variações dimensionais.

De acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997) a determinação da estabilidade dimensional ocorre por intermédio das propriedades de contração e inchamento. Sendo a madeira considerada um material ortótropo, isto é, seu comportamento é dependente da direção anatômica. Apresenta direções preferenciais nas direções axial, radial e tangencial, que se determinam as características de retração e inchamento dessas direções.

Quanto à retratibilidade, que se refere ao fenômeno relacionado à variação dimensional da madeira, em função da troca de umidade do material com o meio que o envolve, até que seja atingida uma condição de equilíbrio, chamada de umidade de equilíbrio higroscópico. Segundo Logsdon *et al.* (2007) no intervalo higroscópico, em que ocorre oscilação de umidade, ao aumentar o teor de umidade, as dimensões da madeira aumentam (inchamento), e ao diminuir o teor de umidade, as dimensões diminuem (retração). Denomina-se retração à diminuição nas dimensões da madeira devido à perda de umidade enquanto que o inchamento corresponde ao aumento nas dimensões devido ao ganho de umidade. Ao apresentar o comportamento ortotrópico, que é dependente da direção considerada da madeira, observa-se que as variações dimensionais apresentam um mesmo padrão: são desprezíveis na direção axial, predominantes na direção tangencial, às vezes atingindo o dobro da variação na direção radial. A variação volumétrica é praticamente a soma das três variações lineares ou das duas que são mais importantes (REMADE, 2011).

A retração e inchamento da madeira são denominados parcial quando se comparam as situações madeira seca ao ar e madeira verde. Quando se compara a madeira verde com a madeira seca em estufa diz-se retração total e inchamento total

Para o uso estrutural da madeira, além do conhecimento de características físicas, como densidade e retração, há a necessidade, também, do conhecimento de algumas características mecânicas como resistência aos esforços mecânicos e rigidez.

Tsoumis (1991) afirma que as propriedades mecânicas da madeira se referem à sua resistência quando lhe são aplicadas forças exteriores que tendem deformar sua massa. Deste modo, essa resistência dependerá da magnitude desses esforços e de como é realizado o carregamento sobre a madeira. Para isso, segundo Sousa Junior (2004), devem ser conhecidos os esforços cuja madeira é submetida. Logo, a determinação das propriedades mecânicas possibilita o adequado dimensionamento dos diversos componentes que formam o conjunto estrutural e disponibiliza a madeira para finalidades de uso.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização do material

A madeira utilizada no estudo foi obtida de uma floresta nativa, localizada no bairro Rural de São José, situado no município de Paracambi, estado do Rio de Janeiro. Esta árvore, adulta, porém de idade desconhecida, apresentou uma altura de, aproximadamente, 15 m e DAP (diâmetro a altura do peito) de 28 cm. Como boa parte do fuste apresentava tortuosidade, o aproveitamento da tora ficou reduzido ao comprimento de 2,30 m.

A tora foi transportada para o laboratório de Processamento Mecânico de Madeira, do Departamento de Produtos Florestais - DPF, do Instituto de Florestas - IF, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Logo em seguida, foi desdobrada em toretes de 0,60 m de comprimento. Estes foram seccionados em pranchões e levados para secagem realizada ao ar livre. Após um período de aproximadamente seis meses, os pranchões foram utilizados para a confecção dos corpos-de-prova para os ensaios físicos e mecânicos.

Os ensaios físicos e mecânicos foram realizados no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira, DPF/IF/ UFRRJ.

4.2. Ensaio físicos

Para determinação das propriedades físicas o procedimento adotado baseou-se na norma ABNT:NBR: 7190/97. Foram utilizados 16 corpos de prova de 2,5 x 2,5 x 5,0 cm que foram medidos, por meio de paquímetro digital e pesados com balança analítica com precisão de 0,01g. Os corpos-de-prova foram imersos em água e colocados dentro de um dessecador. Este procedimento foi realizado até saturação dos corpos-de-prova. Após terem sido saturados em água, os corpos-de-prova foram mantidos em sala climatizada a 20°C, para estabilizar a massa e as medidas das dimensões; e finalmente, levados à estufa a uma temperatura de 103 ± 2 °C, até obter massa e volume constantes. Assim, determinou-se o teor de umidade dos corpos-de-prova em vários estágios, desde sua condição de úmidos a completamente secos.

Foram calculados, com o auxílio do software Microsoft Excel, os valores médios da densidade básica, massa específica, e estabilidade dimensional da madeira nas direções radial, tangencial e longitudinal e a variação volumétrica, além do máximo teor de umidade (MTU). O coeficiente de anisotropia definido como a relação entre a retração tangencial e a retração radial, foi também calculado. Esse coeficiente é utilizado com a finalidade de qualificar a madeira quanto aos problemas de secagem.

