



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

OCLIZIO MEDEIROS DAS CHAGAS SILVA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE LEUCENA (*Leucocena leucocephala* Lam.) ATRAVÉS DE ENSAIOS DE USINAGEM E CARACTERIZAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS

Prof. Dr. ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
JUNHO – 2016



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

OCLIZIO MEDEIROS DAS CHAGAS SILVA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE LEUCENA (*Leucocena leucocephala* Lam.) ATRAVÉS DE ENSAIOS DE USINAGEM E CARACTERIZAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS

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

Prof. Dr. ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
JUNHO – 2016

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE LEUCENA (*Leucocena leucocephala* Lam.) ATRAVÉS DE ENSAIOS DE USINAGEM E CARACTERIZAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS

OCLIZIO MEDEIROS DAS CHAGAS SILVA

Monografia aprovada em 07 de junho de 2016.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho – UFRRJ
Orientador

Dr.^a. Andrea Vanini – Fiocruz/CFMA
Membro

Eng.^a. MSc. Carolina Nogueira Xavier – Doutoranda UFLA
Membro

DEDICATÓRIA

- À minha mãe, ao meu pai e irmãos, que com muito carinho e apoio não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.
- À minha família, por sua capacidade de acreditar e investir em mim. - Mãe, seu cuidado, suas orações e dedicação foi que me deram, em alguns momentos, a esperança para seguir. - Pai, sua presença, seus conselhos e acima de tudo ao me mostrar o caminho da humildade, trouxe-me segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.
- À professora Gilberta Carneiro Souto, que me orientou no curso técnico e que sempre deu o maior apoio para que eu continuasse meus estudos, na busca de uma formação em nível superior.
- Aos meus amigos e colegas, pelo incentivo e apoio constante, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. Com vocês, nas pausas entre um parágrafo e outro de produção, foi possível melhorar tudo o que tenho aprendido, produzido e reproduzido durante a graduação e a vida. Aos goles e festas que fomos, onde compartilhamos ideias, isso tudo se tornou conhecimento que levarei para sempre comigo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me iluminar, guiar e fazer não desistir dos meus sonhos.

Em segundo lugar a minha família, em nome do meu pai e da minha mãe que não mediram esforços para me ajudar da melhor forma, seja com conselhos, seja com suas orações. E que sempre acreditaram no sonho que o filho sempre buscou.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e todos os seus excelentes professores por me ensinarem a profissão que escolhi para a vida.

Ao Departamento de Solos, em especial ao Dr. Luiz Rodrigues Freire por ter me orientado durante dois anos e dado ótimos conselhos.

Ao Campus Fiocruz Mata Atlântica, em especial a bióloga Dr^a. Andrea Vanini, pela parceria estabelecida com a UFRRJ ao longo do trabalho, que possibilitou a visita na área onde foi realizada a amostragem das árvores, a coleta do material e o acompanhamento do trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Fertilidade, Zezão, Ernandes, Barca, Nágila, Amanda, Dalcin, Deivid, Lineker, Graciane, Watilo.

Aos amigos do Alojamento, Adriano, Coiote, Joivan, Romeu, Thomaz, Seu Popo, Danilo, Tadeu, Mateus, Luciano, dentre vários.

A moçada do Purgatório, Ramon, Emanuel Gana, Soneca, Rato, Josué, Uneverton, Ueliton, Vanpierre, Raribu, Quemes, André, Victor, Ernane, Mexicano, Natanael, Gutierrez, Bernardo, Utanã, Luiz, Lucas, Zé, Thomaz, Ananias, Huts, Cássio, Charles, Dona Eusébia, Jason, Chicão, Nandão.

Aos técnicos Anselmo, Irani, Luís Cláudio, Greycon Rocha, Dona Zilar, Tião, Carol, Zé Carlos, PC, dentre outros.

A minha querida Turma 2011-1, onde pude conhecer e vivenciar bons momentos juntos.

A ABEEF de norte a sul, em especial a ABEEF Rural em nome de Tamires, Renato, André, Úrsula, Lucas, Sankirtana, Ramon e Raiza, com os quais passei por bastantes vivências e momentos legais, e até umas brigas, mas que fazem parte do aprendizado.

A Cláudia, pelas lindas palavras de incentivo e carinho, e a Carolina Xavier pelas dicas e correções da monografia.

Aos grupos organizados da Rural, FEAB, GAE, GETERRA, CATUMBAIA, GEA, NUN, LEVANTE, onde tive a oportunidade de obter experiências práticas e conhecimento.

Ao DCE Gestão “cantamos porque gritar só não basta” em nome de Thiago Pará, Marianacê, Natália, Sashia, Naiane, Pablus, Richard, Carla, Poliana, Carla Oliveira, Alexandre, Léo e um galirão aí.

Ao meu professor orientador Alexandre Monteiro de Carvalho pelo apoio para desenvolver este trabalho.

Agradeço também a Amanda Arantes pelas correções ortográficas e pela atenção.

“A vida me ensinou a nunca desistir, nem ganhar nem perder, mas procurar evoluir”.

“Agradeço a todos que de alguma forma fizeram parte desta história”.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a usinagem e a caracterização de propriedades físicas da madeira de leucena (*Leucocena leucocephala* Lam.). A madeira utilizada no estudo originou de uma área de preservação permanente da Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz, Campus da Mata Atlântica - CFMA, localizado junto ao Parque Estadual da Pedra Branca, na cidade do Rio de Janeiro. A retirada dessas árvores faz parte de um projeto de restauração ecológica. Para a confecção dos corpos-de-prova para os ensaios foram selecionados 8 toretes de aproximadamente 1,10 m de comprimento e diâmetro variando entre 15 a 30 cm. Os corpos-de-prova produzidos tinham dimensões de 30 cm x 12 cm x 2,54 cm para os testes de usinagem, e de 2 cm x 3 cm x 5 cm para as análises de propriedades físicas (densidade básica e contração volumétrica). Os testes de usinagem realizados foram: teste de plaina, teste de lixa, testes de furação para cavilha e dobradiça, teste de rasgo lateral e teste de fendilhamento por pregos. As avaliações dos testes de usinagem foram feitas seguindo a norma ASTM-D 1666-87. A madeira apresentou densidade básica média e baixa correlação entre densidade e contração volumétrica. Nos testes de usinagem, a madeira apresentou qualidade regular no acabamento, tendo mostrado que é possível o seu aproveitamento para a utilização na indústria de móveis, mediante cuidados no seu processamento. Na avaliação de propriedades físicas a madeira de leucena apresentou resultados que representam potencial de uso em determinados segmentos madeireiros e para produtos que demandem madeira de média densidade.

