

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal

Paulo Henrique Moreira

**CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA DE *Eucalyptus cloeziana* PARA A PRODUÇÃO
DE MADEIRA TRATADA**

**Diamantina-MG
2019**

Paulo Henrique Moreira

**CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA DE *Eucalyptus cloeziana* PARA A PRODUÇÃO
DE MADEIRA TRATADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Marcelo Luiz de Laia
Coorientador: Christóvão Pereira Abrahão

DIAMANTINA – MG

2019

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M838c Moreira, Paulo Henrique
Caracterização fenotípica de *Eucalyptus cloeziana* para a produção de
madeira tratada / Paulo Henrique Moreira, 2019.
47 p. : il.

Orientador: Marcelo Luiz de Laia
Coorientador: Christóvão Pereira Abrahão

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência
Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e
Mucuri, Diamantina, 2019

1. Propriedades. 2. Nodosidade. 3. Cisalhamento. 4. Madeira.
I. Laia, Marcelo Luiz de. II. Abrahão, Christóvão Pereira. III. Título.
IV. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 694.973

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

PAULO HENRIQUE MOREIRA

**CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA DE *Eucalyptus cloeziana* PARA A
PRODUÇÃO DE MADEIRA TRATADA**

Dissertação apresentada ao
MESTRADO EM CIÊNCIA
FLORESTAL, nível de MESTRADO
como parte dos requisitos para
obtenção do título de MESTRE EM
CIÊNCIA FLORESTAL

Orientador (a): Prof. Dr. Marcelo Luiz
De Laia

Co-orientador: Prof. Dr. Christóvão
Pereira Abrahão

Data da aprovação : 28/03/2019


Prof.Dr. MARCELO LUIZ DE LAIA - UFVJM


Prof.Dr. CHRISTÓVÃO PEREIRA ABRAHÃO - UFVJM


Prof.Dr.^a GLEYCE CAMPOS DUTRA - UFVJM


Prof.Dr. EMERSON DELANO LOPES - IFNMG

DIAMANTINA

*À minha Família
Dedico*

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Universidade Federal dos Vale do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) pelos anos de estudo e muito aprendizado. A Capes pela disponibilização de recursos. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil - (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço especialmente a minha família, pelo incondicional apoio na vida. Especialmente minha avó Lilica e mãe Roseni.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Florestal (DEF, em especial ao professor Christóvão Pereira Abrahão, pela sua orientação, e toda a sua família, pela amizade nestes anos. Também ao professor Marcelo Luiza de Laia, pela orientação.

A todos do Laboratório de Tecnologia da Madeira, e a todos que ajudaram no trabalho. No mato ou laboratório. Em especial ao Ed e Paulo.

Aos Amigos que fiz na caminhada nesta Diamantina, de tantas histórias. Por fim a esta cidade, que me acolheu por todo este tempo.

Moreira, Paulo Henrique. Caracterização fenotípica de *Eucalyptus cloeziana* para a produção de madeira tratada. 2019. 47 p. **Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG.**

Resumo geral

A indústria de madeira tratada na região do Alto Jequitinhonha vem crescendo continuamente desde que os preços do carvão vegetal tornaram este produto menos atrativo para os produtores de madeira desde o início da crise do setor siderúrgico em 2008. Entretanto, estas empresas de tratamento utilizam materiais genéticos que não foram estudados cientificamente para a comprovação de sua adequação a este uso, nem tampouco foram desenvolvidos programas de melhoramento genético enfocando esta aplicação. O presente trabalho caracteriza algumas propriedades da madeira de árvores de *Eucalyptus cloeziana* advindas de plantios seminais de empresas da região com o objetivo de determinar e identificar materiais genéticos com maior potencial em qualidade da forma e propriedades físicas, dando subsídio a um possível programa de melhoramento. Foram visitados plantios de 05 empresas com idade em torno de 07 anos, onde foram colhidas 09 árvores em cada empresa. Estas árvores foram traçadas em 04 toras de 2,5 m de comprimento, a partir da base. Todas estas toras foram avaliadas no campo quanto ao seu diâmetro, à sua conicidade, tortuosidade e nodosidade. Posteriormente, algumas toras foram transportadas para o laboratório onde foram produzidas amostras para a determinação da circularidade, teor de alburno, densidade básica, teor de umidade, resistência à flexão, compressão e cisalhamento. Análises estatísticas envolvendo testes de médias e avaliação da correlação foram realizadas. A partir dos resultados, foram calculados índices de qualidade que expressam a posição de indivíduos e empresas em relação à média geral. A empresa 3 obteve destaque no índice de qualidade geral.