A densidade básica específica é definida pela razão entre massa seca e o volume saturado, sendo dada pela equação:

$$D_b = M_s/V_{sat}$$

onde: D_b = densidade básica específica, em $g.cm^{-3}$;

M_s = massa seca em estufa da madeira, em g;

V_{sat} = volume da madeira saturada, em cm^3 .

A massa específica aparente é definida pela razão entre a massa e o volume de corpos de prova. É dada por:

$$M_e = M/V$$

onde: M_e = massa específica, em $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$;

M = massa da madeira, em g.

V = volume da madeira, em cm^3 .

A estabilidade dimensional da madeira é caracterizada pelas propriedades de retração e de inchamento nas direções tangencial, radial e longitudinal. As deformações específicas de retração e de inchamento são consideradas como índices de estabilidade dimensional e são determinadas, para cada uma das direções preferenciais, em função das respectivas dimensões da madeira saturada e da madeira seca. As deformações de retração e inchamento são determinadas a partir de:

Retração:

$$(L_{\text{Sat}} - L_{\text{seca}} / L_{\text{sat}}) * 100$$

Inchamento:

$$(L_{\text{Sat}} - L_{\text{seca}} / L_{\text{seca}}) * 100$$

onde: L_{Sat} dimensão nas direções radial, tangencial ou longitudinal na condição saturada;

L_{seca} dimensão nas direções radial, tangencial ou longitudinal na condição seca.

A variação volumétrica é determinada em função dos corpos-de-prova nos estados seco e saturado. São dadas pelas equações:

Retração volumétrica:

$$\Delta V_{\text{retr}} = (V_{\text{sat}} - V_{\text{seca}} / V_{\text{sat}}) * 100$$

Inchamento volumétrico:

$$\Delta V_{\text{inch}} = (V_{\text{sat}} - V_{\text{seca}} / V_{\text{seca}}) * 100$$

onde: ΔV_{retr} variação volumétrica para retração

ΔV_{inch} variação volumétrica para inchamento

V_{sat} o produto das dimensões radial, tangencial e longitudinal na condição saturada;

V_{seca} produto das dimensões radial, tangencial e longitudinal na condição seca.

4.3. Ensaios mecânicos

Os ensaios foram realizados de acordo com a norma NBR 7190:1997, anexo B, que determina os procedimentos e dimensões dos corpos - de - prova a serem utilizados nos testes. A quantidade de corpos-de-prova seguiu a caracterização simplificada que recomenda mínimo de seis corpos-de-prova por cada ensaio.

4.3.1. Determinação da resistência e da rigidez ao esforço de compressão paralela às fibras

Foram ensaiados 6 corpos-de-prova de 5,0 x 5,0 x 15,0 cm, com a maior dimensão na direção das fibras, para obtenção da tensão de ruptura e do módulo de elasticidade. Os registros das deformações foram feitos por dois extensômetros instalados na maior dimensão do corpo - de - prova, com abertura do extensômetro de 100 mm. Foram determinados a

resistência máxima, o módulo de elasticidade (MOE ou E) e a resistência no limite de proporcionalidade.

A resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}) é dada pela tensão máxima de compressão que pode atuar em uma amostra com seção transversal quadrada. Sendo dada por:

$$f_{c0} = F_{c0, \text{Max}} / A$$

onde: f_{c0} = resistência à compressão paralela às fibras, em kgf.cm^2 ;

$F_{c0, \text{Max}}$ = máxima força de compressão aplicada ao corpo-de-prova durante o ensaio, em kgf;

A = área inicial da seção transversal comprimida em cm^2

A rigidez da madeira é determinada pelo módulo de elasticidade, que é dado por:

$$E_{c0} = s_{50\%} - s_{10\%} / e_{50\%} - e_{10\%}$$

onde: $s_{50\%}$ e $s_{10\%}$ são as tensões de compressão correspondente a 10% e 50% da resistência máxima à compressão.

$e_{50\%}$ e $e_{10\%}$ são as deformações específicas e medidas no corpo-de-prova, que correspondem a $s_{50\%}$ e $s_{10\%}$.

4.3.2. Determinação da resistência ao esforço de cisalhamento paralelo às fibras

O ensaio foi realizado em 6 corpos-de-prova de 5,0 x 2,0 x 3,0 x 5,0 x 6,4 cm com maior dimensão na direção das fibras.

A resistência ao cisalhamento paralelo às fibras (f_{v0}) é dada pela tensão máxima de cisalhamento que pode atuar na seção crítica de um corpo-de-prova prismático:

$$f_{v0} = F_{v0 \text{ máx.}} / A_{v0}$$

onde: f_{v0} = resistência máxima ao cisalhamento paralelo às fibras, em kgf.cm^2 ;

$F_{v0 \text{ máx.}}$ = máxima força cisalhante aplicada ao corpo-de-prova, em kgf;

A_{v0} = área inicial da seção crítica do corpo-de-prova em um plano paralelo às fibras, em cm^2 .