Palavras-chave: espécie invasora, usinagem da madeira, propriedades da madeira.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the machining and characterization of physical properties of wood leucena (*Leucocena leucocephala* Lam.). The wood used in the study originated from an area of permanent preservation of the Oswaldo Cruz Foundation - Fiocruz, Campus of the Atlantic Forest - CFMA, located next to the White Stone State Park, in the city of Rio de Janeiro. The removal of these trees is part of an ecological restoration project. For the making of the bodies of the test piece for testing were selected 8 small logs of approximately 1.10 m in length and diameter ranging from 15 to 30 cm. The bodies of the test piece produced had dimensions of 30 cm x 12 cm x 2.54 cm for the machining tests, and 2 cm x 3 cm x 5 cm for the analysis of physical (basic density and volumetric shrinkage). Machining tests were performed: planer test, grip test, tests for drilling hinge pin and lateral tear test and test for splitting nails. Evaluations of machining tests were done following the ASTM D-1666-87 standard. Wood had an average basic density and low correlation between density and volumetric shrinkage. In machining tests, the wood had regular quality in the finish, having shown that it is possible its use for use in the mobile industry by care in processing. In the evaluation of physical properties of leucaena wood results showed that represent potential use in certain segments and timber for products that require medium density wood.

Keywords: invasive species, wood machining, wood properties.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO GERAL.....	1
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
4. HIPÓTESE.....	2
5. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
5.1 <i>Leucaena leucocephala</i> Lam.	2
5.2 Produtividade e principais usos da <i>Leucaena leucocephala</i> Lam.	3
6. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
6.1 Obtenção do material e confecção dos corpos-de-prova.....	3
6.2 Caracterização de propriedades físicas da madeira.....	5
6.3 Testes de Usinagem.....	6
6.3.1 Teste de Plaina.....	6
6.3.2 Teste de Lixa.....	7
6.3.3 Teste de Furação para Cavilha e Dobradiça.....	7
6.3.4 Teste de Rasgo.....	8
6.3.5 Teste de Fendilhamento por Pregos.....	8
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	8
7.1 Densidade Básica e Contração Volumétrica da Madeira.....	8
7.1.2 Correlação entre a densidade básica e a estabilidade dimensional da madeira.....	9
7.2 Testes de Usinagem.....	10
7.2.1 Teste de Plaina.....	10
7.2.2 Teste de lixa.....	11
7.2.3 Teste de Furação para Cavilha e Dobradiça.....	11

7.2.4 Teste de Rasgo	12
8. CONCLUSÕES	14
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
ANEXO.....	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplar de <i>Leucaena leucocephala</i> Lam.....	2
Figura 2: Localização das árvores de leucena escolhidas para o estudo, localizadas em área de preservação permanente da Fundação Oswaldo Cruz - CFMA.....	4
Figura 3: Obtenção dos toretes para o estudo e para confecção dos corpos-de prova. (A) Toretos selecionados, (B) desdobro dos toretes de aproximadamente 1,10m de comprimento, (C e D) confecção dos corpos-de- prova.	4
Figura 4: Corpos-de-prova utilizados na avaliação das propriedades físicas da madeira de leucena (A), paquímetro digital usado para determinação das dimensões das amostras (B).	5
Figura 5: Corpo-de-prova após os ensaios de usinagem. Dp =desempeno (aplainamento); Fd =furação para dobradiça; Fc = furação para cavilha; Rg = rasgo; Fp= fendilhamento por pregos; Lx = lixamento.....	6
Figura 6: Correlações entre a densidade básica e a estabilidade dimensional em leucena (<i>Leucaena leucocephala</i> Lam.).	10
Figura 7: Defeitos característicos encontrados no teste de plaina no sentido concordante e discordante, sendo eles arrepiamento de grã, arrancamento de grã e marcas de cavaco.....	11
Figura 8: Amostra de madeira apresentando riscamento e grã felpuda após teste de lixa.....	11
Figura 9: Ilustração dos defeitos observados com maior frequência nos testes de furação. (A) Teste de cavilha, arrancamento de grã e grã felpuda. (B) Teste de dobradiça, grã felpuda.	12
Figura 10: Ilustração dos defeitos encontrados no teste de rasgo em ordem de amplitude. ...	12
Figura 11: Ilustração do teste de fendilhamento por pregos.....	13
Figura 12: Variação da média de cada corpo-de-prova em relação à média geral das notas..	14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Sistemas de notas aplicadas nas avaliações das amostras nos ensaios de usinagem.	6
Tabela 2: Valor médio, desvio padrão e coeficiente de variação entre os resultados de densidade básica e contração volumétrica das amostras de leucena (<i>Leucaena leucocephala</i> Lam.)	9
Tabela 3: Resultados do teste de fendilhamento por pregos	13

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o país de maior biodiversidade do mundo e esse patrimônio hoje está ameaçado não só pela devastação, mas também através da introdução de plantas invasoras e exóticas. Segundo a ONU, a invasão biológica pode ser considerada atualmente a segunda maior causa de perda de biodiversidade no mundo (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 1992).

A leucena é uma leguminosa perene de porte arbustivo a arbóreo, oriunda da América Central, com alta capacidade de invasão, sendo considerada umas das plantas mais agressivas, formando populações puras que impedem o crescimento da vegetação nativa de determinada área. Em áreas povoadas por essa espécie forma-se uma grande abundância de sementes resistentes e duráveis (DRUMOND, 1992).

Em áreas de proteção ambiental, como áreas de preservação permanente, reservas legais, parques estaduais e outros, o desenvolvimento de espécies invasoras muitas vezes ameaça de forma muito significativa a função principal da floresta. Espécies como a leucena, inibem o crescimento de espécies nativas, sendo extremamente eficazes quanto a capacidade de propagação de indivíduos e ainda ameaçam de forma direta a composição da fauna dessas áreas (CDB, 1992).