Palavras-chave: propriedades, nodosidade, cisalhamento, madeira

Abstract

The treated wood industry in the Alto Jequitinhonha region has been growing steadily since charcoal prices have made this product less attractive to timber producers since the onset of the steel crisis in 2008. However, these treatment companies use genetic materials which have not been studied scientifically to prove their suitability for this use, nor have genetic improvement programs been developed focusing on this application. The present work characterizes some wood properties of *Eucalyptus cloeziana* trees from seminal plantations of companies of the region in order to determine and identify genetic material with greater potential in quality of shape and physical properties, giving subsidy to a possible breeding program. There were plantations of 05 companies with an age of around 07 years, where 09 trees were harvested in each company. These trees were traced in 04 logs 2.5 m long, from the base. All these logs were evaluated in the field as to their diameter, their conicity, tortuosity and nodosity. Subsequently, some logs were transported to the laboratory where samples were produced to determine the circularity, sapwood content, basic density, moisture content, flexural strength, compression and shear. Statistical analyzes involving means tests and correlation evaluation were performed. From the results, quality indexes were calculated that express the position of individuals and companies in relation to the general average. Company 3 was highlighted in the overall quality index.

Keywords: properties, nodosity, shearing, wood.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUÇÃO GERAL.....	9
CARACTERÍSTICAS DA FORMA DE TORAS DE <i>Eucalyptus cloeziana</i> PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA TRATADA.....	13
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	14
1 – INTRODUÇÃO.....	15
2 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4 – CONCLUSÕES.....	24
5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE <i>Eucalyptus cloeziana</i> PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA TRATADA.....	27
RESUMO.....	27
ABSTRACT.....	28
1 – INTRODUÇÃO.....	29
2 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.	35
4 – CONCLUSÕES.....	43
5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

Introdução Geral

A durabilidade natural da madeira é altamente dependente da espécie e das condições ambientais durante a sua utilização ou armazenagem. De maneira geral, o sucesso no emprego das madeiras do gênero *Eucalyptus* na forma roliça depende da realização de tratamentos preservativos que incrementem a sua resistência frente ao ataque de fungos e insetos.

Dentre os tratamentos preservativos existentes há aqueles que são mais efetivos e, por esta razão, mais aplicados industrialmente como a “impregnação por célula cheia”, também conhecida como “Método de Bethel”. Neste método, a madeira previamente seca é introduzida em uma câmara hermética, onde é aplicado inicialmente um vácuo para a retirada do ar de seu interior, com posterior aplicação de pressão simultaneamente à introdução da solução preservativa. Após certo tempo, a pressão é aliviada e um vácuo final é aplicado para a remoção do excesso de solução. Finalmente, a madeira tratada é deixada a secar ao ar antes de sua disponibilização aos usuários finais, que a empregam principalmente como estacas para cercas em propriedades rurais (mourões), postes e cruzetas para redes de transmissão elétrica, dormentes para estradas de ferro e construção civil.

Segundo a Associação Brasileira de Preservadores de Madeira (ABPM, 2015-a), do volume total de madeira tratada anualmente no Brasil (cerca de dois milhões de metros cúbicos) 65% são utilizados como mourões de cerca.