4.3.3. Determinação da resistência e rigidez ao esforço de flexão estática

Este ensaio consiste na aplicação de uma carga concentrada no centro do corpo – de prova, vinculado a dois apoios articulados. Foram amostrados 7 corpos de prova de dimensões de 3 x 3 x 63 cm. Essas dimensões foram baseadas pelo cálculo da proporção em relação às dimensões estabelecidas pela ABNT:NBR 7190/97 para o ensaio de flexão estática.

A resistência da madeira ao esforço de flexão é um valor dado pela tensão máxima que pode atuar um corpo- de- prova no ensaio de flexão simples. Sendo determinada pela seguinte etapa:

$$f_b = M_{\text{máx}} / W_e$$

onde: f_b = resistência máxima à flexão estática, em kgf.cm^2

$M_{\text{máx}}$ = máximo momento aplicado ao corpo- de- prova, em kgf;

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 seguinte etapa:

$$E_{M0} = (F_{M,50\%} - F_{M,10\%}) * L^3 / (V_{50\%} - V_{10\%}) * 4 * b * h^3$$

onde: 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 ;

$V_{50\%} - V_{10\%}$ = são os deslocamentos no meio do vão correspondentes a 50% e 10% da carga máxima estimada, em cm ;

b e h = correspondem, respectivamente, à largura e altura da seção transversal do corpo-de-prova, em cm .

4.3.5. Determinação da dureza Janka

A dureza da madeira é determinada pela tensão que produz a penetração de uma semi-esfera de aço com área diametral com 1cm^2 . Para esse ensaio foram utilizados 6 corpos – de prova de seção quadrada de 5,0 cm e comprimento ao longo das fibras de 15,0 cm .

O cálculo para determinar a dureza foi dado por:

$$f_H = F_{\text{máx}} / A_{\text{seção diametral}}$$

onde: f_H = dureza da madeira, em kgf.cm^{-2} ;

$F_{\text{máx}}$ = 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 ;

$A_{\text{seção diametral}}$ = área da seção diametral da esfera, em cm^2 .

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização das Propriedades Físicas da Madeira

A madeira de pau-jacaré apresentou uma massa específica média de $0,75 \text{ g.cm}^{-3}$ (Tabela 1), a qual está de acordo com os valores apresentados na literatura (LORENZI, 2002) sendo, portanto, classificada como moderadamente densa. Para a densidade básica, obteve-se um valor médio de $0,62 \text{ g.cm}^{-3}$ (Tabela 1), sendo a madeira considerada de densidade média. De acordo com os critérios de classificação do IBAMA (2011), a densidade básica é considerada baixa, se os valores forem menores ou iguais a $0,50 \text{ g.cm}^{-3}$; média, se os valores situarem entre $0,50$ e $0,72 \text{ g.cm}^{-3}$ e pesada, se os valores estiverem acima de $0,72 \text{ g.cm}^{-3}$.

Tabela 2: Valores obtidos para as propriedades físicas da madeira de *P. gonoacantha*.

CP	Me	Db	MTU	RETRAÇÃO					INCHAMENTO				
				L	R	T	V	T/R	L	R	T	V	T/R
1	0,73	0,59	102,12	0,23	2,16	4,68	6,95	2,16	0,61	4,78	6,68	12,46	1,40
2	0,73	0,61	83,45	0,44	1,75	3,35	5,46	1,92	1,02	4,73	8,11	14,38	1,71
3	0,78	0,64	75,42	0,28	1,69	3,74	5,63	2,22	0,67	4,45	8,49	14,08	1,91