Segundo Moro et al. (2012), espécie exótica invasora é toda espécie que se reproduz de forma eficaz mantendo uma população viável, e que, é capaz de dispersar-se para áreas distantes do seu local de origem, e a partir disso, estabelece-se, e invade a nova região, instalando-se e impedindo o desenvolvimento de outras plantas na área em questão.

A madeira, por ser um elemento orgânico heterogêneo é composta basicamente de celulose, hemicelulose, lignina e extrativos, apresentando assim uma enorme versatilidade de usos para obtenção de uma série de produtos (PANSHIN e ZEEUW, 1980).

O conhecimento técnico da usinagem da madeira e suas relações de causa e efeito com as variáveis envolvidas na melhoria dos processos e a definição dos melhores parâmetros, são primordiais para o posicionamento perante a concorrência e para o desenvolvimento de um processo de fabricação de peças de madeira mais eficiente.

Sendo assim, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar o processo de usinagem da madeira de *Leucocena leucocephala* Lam. e caracterização das propriedades físicas por meio do cálculo de densidade e contração volumétrica, com a intenção de dar um destino final a madeira de Leucena.

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a qualidade da madeira de *Leucaena leucocephala* Lam. por meio de ensaios de usinagem e determinar também de forma avaliativa as propriedades físicas do material.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a usinabilidade da madeira de Leucena e os defeitos ocorrentes;
- Determinar a densidade básica da madeira;
- Determinar a estabilidade dimensional da madeira.

4. HIPÓTESE

A madeira de leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.) possui potencial para ser utilizada na indústria madeireira.

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1 *Leucaena leucocephala* Lam.

A leucena é uma espécie arbórea, nativa do México e da América Central, que teve seu cultivo fortemente promovido por organizações internacionais devido à sua utilidade como fonte de forragem e lenha. Denominada árvore milagrosa nos primeiros anos do seu cultivo global, essa espécie se desenvolve muito rápido, é fixadora de nitrogênio e bastante tolerante à seca sendo utilizada como fonte alternativa de alimentação para animais de criação, principalmente em locais onde esses recursos são escassos (GISP, 2005).

Das 22 espécies do gênero, a *Leucaena leucocephala* é a mais difundida e a que apresenta maior distribuição geográfica (Figura 1). É uma planta arbórea- arbustiva, com altura de até 20 m e diâmetro à altura do peito (DAP) de até 30 cm. Possui folhas bipinadas com 5 a 20 pares de folíolos. Apresenta numerosas flores brancas e os seus frutos são vagens, planas, de 12 cm a 18 cm de comprimento (CARVALHO, 2010).

No semiárido do Nordeste brasileiro, o comportamento silvicultural da leucena, destaca-se em relação a outras espécies cultivadas, principalmente às nativas, em especial quando se considera a densidade da madeira, rendimento gravimétrico de carbonização, teores de carbono fixo e cinza apresentado pelas espécies (DRUMOND, 1992).



Figura 1: Exemplar de *Leucaena leucocephala* Lam. Fonte: Google images (2016).

Em áreas com condições edafoclimáticas favoráveis, a *Leucaena leucocephala* Lam. pode tornar-se invasora, em virtude da grande quantidade de sementes produzidas anualmente pelas plantas e pela sua facilidade de germinação. É uma planta rústica capaz de rebrotar com

facilidade mesmo após diversos cortes sucessivos (DRUMOND, 1992). Segundo XAVIER e MORENO (2008), a dominância exercida pela leucena impede a regeneração natural da vegetação nativa, onde sua presença prejudica o desenvolvimento do plantio realizado para a recuperação da área.

5.2 Produtividade e principais usos da *Leucaena leucocephala* Lam.

A leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.) é uma espécie de rápido crescimento, chegando a crescer até três metros de altura no primeiro ano, e com grande capacidade de regeneração. O grande destaque da espécie recai sobre sua multiplicidade de usos: como madeira forrageira e como planta melhoradora dos solos, especialmente quando consorciada com outras culturas (DRUMOND, 1992).

É utilizada para enriquecimento e melhoramento de solos, sombra para cultivos, controle de erosão, alimentação animal e produção de energia (lenha e carvão). Em estudo realizado por MACHADO ET AL. (2014), os autores obtiveram ótimos resultados com a madeira de leucena sendo utilizada para a produção de carvão.

Essa espécie é bastante utilizada em diversos sistemas agrícolas como melhoradora de solos, e pode também se associar com fungos micorrízicos, que promovem incrementos tanto no desenvolvimento da planta como na absorção de nutrientes, principalmente, viabilizando a utilização do fósforo não disponível para diversas culturas.

A leucena é uma leguminosa perene de grande valor forrageiro, podendo ser utilizada sob várias formas, até na arborização de pastagens. As folhas de leucena contêm em média 23% de proteína bruta e são alimentos palatáveis. Sua produção forrageira para consumo animal é estimada em 15 toneladas de matéria seca consumível, porém seu consumo recomendado é de até 3% do peso vivo do animal ou 30% do total ingerido diariamente, devido a uma substância chamada mimosina presente nos brotos e folhas. Sendo assim, a leucena não é recomendada para equinos por serem mais sensíveis a mimosina que os bovinos (DRUMOND, 1992).

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Obtenção do material e confecção dos corpos-de-prova

Para a realização deste trabalho foram selecionadas oito árvores de *Leucaena leucocephala* Lam. localizada em áreas de preservação permanente do Campus da Mata Atlântica da Fundação Oswaldo Cruz - Fiocruz, na cidade do Rio de Janeiro (Figura 2). O corte dessas árvores foi possível mediante uma Licença Ambiental expedida pelo Instituto Estadual do meio Ambiente (INEA). Esta licença é requerida quando há a necessidade de cortar qualquer tipo de vegetação exótica para manejo do solo.



Figura 2: Localização das árvores de leucena escolhidas para o estudo, localizadas em área de preservação permanente da Fundação Oswaldo Cruz - CFMA. (Fonte: Google Earth).

As árvores foram abatidas com corte a 15 cm do solo, sendo que de cada árvore amostrada, após o abate, foi seccionado um torete com dimensão de 1,10m de comprimento. Alguns toretes adicionais foram seccionados, mas descartados posteriormente (Figura 3A). As amostras foram então levadas para a Unidade de Processamento de Toras, do Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, para o desdobro primário em tábuas de uma polegada de espessura (Figura 3B).