Percebe-se que a utilização da madeira de reflorestamento tratada na construção civil brasileira tem crescido como resultado da confluência de tendências globais e esforços de diferentes setores do governo e da sociedade civil. As crescentes restrições à exploração indiscriminada da Floresta Amazônica, a evolução da pesquisa acadêmica, a criação de normas técnicas nacionais especialmente desenvolvidas para construções de madeira, como a NBR 7190 e NBR 16143 (ABNT, 1997 e ABNT, 2013), a criação do selo QUALITRAT® (GERALDO, 2014), entre outras iniciativas, culminaram na disponibilização de produtos diferenciados e certificados que vêm encorajando arquitetos e engenheiros civis a incluírem este material cada vez mais em seus projetos.

Em estruturas para telhados, por exemplo, percebe-se o aumento do consumo de madeira tratada, uma vez que o seu custo por volume unitário (R\$/m³) e o seu coeficiente de utilização (m³ de madeira por m² de área coberta) têm se apresentado mais baixos que aqueles da madeira nativa serrada não tratada de origem legalizada (ABPM, 2015b).

O gênero *Eucalyptus* no Brasil confere destaque no setor florestal dentre as demais espécies plantadas por expressar características satisfatórias como alta durabilidade, resistência, rápido crescimento e elevada adaptabilidade as condições edafoclimáticas existentes nas diferentes regiões onde ele é cultivado no país. Estes aspectos resultam diretamente na alta produtividade das florestas atribuída ao clima tropical ou subtropical na maioria do território, permitindo um crescimento ininterrupto e, conseqüentemente, um rápido acúmulo de biomassa (Associação Brasileira de Celulose e Papel, 2012; VALVERDE et al., 2012). Segundo LONGUE & COLODETTE (2013) o gênero *Eucalyptus* apresenta extrema importância nos cenários nacional e mundial devido ao seu potencial elevado em substituir os produtos oriundos de fontes de recursos não renováveis, principalmente derivados do petróleo, como combustíveis fósseis e plásticos. Materiais oriundos de fontes renováveis como as florestas plantadas são importantes por minimizar a pressão sobre as florestas nativas e contribuir para a manutenção da qualidade de vida do planeta.

Eucalyptus cloeziana (F. Muell) se classifica entre as dez melhores espécies plantadas, apresentando excelente adaptabilidade e elevado crescimento (MOURA et al., 1980; KISE, 1977; GOMES et al., 1977). Caracterizado por apresentar uma madeira com cerne castanho-amarelado, elevada durabilidade e densidade em torno de 0,820 g/cm³, ao mesmo tempo em que apresenta seu alburno em uma coloração nitidamente mais clara, alternando do branco ao tom acinzentado, a madeira do *Eucalyptus cloeziana* dispõe de uma orientação reversa das fibras em relação ao seu eixo longitudinal, comumente de textura fina a média e considerável uniformidade (LPF/IBAMA, 1998).

As propriedades tecnológicas de sua madeira, principalmente em razão da sua durabilidade, densidade, resistência e sua plasticidade às regiões de clima subtropical e tropical ressaltam o *Eucalyptus cloeziana* dentre as demais espécies plantadas (TRUEMAN et al., 2013).

A melhoria genética da qualidade da madeira está geralmente relacionada a características internas, como o comprimento das fibras ou a densidade da madeira. No entanto, melhorias gerais nas propriedades da madeira também podem ser obtidas alterando a forma da árvore e seus ramos por manipulação genética. As fases básicas do desenvolvimento da forma do caule foram discutidas por LARSON (1963). Mudar de forma e ramificação de árvores é freqüentemente o caminho mais rápido para melhorar a madeira, devido a seus padrões de herdabilidade e facilidade de medição. esta maneira relativamente rápida e fácil de melhorar a madeira por manipulação genética é muitas vezes negligenciada. (ZOBEL, 1995).