4	0,76	0,63	77,91	0,30	1,49	3,99	5,70	2,67	0,68	4,15	8,12	13,37	1,95
5	0,74	0,61	78,66	0,57	1,58	3,77	5,83	2,38	1,16	4,05	7,79	13,46	1,92
6	0,79	0,63	83,10	0,50	1,76	3,45	5,62	1,96	1,17	4,75	8,89	15,40	1,87
7	0,75	0,61	92,73	0,33	1,97	4,47	6,66	2,26	0,88	3,90	7,09	12,24	1,82
8	0,79	0,65	85,19	0,26	1,67	4,19	6,04	2,51	0,80	4,01	7,19	12,37	1,79
9	0,77	0,64	85,44	0,41	1,43	3,61	5,38	2,53	0,98	3,78	7,98	13,16	2,11
10	0,74	0,61	85,86	0,32	1,70	3,80	5,73	2,24	0,89	4,52	7,60	13,46	1,68
11	0,74	0,60	99,00	0,30	2,29	4,38	6,85	1,91	0,84	4,97	7,18	13,46	1,44
12	0,76	0,63	86,34	0,41	1,52	3,68	5,54	2,42	0,89	4,17	8,03	13,54	1,93
13	0,74	0,61	88,81	0,32	1,68	3,48	5,41	2,07	0,64	4,18	8,73	13,99	2,09
14	0,70	0,57	106,40	0,40	2,23	4,50	7,01	2,02	0,75	4,50	6,36	11,98	1,41
15	0,76	0,63	87,83	0,24	1,57	3,75	5,48	2,39	0,72	4,06	8,29	13,49	2,04
16	0,78	0,64	88,84	0,48	1,71	4,23	6,33	2,47	1,03	4,10	7,17	12,71	1,75
MÉDIA	0,75	0,62	87,94	0,36	1,76	3,94	5,98	2,26	0,86	4,32	7,73	13,35	1,80
S	0,024	0,020	8,550	0,101	0,264	0,414	0,586	0,238	0,178	0,356	0,731	0,878	0,227
CV	3,20	3,27	9,72	27,84	14,97	10,51	9,80	10,54	20,71	8,23	9,46	6,58	12,60

CP = corpo- de -prova; Me = massa específica, em g.cm^{-3} ; Db = densidade básica, em g.cm^{-3} ; L = direção longitudinal; R = direção radial; T = direção tangencial, V = variação volumétrica; T/R = relação entre tangencial e radial; S = desvio padrão; CV% = coeficiente de variação.

Em relação aos resultados de retratibilidade total, da condição saturada à seca em estufa, (tabela 2) o valor médio obtido, na direção longitudinal, foi de 0,85%. Segundo Caixeta *et al* (2003), os valores de retratibilidade, nas direções axial ou longitudinal, são muito pequenos e dificilmente ultrapassam 1% para as madeiras. Os valores médios nessas direções variam de 0,1 a 0,2% para a maioria das espécies. Valores mais elevados podem ser esperados quando é encontrada madeira anormal, como lenho de reação, lenho juvenil e de grã reversa. Tais alterações na contração são devidas ao ângulo microfibrilar que aumenta proporcionalmente com seus valores.

Quanto nas direções radial e tangencial (Tabela 1 e 2), segundo Hellmeister(1982) a diferença entre as retrações explica a maior parte dos defeitos que ocorrem durante a secagem da madeira, tais como rachaduras e empenamentos. As diferenças elevadas entre retração tangencial e radial podem inviabilizar o emprego de espécies de madeiras na construção civil. Neste estudo, não houve muita diferença, pois na direção tangencial geralmente ocorre contração duas vezes mais que na direção radial.

Em relação aos coeficientes de anisotropia (T/R), tanto para inchamento total quanto retração total, foram considerados normais, o que qualifica a madeira para usos que permitam pequenos empenamentos (LOGSDON & PENNA, 2004). Melo *et al.* (2008) citam uma classificação de Nock *et al.*, em que valores dessa relação (T/R) entre 1,0 e 1,5 apresentam elevada estabilidade, entre 1,5 e 2,0 moderada e, acima de 2,0 baixa instabilidade. Logo, a relação (T/R) para a madeira *P. gonoacantha* é considerada moderada.

O valor médio de retração total volumétrica obtido foi de 11,77% (Tabela 2). A classificação de madeiras pelo critério da retratibilidade volumétrica varia de fraca a forte. São consideradas madeiras de retratibilidade fraca as que possuem valores de 4 a 9%, entre 9 e 14% são consideradas médias e as que apresentam valores de 14 a 18% são madeiras que

sofrem forte retratibilidade volumétrica (SALLENAVE, 1955 *apud* GONÇALEZ, 1993). Assim, a madeira *P. gonoacantha* é considerada de retratibilidade volumétrica média.

Fazendo uma análise comparativa com as informações da literatura para a mesma espécie florestal, os dados obtidos (Tabela 2) mostram retração radial, 4,4 %, tangencial 7,17%, volumétrica 11,77% e coeficiente de anisotropia (T/R) de 1,74. Em relação aos dados da mesma madeira na literatura (IBAMA, 2011) observa-se que esta apresenta densidade básica de 0,68 g/cm³, retração radial de 4,5%, tangencial de 7,4%, volumétrica 13,3% e coeficiente de anisotropia (T/R) de 1,64.

Essa variação nos valores pode ser explicada pela associação de fatores como diâmetro das árvores em função da idade, condições de crescimento do local, localização geográfica e clima.

Segundo Panshin e De Zeeuw (1980), Evans *et al.* (2000) e Tomazello Filho (1985) existem importantes variações nas propriedades físico-mecânicas entre as árvores, mesmo quando são originadas do mesmo sítio.