Figura 3: Obtenção dos toretes para o estudo e para confecção dos corpos-de prova. (A) Toretos selecionados, (B) desdobro dos toretes de aproximadamente 1,10m de comprimento, (C e D) confecção dos corpos-de- prova.

Após quatro dias de secagem ao ar livre, foram confeccionados 12 corpos-de-prova com dimensões de 30 cm x 12 cm x 2,54 cm para os testes de usinagem (Figura 3C e 3D), e

12 corpos-de-prova com dimensões de 3cm x 2cm x 5cm (Figura 4A), para a avaliação de propriedades físicas da madeira. Todos os ensaios foram desenvolvidos no Laboratório de Processamento Mecânico da Madeira - LPM, do Departamento de Produtos Florestais - DPF, do Instituto de Florestas - IF, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ.

Os corpos-de-prova encontravam-se muito úmidos, por esse motivo os mesmos passaram por secagem em estufa com circulação forçada de ar regulada a 48C°, por um período de 48 horas, para posterior realização dos testes de usinagem.



Figura 4: Corpos-de-prova utilizados na avaliação das propriedades físicas da madeira de leucena (A), paquímetro digital usado para determinação das dimensões das amostras (B).

6.2 Caracterização de propriedades físicas da madeira

Para a avaliação das propriedades físicas da madeira foram realizados os ensaios de densidade básica e estabilidade dimensional. A estabilidade dimensional da madeira é caracterizada pelas propriedades de retração e de inchamento, sendo a variação volumétrica determinada em função das dimensões do corpo-de-prova nas condições saturado e seco (ABNT NBR: 7190/1997). Para a determinação da densidade básica, imergiram-se os corpos-de-prova em água até atingirem a completa saturação.

Após a saturação, as amostras foram retiradas da água, e com um papel absorvente foi retirado o excesso de umidade superficial, em seguida foram cada pequena peça foi pesada para determinação do peso saturado. As dimensões dos corpos-de-prova foram determinadas com o auxílio de um paquímetro digital (Figura 4B), em seguida os mesmos foram deixados em câmara fria e depois foram levados à estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até peso constante, para obtenção do peso seco. Com os valores de volume saturado e peso seco foi obtida a densidade básica através da Equação 1:

$$\text{Densidade básica (Db) em g/cm}^3 = \text{Massa seca (g)} / \text{Volume saturado (cm}^3) \quad (1)$$

Para determinação da estabilidade dimensional foi utilizada a Equação 2:

$$\text{Estabilidade dimensional} = (\text{Volume Saturado} - \text{Vol. seco}) / \text{Vol. seco} \times 100 \quad (2)$$

6.3 Testes de Usinagem

Foram realizados testes de usinagem para a avaliação dos defeitos e intensidade dos mesmos, ao longo do processamento da madeira das 12 amostras de dimensões 30 cm x 12 cm x 2,54cm. Em cada corpo-de-prova foi realizada a avaliação e atribuídas notas de 1 a 5 conforme a Tabela 1. Essas notas foram atribuídas de acordo com o resultado obtidos e visualizados após os testes de aplainamento, lixamento, furação, rasgo e aplicação de pregos (Figura 5).

Tabela 1: Sistemas de notas aplicadas nas avaliações das amostras nos ensaios de usinagem

Nota	Classificação	Defeitos
1	Excelente	Ausência total de defeitos
2	Bom	Presença de defeitos em menos de 50% da área trabalhada
3	Regular	Presença de defeitos em 50% da área trabalhada
4	Ruim	Presença de defeitos em mais de 50% da área trabalhada
5	Muito Ruim	Presença de defeitos em 100% da área trabalhada

Fonte: ASTM D-1666-87 (1994).

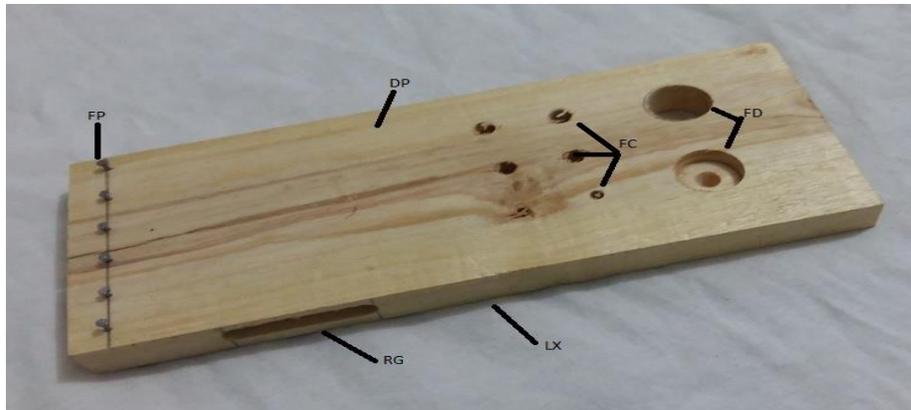


Figura 5: Corpo-de-prova após os ensaios de usinagem. Dp =desempeno (aplainamento); Fd =furação para dobradiça; Fc = furação para cavilha; Rg = rasgo; Fp= fendilhamento por pregos; Lx = lixamento.

6.3.1 Teste de Plaina

Para o teste de plaina foi utilizada a Plaina Baldan DPC-4 e o avanço automatizado PF-32, com velocidade de alimentação de 10 m/s e rotação de 3600 RPM. Para a avaliação

deste teste as amostras foram analisadas quanto à presença de defeitos como: arrancamento de grã e arrepiamento nas superfícies das peças, em sentido concordante e discordante em relação à grã. Para estes ensaios, as notas descritas na Tabela 1 foram modificadas seguindo como disposto a seguir:

Nota 1 (excelente) - superfície isenta de quaisquer defeitos;

Nota 2 (boa) - defeitos de leve em até metade da peça;

Nota 3 (regular) - defeitos médios, ou leves na maior parte da peça;

Nota 4 (ruim) - defeitos médios na maior parte da peça, ou presença de defeitos fortes;

Nota 5 (muito ruim) - defeitos fortes na maior parte da peça.