Para que a indústria de tratamento de madeira do Alto Jequitinhonha possa atingir o nível de excelência exigido para o fornecimento de produtos de alta qualidade para a construção civil a partir da madeira de *E. cloeziana* tratada, é necessário o desenvolvimento de um trabalho de base que vise a caracterização e padronização das matérias-primas e procedimentos empregadas.

Um dos principais problemas da seleção massal é que ela é baseada somente no fenótipo. Por isso, este tipo de seleção é muito influenciado pelo ambiente. O principal uso desse método é na obtenção de novas variedades em espécies vegetais que ainda não foram muito trabalhadas geneticamente ou para caracteres de alta herdabilidade. BESPALHOK (2009).

Novas pesquisas são cruciais para obtenção de materiais de qualidade perante novas situações e mercados. Neste intuito o presente trabalho tem por objetivo avaliar e caracterizar matérias-primas de madeira de *Eucalyptus cloeziana* tratada no Alto Jequitinhonha.

Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Panorama do Setor**. 2012. Disponível em: Acesso em: 24 fev. 2018.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7190: 1997 – Projeto de Estruturas de Madeira**. ABNT. Rio de Janeiro, 1997.

ABPM(a) - Associação Brasileira de Preservadores de Madeira. Boletim Eletrônico Quinzenal -XV-Número 646. Abril de 2015. <http://www.abpm.com.br/boletim/boletim-eletronico-quinzenal-xv-numero-646>

BESPALHOK F., J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. Introdução ao Melhoramento de Plantas. UFPR. 2009.

CABRAL, R.Q.; RAPOZO R. **Manual para montagem de estruturas com o sistema construtivo AMARU**. Plantar SA/Montana Química AS. Belo Horizonte, 2011. 97p.

GERALDO, F.C. Utilização da madeira tratada em sistemas construtivos – Uma opção inteligente. **In...** Congresso MADEIRA 2014. ABPM/FIRJAN. 30 e 31 de outubro de 2014. Rio de Janeiro.

GOMES, J. M.; BRANDI, R. M.; CÂNDIDO, J. F.; OLIVEIRA, L. M. Competição de espécies e procedências de eucalipto na região de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, p.72-88, 1977.

JORNALIPTO – Boletim Informativo da Plantar. Edição n° 49, 2013.

- KISE, C.M. - Introduções de espécies/procedências de Eucalyptus, região de Bom Despacho. Comunicação técnica. **PRODEPEF**, Brasília, v.17, p.1-31, 1977.
- LARSON, P.R. Stem form development of Forest trees. **For. Sci. Mono** 5, 42 p. 1963.
- LONGUE, J. D.; COLODETTE, J.L. Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 76, p. 429-438, dec. 2013. ISSN 1983-2605
- MOURA, V. P. G.; COSTA, S. M. C. Seleção de espécies e procedências de Eucalyptus, no eixo Campo-Grande Três Lagoas, MS, região do Cerrado. Planaltina, **EMBRAPA-CPAC**, p.33, 1980. (Boletim Pesquisa, 15).
- TRUEMAM, S. J.; MCMAHON, T. V.; BRISTOW, M. Production of Eucalyptus cloeziana cuttings in response to stock plant temperature. **Journal of Tropical Forest Science, Kepong**, v. 25, n. 1, p. 60-69, 2013.
- ZOBEL, B.J.; JETT, J.B. Genetics of wood production. Springer. New York. 1995. p.166.