Tabela 2: Valores das propriedades físicas de retração total (da condição saturada ao teor de 0% de umidade).

CP	Longitudinal (g.cm ⁻³)	Radial (g.cm ⁻³)	Tangencial (g.cm ⁻³)	Volumétrica (g.cm ⁻³)	T/R	Me (g.cm ⁻³)
1	0,61	4,56	6,26	11,08	1,37	0,66
2	1,01	4,52	7,50	12,57	1,66	0,69
3	0,67	4,26	7,83	12,34	1,84	0,73
4	0,67	3,99	7,51	11,79	1,88	0,71
5	1,15	3,90	7,22	11,86	1,85	0,69
6	1,16	4,53	8,17	13,34	1,80	0,72
7	0,87	3,75	6,62	10,91	1,77	0,69
8	0,79	3,86	6,70	11,01	1,74	0,73
9	0,97	3,65	7,39	11,63	2,03	0,72
10	0,88	4,32	7,06	11,86	1,63	0,69
11	0,83	4,74	6,70	11,86	1,41	0,68
12	0,88	4,00	7,44	11,92	1,86	0,71
13	0,63	4,01	8,03	12,28	2,00	0,70
14	0,75	4,31	5,98	10,70	1,39	0,64
15	0,71	3,90	7,65	11,88	1,96	0,72
16	1,01	3,94	6,69	11,28	1,70	0,72
Média	0,85	4,14	7,17	11,77	1,74	0,70
Desvio	0,17	0,33	0,63	0,68	0,21	0,02
CV%	20,53	7,89	8,80	5,79	11,90	3,51

CP = corpo – de – prova; T/R= relação entre tangencial e radial; Me= massa específica; CV%= coeficiente de variação;

Em relação à umidade para espessura de uma polegada, é indispensável seu conhecimento por se tratar de um parâmetro que afeta o comportamento do material durante as fases de processamento, secagem e preservação. Assim, o tempo de estabilização da madeira, em condição saturada para a condição seca ao ar, obteve duração de 22 dias. Pode-se

observar (Figura 1) que a saída de umidade ocorreu mais rapidamente do primeiro ao décimo segundo dia, onde se pode verificar pela linearidade no gráfico; e que, nos dias posteriores, permaneceu constante, atingindo umidade em estado de equilíbrio ao teor de 14%. Isso indica que a madeira pode ser secada sem muitos defeitos de secagem, devendo-se ter, portanto, ter atenção moderada durante o processo de secagem.

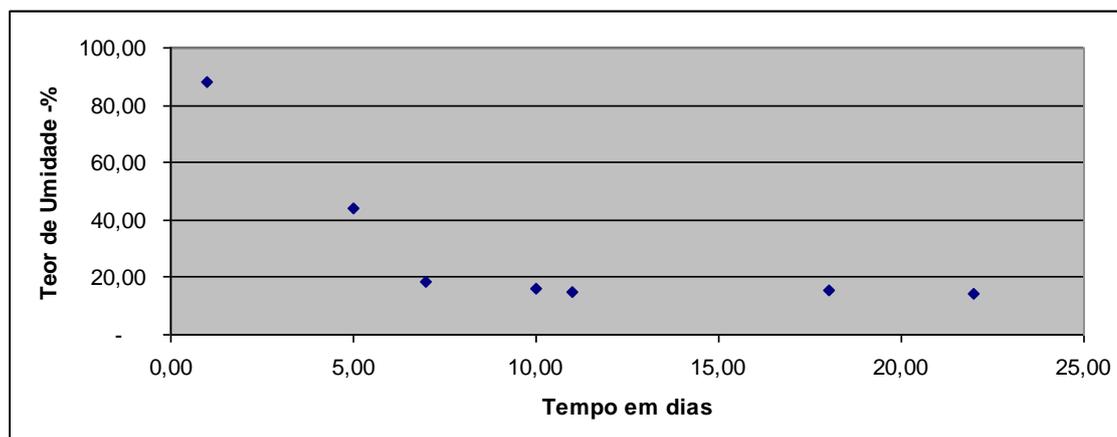


Figura 2: variação do teor de umidade da madeira da condição saturada à condição seca.

5. 2. Caracterização das propriedades mecânicas da madeira

A tabela 3 apresenta os valores médios de resistência e rigidez obtidos para o ensaio de compressão paralela às fibras. A resistência máxima ao esforço de compressão paralela às fibras (f_{c0}) foi de 533 kgf.cm^{-2} , com amplitude de 510 a 562 kgf.cm^{-2} , resistência no limite de proporcionalidade foi de 356 kgf.cm^{-2} e, o módulo de elasticidade de 230.046 kgf.cm^{-2} .