6.3.2 Teste de Lixa

Para os ensaios de lixamento foi utilizada uma lixadeira de cinta com dimensão da lixa de 7000 mm x 150 mm e de granulometria (grão) da lixa de 120. O processo de lixamento ocorreu durante um período de tempo padronizado em 60 segundos, analisando-se defeitos como riscamento de superfície e grã felpuda. Neste teste foi avaliado o riscamento de superfície e grã felpuda, onde foram dadas notas conforme o detalhamento a seguir:

Nota 1 (excelente) - superfície sem defeitos;

Nota 2 (boa) - superfície com riscamento ou grã felpuda em apenas uma parte pequena da peça;

Nota 3 (regular) - presença de riscamento ou grã felpuda em metade da superfície da peça;

Nota 4 (ruim) - presença de riscamento ou grã felpuda na maior parte da peça;

Nota 5 (muito ruim) - presença de riscamento ou grã felpuda em quase que a totalidade da peça.

6.3.3 Teste de Furação para Cavilha e Dobradiça

Para o teste de furação utilizou-se uma furadeira de coluna de 1 hp. Nos ensaios de furação para cavilha (Fc), realizado com furadeira vertical de bancada, foram utilizadas brocas helicoidais de aço de 6, 8 e 12 mm de diâmetro, sendo realizadas duas perfurações por amostra. Os furos foram feitos com uma distância de 25 mm entre eles e das bordas. Já no teste de furação para dobradiça (Fd) a mesma furadeira foi equipada com broca chata de 26 mm. Foram realizados dois furos, sendo um passante e outro não passante. Nas furações para cavilha foram avaliadas as presenças de: grã felpuda, arrancamento de grã e queima da madeira. Nas furações para dobradiça foram avaliadas as presenças de: grã felpuda, arrancamento de grã, queima da madeira e esmagamento de grã. Para avaliação da furação para cavilha e dobradiça foram dadas notas de um a cinco, conforme a avaliação detalhada abaixo:

Nota 1 (excelente) - ausência de defeito em qualquer um dos furos;

Nota 2 (boa) - defeito leve em apenas um, ou dois dos furos;

Nota 3 (regular) - presença de defeito leve em metade dos furos, ou presença de defeito médio;

Nota 4 (ruim) - presença de defeitos severos em um furo, ou presença de defeito médio na maior parte dos furos;

Nota 5 (muito ruim) - presença de defeito severo em mais de um furo.

6.3.4 Teste de Rasgo

O teste de rasgo foi conduzido na lateral da peça. Foi utilizada uma furadeira horizontal RAIMANN com avanço manual da profundidade de furação e movimentação lateral da fresa, equipada com broca helicoidal de 8 mm e corte a direita, avaliando-se posteriormente a presença de defeitos como grã levantada, arrancada e felpuda. Para avaliação foram atribuídas notas de um a cinco, em função do levantamento de fibras presente nas superfícies do rasgo, sendo as notas atribuídas conforme o detalhamento abaixo:

Nota 1 (excelente) - ausência de levantamentos de fibras em qualquer das quatro bordas e no fundo;

Nota 2 (boa) - presença de levantamento leve em uma ou duas faces quaisquer;

Nota 3 (regular) - presença de levantamento forte em uma e leve em outra;

Nota 4 (ruim) - presença de levantamento forte em duas a quatro faces quaisquer e fundo isento de levantamento;

Nota 5 (muito ruim) - presença de levantamento forte nas quatro faces e no fundo;

6.3.5 Teste de Fendilhamento por Pregos

No teste de fendilhamento por pregos foram utilizados pregos 15 x 15 (especificação comercial) com 35 mm de comprimento e 2,4 mm de diâmetro. Os pregos foram transpassados em uma das extremidades de cada amostra de madeira, a 10 mm de suas bordas e com um espaçamento de 20 mm entre si, empregando-se um martelo de 425 g. As avaliações foram feitas levando-se em consideração a presença de rachas ou trincas observadas após a inserção dos pregos sendo que os resultados foram classificados como:

- a) Peça que aceita pregos: amostra sem rachas ou trincas, ou dimensões insignificantes destes, não alcançando o topo das amostras;
- b) Peça que não aceita pregos: com trincas ou rachas.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Densidade Básica e Contração Volumétrica da Madeira

Após a obtenção dos valores de densidade básica para cada amostra, determinou-se a densidade básica média, obtendo assim o valor médio de 0,635 g/cm³ como apresentado na Tabela 2. Para a contração volumétrica a média obtida foi de 5,74%, sendo considerada de acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (1985), como madeira de baixa contração.

Tabela 2: Valor médio, desvio padrão e coeficiente de variação entre os resultados de densidade básica e contração volumétrica das amostras de leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.)

Amostra	Densidade Básica em g/cm ³	Contração Volumétrica (%)
Média	0,635	5,74
Desvio padrão	0,018	0,71
CV%	2,8	12,43

Os valores de densidade básica da madeira obtidos neste estudo, quando avaliados em função dos parâmetros propostos por MELO, CORADIN e MENDES (1990) que classificam espécies de madeira da seguinte forma: Madeira leve - densidade básica $\leq 0,50\text{g/cm}^3$; Madeira média - $0,50\text{g/cm}^3 < \text{densidade básica} < 0,72\text{g/cm}^3$; e Madeira pesada - densidade básica $\geq 0,72\text{g/cm}^3$, levam a uma interpretação de que a madeira de leucena, com valor de $0,635\text{g/cm}^3$, possa ser considerada de média densidade.

Dentre as diversas propriedades da madeira, a densidade é a mais utilizada, pela facilidade de ser determinada e por se correlacionar diretamente com várias outras propriedades da madeira. Em trabalho desenvolvido por DRUMOND (1992), a espécie *Leucaena leucocephala* Lam. apresentou densidade básica de $0,620\text{g/cm}^3$, semelhante ao valor encontrado para este estudo.

Segundo FOELKEL et al. (1971), a densidade básica é um importante parâmetro para avaliação da qualidade da madeira. A densidade é uma variável complexa resultando da combinação de diversos fatores como dimensão das fibras, espessura da parede celular, volume dos vasos e parênquimas, proporção entre madeira do cerne e alburno e arranjo dos elementos anatômicos.