CARACTERÍSTICAS DA FORMA DE TORAS DE *Eucalyptus cloeziana* PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA TRATADA

Resumo

O setor da madeira tratada vem se destacando na região do alto Jequitinhonha como alternativa de produto final do eucalipto. O *Eucalyptus cloeziana* se destaca pela alta densidade, resistência natural e tolerância a ambientes adversos. O presente trabalho avaliou a qualidade de toras de madeira de *E. cloeziana* em termos do seu diâmetro, conicidade, tortuosidade, número de nós, circularidade, e teor de cerne/alburno, oriundas de plantio seminais de cinco empresas. Foram colhidas 09 árvores de 7 anos de idade, por empresa. Essas árvores foram traçadas em toras de 2,5 m de comprimento e tiveram medidos os seus diâmetros, conicidade, tortuosidade e nodosidade. Foram retirados discos a cada 50,0 cm das toras e levados ao laboratório para a determinação da sua circularidade e teor de alburno. A partir dos valores das propriedades foi definido um índice de qualidade dendrométrica (IQD), que relaciona as propriedades de cada indivíduo coma média geral das cinco empresas De forma geral, as toras estudadas possuíam características dentro do que é relatado na literatura para árvores deste gênero. A maior média encontrada para a conicidade foi da empresa 1, (0,8 cm/m) e a menor, da empresa 3, (0,4 cm/m). O maior diâmetro foi de 13,2 cm, da empresa 4. O plantio da empresa 2 apresentou os melhores resultados quanto à circularidade, uma média de 0,94. A menor tortuosidade (0,2 cm/m), assim como o menor número de nós (6,8/m) foram da empresa 3, que também obteve os menores teores de alburno, juntamente com a empresa 4. Os resultados demonstram que a empresa 3 possui o melhor material de origem seminal testado. É o melhor indicado em uma seleção massal.

Palavras-chave: conicidade, tortuosidade, circularidade, teor de alburno

Abstract

The treated wood sector has been emphasizing in the region of the Alto Jequitinhonha as an alternative of final product of the eucalyptus. *Eucalyptus cloeziana* stands out for high density, natural resistance and tolerance to adverse environments. The present work evaluated the quality of wood logs of *E. cloeziana* in terms of their diameter, conicity, tortuosity, number of nodes, circularity, and heartwood / sapwood content, from seedlings of five companies. We harvested 9 trees of 7 years of age, per company. These trees were traced in logs of 2.5 m in length and had measured their diameters, conicity, tortuosity and node. Discs were removed every 50.0 cm from the logs and taken to the laboratory for determination of their circularity and sapwood content. From the values of the properties a dendrometric quality index (IQD) was defined, which relates the properties of each individual to the general average of the five companies. In general, the studied logs had characteristics within what is reported in the literature for trees of this genus . The highest average found for the taper was Company 1, (0.8 cm / m) and the lowest, Company 3, (0.4 cm / m). The largest diameter was 13.2 cm, from firm 4. The planting of firm 2 presented the best results regarding circularity, an average of 0.94. The lowest tortuosity (0.2 cm / m), as well as the lowest number of nodes (6.8 μ m) were from firm 3, which also obtained the lowest sapwood content, together with firm 4. The results demonstrate that Company 3 has the best seminal source material tested. It is the best indicated in a mass selection.

Key words: conicity, tortuosity, circularity, sapwood content

1. Introdução

A madeira é um material heterogêneo, por ser formada de diversos tipos de células com funções específicas e também por ser constituída de uma série de compostos orgânicos e inorgânicos. É influenciada por fatores que afetam o desenvolvimento das árvores, tais como clima, solo, sítio e fatores genéticos. Isso contribui para o fato dessa matéria-prima ser muito requisitada, já que é capaz de atender aos mais diferentes tipos de uso. (BOTREL et al. 2010)

Nas diversas espécies de eucalipto, destaca-se a espécie *E. cloeziana*, a qual apresenta alta densidade, boa qualidade para produção de carvão, tábuas, postes, mourões e uso na construção civil, podendo também ser utilizado na fabricação de pisos, em função de suas propriedades de dureza e flexão estática. É também a espécie mais difundida na região do Alto Jequitinhonha.

Alguns fatores inerentes à madeira são fundamentais para obter qualidade e rendimento adequado das toras, entre eles citam-se fatores intrínsecos à espécie, como tensões de crescimento e fatores extrínsecos, como conicidade e curvatura da tora. (FERREIRA et al., 2004).