De acordo com a literatura (IBAMA, 2011), a espécie de *P. gonoacantha* apresenta, em relação ao valor médio de compressão paralela as fibras (f_{c0}), resistência máxima de 700 kgf.cm^{-2} . Segundo critérios do IBAMA (2011) é uma madeira de resistência alta e de módulo de elasticidade alto, considerando-se a madeira bastante rígida.

No que se refere aos esforços de flexão estática (Tabela 4), foram encontrados os valores médios de resistência máxima de 920 kgf.cm^{-2} , com amplitude de 645 a 1.129 kgf.cm^{-2} . O valor médio do módulo de elasticidade obtido foi de 129.005 kgf.cm^{-2} , e de resistência ao limite de proporcionalidade, 599 kgf.cm^{-2} . Na literatura, foram observados valores médios de 1.183 kgf.cm^{-2} para a resistência máxima, de 137.000 kgf.cm^{-2} para o módulo de elasticidade da madeira de pau-jacaré (IBAMA, 2011). Sendo assim, a madeira estudada pode ser classificada como de média resistência à flexão estática e de alta rigidez.

Tabela 3: Valores de resistência e rigidez à Compressão paralela às fibras

CP	f_{c0} (kgf.cm^{-2})	f_c (lp) (kgf.cm^{-2})	E (kgf.cm^{-2})	Me (g.cm^{-3})	$f_c(\text{lp})/f_{c0}$
1	525	336	194.199	0,76	0,64
2	537	325	295.000	0,77	0,61

3	554	464	164.749	0,80	0,84
4	510	307	245.370	0,77	0,60
5	562	430	222.336	0,80	0,77
6	508	277	258.625	0,77	0,54
Média	533	357	230.046	0,78	0,67
Desvio	22,45	73,82	46.645	0,02	0,11
CV%	4,21	20,70	20,28	2,45	16,79

CP = corpo – de – prova; f_{c0} = resistência a compressão paralela às fibras; $f_{c(l_p)}$ = resistência a compressão no limite de proporcionalidade; E= módulo de elasticidade; Me= massa específica; $f_{c(l_p)}/f_{c0}$ = relação entre a resistência a compressão paralela às fibras e resistência a compressão no limite de proporcionalidade ; CV%=coeficiente de variação.

Tabela 4: Valores de resistência e rigidez à flexão estática.

CP	fb (kgf.cm ⁻²)	fb (lp) (kgf.cm ⁻²)	E (kgf.cm ⁻²)	Me (g.cm ⁻³)	fb(lp)/fb
1	1129	648	162.082	0,90	0,57
2	967	644	120.219	0,80	0,67
3	778	632	111.319	0,76	0,81
4	645	519	90.931	0,78	0,80
5	969	597	137.313	0,82	0,62
6	885	467	118.940	0,80	0,53
7	1069	688	162.228	0,80	0,64
Média	920	599	129.005	0,81	0,66
Desvio	167,17	78,75	26.482	0,05	0,11
CV%	18,16	13,14	20,53	5,59	16,38

CP = corpo – de – prova; f_b = resistência à flexão estática; $f_b(l_p)$ = resistência à flexão estática no limite de proporcionalidade; E = módulo de elasticidade; Me = massa específica; $f_b(l_p)/f_b$ = relação entre a resistência à flexão estática e resistência a compressão no limite de proporcionalidade CV%=coeficiente de variação.

A resistência máxima aos esforços de cisalhamento paralelo às fibras (Tabela 5) apresentou um valor de 166 kgf.cm⁻² e amplitude entre 127 kgf.cm⁻² e 189 kgf.cm⁻². Este resultado classifica a madeira estudada como sendo de resistência alta (IBAMA, 2011).

Tabela 5: Valores de resistência ao cisalhamento paralelo às fibras

Amostra	fv (kgf.cm ⁻²)	Me (g.cm ⁻³)
1	127	0,77
2	189	0,80
3	169	0,76
4	156	0,80
5	183	0,77

6	173	0,81
Média	166	0,78
Desvio	22,36	0,02
CV%	13,45	2,62

CP = corpo – de – prova; f_v = resistência máxima ao cisalhamento; Me = massa específica; CV% = coeficiente de variação.

No teste de dureza Janka (Tabela 6), os valores médios apresentaram na direção radial interno, isto é, sentido casca-medula, 725 kgf.cm^{-2} , radial externo, sentido medula-casca 738 kgf.cm^{-2} , direção tangencial, 663 kgf.cm^{-2} , e na direção longitudinal, 837 kgf.cm^{-2} .