As amostras de madeira avaliadas neste trabalho apresentaram valores semelhantes entre suas densidades e baixo desvio padrão e CV%. Porém segundo VALE et al. (1999) dentro de uma mesma árvore pode ocorrer variação da densidade da madeira, assim como entre indivíduos de uma mesma espécie.

O coeficiente de variação para a contração volumétrica foi de 12,43% e apresentou desvio padrão de 0,71. A afirmação do trabalho do FOREST PRODUCTS LABORATORY, (1987) mostra que, para um estudo baseado em 50 espécies o coeficiente de variação fica próximo de 15% para contrações volumétricas.

Segundo MACHADO (2006), o estudo da variação dimensional de madeiras é importante para a caracterização do seu comportamento. É possível, dentro de certos limites, selecionar espécies que apresentem características de variação dimensional relativamente pequena.

7.1.2 Correlação entre a densidade básica e a estabilidade dimensional da madeira

Foi realizada a análise de correlação linear entre a densidade básica e estabilidade dimensional da madeira, onde a mesma apresentou correlação bem fraca ($R^2 = 0,15$) conforme exposto na Figura 5.

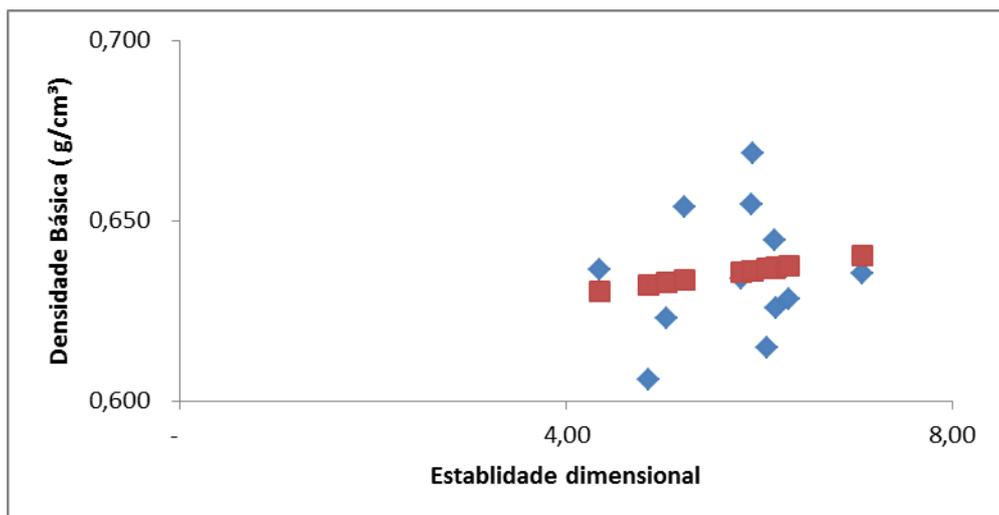


Figura 6: Correlações entre a densidade básica e a estabilidade dimensional em leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.).

A estrutura anatômica influencia diretamente na densidade da madeira, e esta última, por sua vez, também exerce influência direta na anisotropia. Portanto, trata-se de propriedades estreitamente correlatas. KOLLMANN e CÔTÉ JÚNIOR (1968) afirmam que quanto maior a densidade da madeira, maiores são a contração e o inchamento volumétricos, havendo uma relação praticamente linear entre essas propriedades.

7.2 Testes de Usinagem

Os valores obtidos nos ensaios de aplainamento, teste da lixa, furação para dobradiça e para cavilha, e teste de rasgo são apresentados nos itens seguintes.

7.2.1 Teste de Plaina

Para o teste de plaina observou-se que o comportamento da madeira de leucena variou de regular a ruim, apresentando nota média de 3,44. É válido destacar que duas amostras da madeira obtiveram notas próximas a caracterização como muito ruim.

Esse fato também pode ter ocorrido devido ao tipo de processamento da amostra de madeira. Foi também possível diferenciar os resultados das direções concordante e discordante em relação a grã, sendo que na direção discordante os defeitos em parte das peças foram bem marcantes. Na Figura 7 é possível observar esses maiores defeitos tanto na direção concordante como na discordante.



Figura 7: Defeitos característicos encontrados no teste de plaina no sentido concordante e discordante, sendo eles arrepiamento de grã, arrancamento de grã e marcas de cavaco.

7.2.2 Teste de lixa

Em relação ao teste de lixa as amostras de madeira de leucena apresentaram resultados medianos. A média obtida após o teste foi de 2,81, sendo assim classificada com desempenho variando de bom a regular. Apenas um corpo-de-prova apresentou desempenho classificado como ruim, apresentando a presença com riscamento acentuado e grã felpuda na maior parte da peça, como ilustra a Figura 8.



Figura 8: Amostra de madeira apresentando riscamento e grã felpuda após teste de lixa.

7.2.3 Teste de Furação para Cavilha e Dobradiça

Para o ensaio de furação para cavilha as amostras de leucena receberam média de 3,29 sendo classificadas no intervalo entre regular a ruim. Observou-se a decorrência de grã levantada na maioria das amostras como destacado na Figura 9. Para o ensaio de furação para dobradiça o resultado foi melhor, sendo as peças classificadas como regular. A média para

este teste foi de 2,83. Os defeitos observados foram queima da madeira, grã arrancada e grã felpuda, sendo o último apresentado com maior frequência.

A média geral para o teste de furação foi de 3,06, sendo as amostras classificadas como regular.

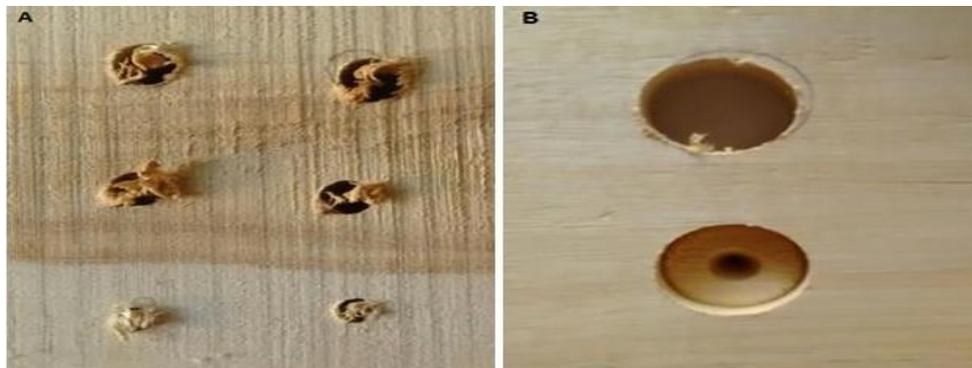


Figura 9: Ilustração dos defeitos observados com maior frequência nos testes de furação. (A) Teste de cavilha, arrancamento de grã e grã felpuda. (B) Teste de dobradiça, grã felpuda.