A conicidade expressa a razão com que o diâmetro de uma árvore decresce ao longo de sua altura e é especialmente importante em toras destinadas à produção de madeira serrada. Segundo CARDOSO (2011), os nós também acarretam perda da qualidade da madeira, já que são pontos onde ocorrem desvios da grã em relação ao eixo longitudinal, trazendo consequentes perdas na resistência mecânica.

A tortuosidade é o desvio lateral permanente dos troncos em relação ao seu eixo longitudinal, não permitindo o aproveitamento otimizado de seu volume em serraria. É uma propriedade que pode ter alta herança genética, mas pode também sofrer bastante influência do ambiente, o que aumentam as opções para se conseguir melhorias de qualidade.

O alburno é formado por células fisiologicamente funcionais, de coloração geralmente mais clara, responsáveis pela condução ascendente de água e solutos nela dissolvidos. COSTA et al. (2003) e PEREIRA et al (2013) explicam que quando se tornam inativas para o transporte de água, as células do alburno passam a constituir o cerne, que pode conter óleos, resinas, gomas e/ou compostos fenólicos, substâncias que são frequentemente responsáveis pela sua coloração mais escura e que, geralmente, proporcionam maior durabilidade natural.

PEREIRA et al. (2013) ressaltam que a madeira com maior quantidade de cerne é desejável para a produção de móveis e para suas aplicações na construção civil, devido à maior proporção de material resistente. Segundo SILVA (2002), a madeira de cerne, pela sua

coloração e propriedades específicas, apresenta maior valor tecnológico para usos em serraria e, por isso, tem sido o alvo de interesse dos usuários de madeira.

A melhoria genética da qualidade da madeira está geralmente relacionada a características internas, como o comprimento da fibra ou a densidade da madeira. No entanto, melhorias gerais nas propriedades da madeira também podem ser obtidas alterando a forma da árvore e galhos por manipulação genética. As fases básicas do desenvolvimento do caule foram discutidas por LARSON (1963). Mudar a forma de árvores é frequentemente o caminho mais rápido para melhorar a madeira, devido a seus padrões de herdabilidade e facilidade de medição, esta maneira relativamente rápida e fácil de melhorar a madeira por manipulação genética é muitas vezes negligenciada. (ZOBEL, 1995).

Para cada finalidade é essencial que se procure os materiais mais adaptados e rentáveis. Segundo (GONÇALEZ et al., 2006) a qualidade se refere à combinação das características físicas, mecânicas, químicas e anatômicas da árvore, as quais permitem a melhor utilização da madeira para um determinado uso.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a forma de fustes e teor de alburno na madeira de *Eucalyptus cloeziana* utilizada para produção de madeira tratada no Alto Jequitinhonha.

2. Material e métodos

Tabela 1 - Empresas fornecedoras de toras, localidade, idade dos plantios e espaçamento

Empresa	Local de plantio	Idade(anos)	Espaçamento (m)
1	Itamarandiba	7	3x2
2	Itamarandiba	7	1x1,5
3	Capelinha	7	1,8x1,8
4	Capelinha	7	2x2,5
5	Itamarandiba	7	3x2,5

Localização e Caracterização do ambiente

O experimento foi conduzido em área de povoamento seminal de *Eucalyptus cloeziana* aos O clima da região é do tipo Cwa, mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso, segundo o sistema internacional de classificação climática de Köppen. As médias anuais de precipitação e temperatura mínima e máxima são de 1200 mm e de 17 a 26,4 °C, respectivamente (INMET, 2018).