Segundo a literatura (REMADE, 2011), a dureza na direção radial e na tangencial da madeira *P. gonoacantha* foi considerada de dureza média; enquanto na direção longitudinal, de dureza alta. Ou seja, no sentido normal às fibras foi considerada madeira de dureza média, e sentido paralelo às fibras, alta. Este resultado exclui a madeira *P. gonoacantha* de alguns possíveis usos, como pisos, por exemplo, onde se deseja madeiras com durezas mais elevadas, ou outras utilizações que, eventualmente, sofram elevadas cargas concentradas em uma área reduzida.

Tabela 6: Valores de dureza Janka nas direções radial interna (medula-casca) e radial externo (casca-medula), tangencial e longitudinal.

CP	Repetição	Direção	Radial (kgf.cm^{-2})		Tangencial (kgf.cm^{-2})	Longitudinal (kgf.cm^{-2})
			Interno	Externo		
1	1	1		820	848	764
1	2	1		786	637	866
1	1	2	752		679	851
1	2	2	676		680	731
2	1	1		705	590	796
2	2	1		738	589	876
2	1	2	591		802	849
2	2	2	873		831	736
3	1	1		717	678	856
3	2	1		733	729	747
3	1	2	707		616	762
3	2	2	699		569	864
4	1	1		652	724	939
4	2	1		698	777	780
4	1	2	802		659	825
4	2	2	759		662	940
5	1	1		714	655	854
5	2	1		752	664	856
5	1	2	729		654	862
5	2	2	746		684	790
6	1	1		768	729	805
6	2	1		770	658	812
6	1	2	683		599	887

6	2	2	689		622	763
	Média		725	738	681	825
	Desvio		70,31	44,90	75,08	59,02
	CV%		9,69	6,08	11,03	7,15

CP = corpo – de – prova; CV% = coeficiente de variação.

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados no presente trabalho foi possível concluir que:

- A madeira por apresentar coeficiente de anisotropia normal, pode ser utilizada na produção de móveis que permitam pequenos empenamentos.
- Recomenda-se utilização de processamento de secagem adequado à madeira, devido aos riscos do surgimento de empenamentos.
- Para produção de pisos não é indicada, pois para isso seria necessário apresentar dureza de alta a muito alta.

7. RECOMENDAÇÕES

Em estudos posteriores recomenda-se que se utilize um maior número de amostragem e informações sobre a origem do material.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO-MURAKAMI, A & RUIZ, F. S. Z. Bosques de los Andes orientales de Bolivia y sus espécies útiles. **Botánica Económica de los Andes Centrales**. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 146-161.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeiras. São Paulo, 1997.

BOTREL, R.T. RODRIGUES, L. A.; GOMES, L. J.; CARVALHO, D. A.; FONTES, M. A. L. Uso da vegetação nativa pela população local no município de Ingaí, MG, Brasil. **Acta bot. bras.** 20 (1): 143-156. 2006.

BURKART, A. Leguminosas mimosoideas. Itajaí: **Herbário Barbosa Rodrigues**, 1979. 299 p.

CAIXETA, R. P.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T. Propriedades e classificação da madeira aplicadas à seleção de genótipos de *Eucalyptus*. **Revista Árvore** v.27 n.1 Viçosa Jan./Fev. 2003

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Colombo: Embrapa – CNPF, Brasília: Embrapa – SPI, p.407 - 409, 1994.

CARVALHO, M. G.; CARDOSO, M. A. R.; CATUNDA JUNIOR, F. E. A.; CARVALHO, A. G. Chemical constituents of *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr (pau jacaré). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 82, n.3, p. 561 – 567, 2010.

CORRÊA, M. P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional. v.4, 1984, 765 p.

CUNHA, J., SOUZA JUNIOR, D. A. **Avaliação estrutural de peças de madeira reforçadas por fibras de carbono.**

Disponível em: www.civil.uminho.pt/cec/revista/Num20/Pag%2071-81.pdf > Acessado em 17 de novembro de 2011.

DIAS NETO, O. C.; LOPES, S. F.; GUSSON, A. E. ; VALE, V. S.; SOUZA NETO, A. R.; SCHIAVINI, I. Distribuição espacial de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. (fabaceae) em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Ipiáçu, MG. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG; 2007.

EVANS, J.L.W.; SENFT, J. F.; GREEN, D. W. Juvenile wood effect in red alder: analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones. **Forest Products Journal**, v. 50, n. 7/8, p. 75-87, 2000.

FERREIRA, J. N. RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. Crescimento inicial de *Piptadenia gonoacantha* (Leguminosae, Mimosoideae) sob inundação em diferentes níveis de luminosidade. **Revista brasileira Botânica**. São Paulo, vol.24, n.4, suppl., pp. 561-566. , 2001. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbb/v24n4s0/9478.pdf> > Acessado em 17 de outubro de 2011.

FERREIRA, J.N., RIBEIRO, J.F.R. & GOMES, A.C. 2000. Germinação de sementes de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. sob inundação. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** 5:95-104.