7.2.4 Teste de Rasgo

Na realização do teste de rasgo cinco amostras apresentaram resultados insatisfatórios apresentando notas classificadas como ruim totalizando 41,67% em relação ao total. As demais amostras, representando 58,33% do total, receberam notas classificadas como regular, apresentando presença de levantamento forte em uma amostra e leve em outra. A média foi de 3,14, sendo caracterizada como uma avaliação regular.

É válido destacar que para este teste, o ideal seria a utilização de uma fresa de corte/rasgo lateral, sendo que neste trabalho foi utilizada uma broca helicoidal, fato que pode ter influenciado no resultado final. Os defeitos ressaltados com maior frequência, para o rasgo foram de grã arrancada e grã felpuda (Figura 10).

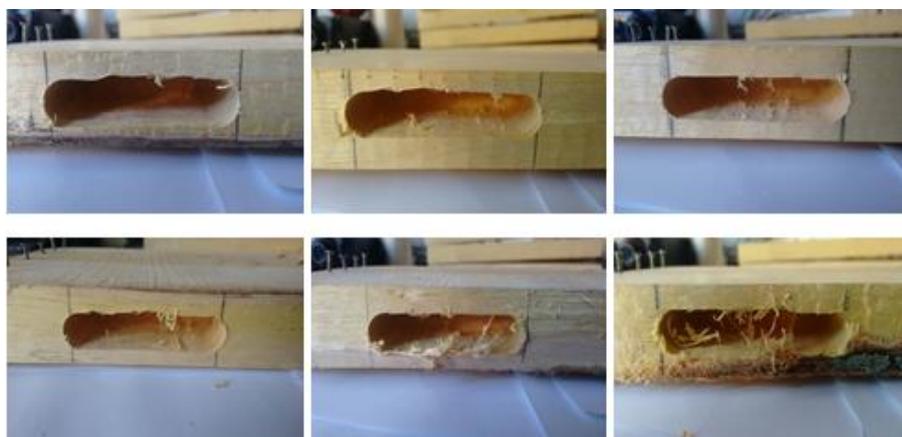


Figura 10: Ilustração dos defeitos encontrados no teste de rasgo em ordem de amplitude.

7.2.5 Teste de Fendilhamento por Prego

Os resultados para o ensaio de fendilhamento por pregos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados do teste de fendilhamento por pregos

Avaliação	Corpos-de-prova	
	Nº	%
Peças que aceitam pregos	9	75
Peças que não aceitam pregos	3	25

O teste de fendilhamento por pregos foi o que obteve o resultado mais satisfatório entre todos, sendo que 75% das peças foram aprovadas como pode ser observado na Figura 11. As demais peças que apresentaram alguns defeitos como trincas ou rachas, não foram tão graves assim.

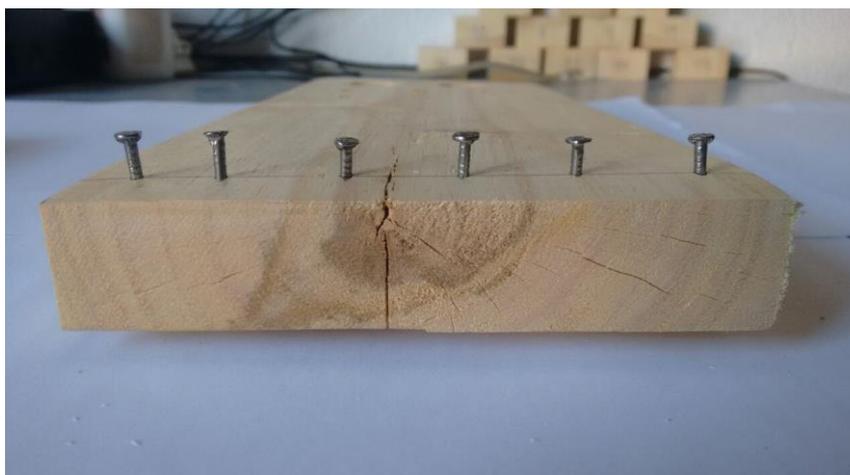


Figura 11: Ilustração do teste de fendilhamento por pregos.

Após a realização dos testes obteve-se a nota média geral de 3,20, podendo assim a madeira de leucena ser classificada como regular para os testes/processos estudados. Como pode ser observado na Figura 12, o gráfico foi elaborado com os valores médios das notas obtidas para cada amostra. A linha indica a variação em relação a média, ou seja, uma representação gráfica do coeficiente de variação dos corpos-de-prova.

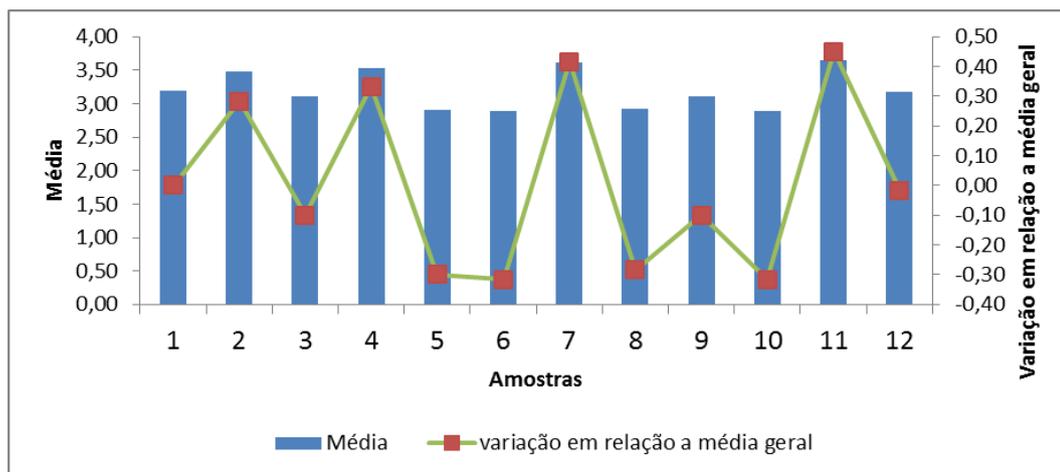


Figura 12: Variação da média de cada corpo-de-prova em relação à média geral das notas.