GONÇALVES, C. A. & LELIS, R. C. C. Teores de taninos da casca e da madeira de cinco leguminosas arbóreas. **Revista Floresta e Ambiente**. v. 8, n.1, p.167 - 173, jan./dez. 2001

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

HELLMEISTER, J. C. **Sobre a determinação das características físicas da madeira.** São Carlos, 1982. 119 p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Disponível portal eletrônico:

<<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/caracteristicas.php?ID=194&caracteristica=138> e <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/pesquisa.php?idioma=portugues>> Acesso em 20 de novembro de 2011.

LISBOA, C.D.J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden**. 1993. 275f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LOGSDON, N. B.; FINGER, Z. & BORGES, C. G. A. Caracterização físico-mecânica da madeira de peroba-mica, *Aspidosperma populifolium* A. DC. (Apocynaceae). **Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n. 1, jan./dez. 2007.

LOGSDON, N. B. e PENNA, J. E. Análise comparativa entre os coeficientes de anisotropia dimensional da madeira, no inchamento e na retração. **Revista Agrícola Tropical**, Cuiabá, v. 8, n. 1, Dez. 2004

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras - Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Instituto Plantarum, 2002. v.1, 124; 201-306p.

MAIER, T. F. LOBÃO, D. E. V. P. & SOUZA, Y. M. Viabilidade econômica de sistemas agroflorestais de cacaueteiro com espécies madeireiras, diferenciados pela composição com *eucalyptus urograndis* ou pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) para fins energéticos, na região sul da Bahia. IV Encontro da Rede de Estudos Rurais, 2010, Curitiba. In: **Anais do IV Encontro da Rede de Estudos Rurais: mundo rural, políticas e atores em reconhecimento político**. 2010.

MARQUES, L. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J. M. & SOUZA, P. H. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, vol. 33, núm. 1, febrero, 2009, p. 81-92.

MELCHIORETTO, D.; ELEOTÉRIO, J. R. Caracterização, classificação e comparação da madeira de *Pinus patula*, *P. elliottii* e *P. taeda* através de suas propriedades físicas e mecânicas. In: **Congresso regional de iniciação científica e tecnológica**, 18., 2003, Blumenau. Anais... Blumenau: FURB, 2003.

MELO, R. R.; STANGERLIN, D. S.; SANTINI, E. J. HASELEIN, C. R.; DOMINGUES, J. M. X.; SANTOS, P. S. B.; SILVA, S. H. F.; GATTO, D. A. Avaliação das propriedades físicas da madeira de quatro espécies do gênero *Eucalyptus*. In: **Congresso florestal do Rio Grande do Sul**, 10., Nova Prata, 2008. Anais... Nova Prata: Prefeitura Municipal de Nova Prata, 2008, 8p.

OLIVEIRA, J. T. S., DELLA LUCIA, R. M.; VITAL, B. R. Estudos das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da pindaíba (*Xylopia lericica* - It. Hill): densidade, umidade e secagem da madeira. **Revista Árvore**, 14: 139-54 1990.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4 ed. New York: 1980. 722p.

REMADE. Disponível em:

< http://www.remade.com.br/br/madeira_serrada_popup.php?num=1> Acesso em 20 de novembro de 2011.

RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil:** manual de dendrologia brasileira. São Paulo: E. Blücher, 1971. 294p.

SHIMOYAMA, V. R.; BARRICHELO, L. E. G. Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp. In: Congresso anual de celulose e papel, 24, São Paulo, 1991. **Anais.** São Paulo: ABTCP, 1991.

TAMBARUSSI, E. V. MORI, E. S., ZIMBACK, L., MORI, N. T., PINTO, C. S., FERNANDES, K. H. P. Estrutura genética de populações de *Piptadenia gonoacantha* (mart.) macbr. por meio de marcadores moleculares RAPD. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal.** Ano VII – Número 12 – Agosto de 2008. Disponível em: < www.revista.inf.br/florestal12/.../REEF-ANOVII-VOL12-ART03.pdf>. Acessado em 17 de outubro de 2011.

TOMAZELLO FILHO, M. **Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *E. saligna* e *E. grandis*.** IPEF, n.29, p.37-45, 1985.

TRUGILHO, P. F. CAIXETA, R. P., LIMA, J. T., MENDES, L. M. Avaliação do conteúdo em taninos condensados de algumas espécies típicas do cerrado mineiro. **Cerne**, Lavras - MG, v.3, p.1-13, 1997.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties and utilization.** New York: Van Nostrand Reinold, 1991, 494 p.

VITAL, B. R.; TRUGILHO, P. F. Variação dimensional e uso da madeira de *Eucalyptus*. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 186, p. 57-61. 1997.