8. CONCLUSÕES

A madeira de leucena estudada apresentou propriedades físicas que representam potencial de uso em determinados segmentos madeireiros e para produtos à base de madeira que demandem média densidade, possibilidade de uso de toras de pequeno diâmetro e bom desenvolvimento silvicultural, como lenha, cabos de ferramentas, e na construção civil, desde que seja processada corretamente.

As amostras apresentaram em média trabalhabilidade regular durante o processamento com os equipamentos de usinagem da madeira, sendo recomendados cuidados e ferramentas melhor ajustadas para que resultados melhores possam ser obtidos na confecção de produtos. Partes dos problemas encontrados nas avaliações podem ser atribuídos a desvios de grã e a não condução (manejo) das árvores para aproveitamento de sua madeira.

É válido destacar que para o teste de fendilhamento por pregos obtiveram-se bons resultados. Com isto a madeira também pode ser indicada para a construção de embalagens, caixotes e estruturas rústicas.

Faz-se necessário a realização de um número maior de testes que gerem maior conhecimento sobre as demais propriedades da madeira desta espécie que se encontra em abundância em determinadas áreas, com necessidade de retirada das árvores, especialmente em áreas de vegetação nativa onde a leucena se mostra uma invasora agressiva.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1666-87**: Standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials (reapproved 1994). Philadelphia, 1995. p. 226 - 245.

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

CARVALHO FILHO, O. M.; BARRETO, A. C.; LANGUIDEY, P. H. **Sistema integrado leucena, milho e feijão para pequenas propriedades da região semi-árida**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Aracaju: EMBRAPA-CPATC, 1994. 18 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica, 31).

CBD. 2005. **Handbook of the Convention on Biological Diversity Including its Cartagena Protocol on Biosafety**. 3a ed. Montreal: Convention on Biological Diversity.

Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 1992.

DRUMOND, M. A. **Produtividade florestal na região Semi-Árida do Nordeste brasileiro**. Vitória da Conquista – BA, 1992.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. Wood handbook: wood as an engineering material. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1987. 466p. (Agriculture Handbook, 72).

GISP - Programa Global de Espécies Invasoras. América do Sul invadida. **A crescente ameaça das espécies exóticas invasoras**. 80p, 2005.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeira**: o que é e como pode ser processada e utilizada?. São Paulo, 1985. (Boletim ABPM, 36).

MACHADO, N. C. C. M.; **Variação dimensional da madeira devida ao seu comportamento higroscópico**, Construção de Edifícios pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. p. 65-112. 2006.

MACHADO, F. F.; ANDRADE, A. M.; SILVA, A. P.; SENA, .M. F. M.; FILHO, S. T. Potencialidades energéticas das madeiras de leucena (*Leucaena leucocephala*) e pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*). **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET e- ISSN 2236 1170 - v. 18. Ed. Especial Mai. 2014, p. 45-50

MELO, J. E.; CORADIN, V. R.; MENDES, J. C. **Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, 1990. v. 3. p. 695-705.

MORO, M.F.; SOUZA, V.C.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; QUEIROZ, L.P.; FRAGA, C.N.; Rodal, M.J.N.; ARAÚJO, F.S.; MARTINS, F. R. 2012. **Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia?** Acta Botanica Brasilica, 26: 991-999.

FOEKEL, C.E.B. et al. - **Métodos para determinação de densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas**. IPEF, Piracicaba (2/3): 65- 74, 1971.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 2. ed. New York: McGraw Hill, 1964. v.1. 643p.

KOLLMANN, F. F. P.; COTE, W, A; Jr. **Principles of Wood Science na Technology: Solid wood**, Springer- Verlag, 592 pag. v.1 1968.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; MARTINS, I. S. Variação axial da densidade básica da madeira de *Acacia mangium* Willd aos sete anos de idade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 9, n. 2, p. 85-92, 1999.

XAVIER, T. M. T.; MORENO, M. R. **Prejuízos causados pelas espécies exóticas invasoras na Floresta Nacional de Pacotuba**. Universidade do Vale do Paraíba. p. 1-2. 2008.

ANEXO

Estadística descritiva para cada corpo-de prova estudado

Estadística descritiva	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12
Nota Média	3,20	3,48	3,10	3,53	2,90	2,88	3,62	2,92	3,10	2,88	3,65	3,18
Erro padrão	0,28	0,24	0,19	0,18	0,15	0,15	0,39	0,27	0,18	0,10	0,22	0,28
Mediana	3,35	3,60	3,15	3,65	3,00	2,75	3,75	2,85	3,00	2,85	3,75	3,25
Desvio padrão	0,69	0,59	0,46	0,45	0,36	0,38	0,95	0,65	0,43	0,25	0,55	0,70
Variância da amostra	0,47	0,35	0,21	0,20	0,13	0,14	0,91	0,42	0,19	0,06	0,30	0,49
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Curtose	1,87	1,69	0,32	1,05	0,59	1,69	1,27	1,36	2,56	0,00	1,46	2,61
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Assimetria	0,34	0,30	0,32	0,43	0,94	0,70	0,51	0,21	1,52	0,30	0,39	0,18
Intervalo	1,70	1,50	1,20	1,20	1,00	0,90	2,40	1,70	1,20	0,70	1,40	1,60
Mínimo	2,30	2,70	2,60	2,90	2,30	2,50	2,20	2,10	2,70	2,50	2,90	2,30
Máximo	4,00	4,20	3,80	4,10	3,30	3,40	4,60	3,80	3,90	3,20	4,30	3,90
Soma	19,20	20,90	18,60	21,20	17,40	17,30	21,70	17,50	18,60	17,30	21,90	19,10
CV	21,47	16,98	14,71	12,74	12,34	13,05	26,37	22,26	13,99	8,61	15,08	21,89