Amostragem e Coleta dos dados

Foram selecionadas e colhidas nove árvores aleatoriamente dentro de um mesmo talhão de cada empresa. Estas foram então traçadas em toras de 2,5 m de comprimento,

resultando em 36 toras por empresa..Após realizadas as medições de diâmetro de cada tora, foram estabelecidas 03 classes de diâmetro (menor, média e maior) com base nos tercís inferiores, médios e superiores da distribuição de frequência dos diâmetros das 36 toras. Por fim, 03 toras de cada classe foram seccionadas a cada 50,0 cm para a extração de 06 discos e um torete, os quais foram levados ao laboratório para as análises posteriores, como ilustrado na Figura 1.

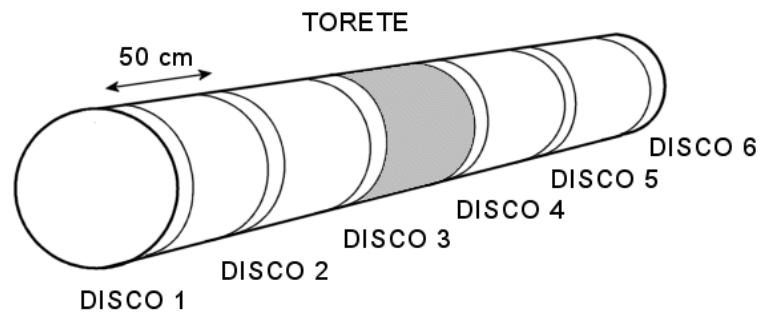


Figura 1. Posição da retirada dos discos e do torete central nas toras.

Os discos foram destinados à produção de imagens digitais para medição dos diâmetros de cerne e total para a determinação do teor de alburno, bem como para a determinação da circularidade da seção transversal

Para a realização das medições dos diâmetros e desvios laterais, as 36 toras foram descascadas e apoiadas, uma a uma, sobre dois cavaletes, de maneira tal que pudessem girar livremente, permitindo que a gravidade obrigasse o lado côncavo, se eventualmente existisse, a ficar voltado para cima, como mostra a Figura 2.

A cada 50 cm ao longo do comprimento, foram medidos os diâmetros com uma suta e as flechas (desvios laterais), com uma régua, tendo como referência uma linha sobre o lado côncavo da tora esticada com o auxílio de pesos. Desta forma, foram obtidas 6 medidas do diâmetro e 4 medidas das flechas para cada tora. Foram contados manualmente os nós presentes em cada tora.

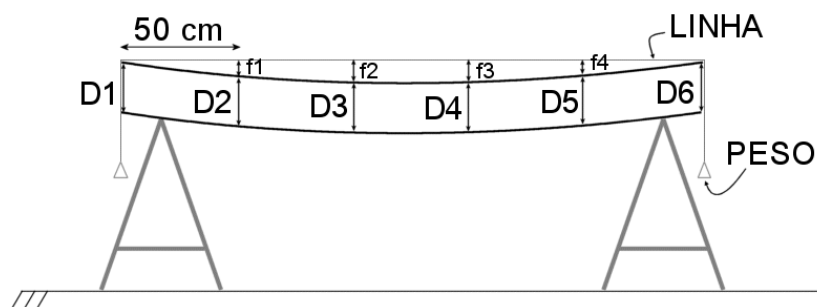


Figura 2. Tora sobre os cavaletes evidenciando o posicionamento do lado côncavo para cima e os pontos de medição dos diâmetros (D1 a D6) e desvios laterais (f1 a f4).

Diâmetros e Conicidade

A partir das 6 medições dos diâmetros, foi calculada a conicidade das toras e das árvores segundo a expressão:

$$C_t = \frac{D_1 - D_6}{2,5}$$

Em que:

C_t = Conicidade de cada tora (cm/m);

D_1 = Diâmetro da base de cada tora (cm);

D_6 = Diâmetro do topo de cada tora (cm);

Foram computadas as médias e coeficientes de variação das conicidades de cada tora com o objetivo de compará-las estatisticamente.

Foram comparadas as médias das propriedades agrupando-se por empresas, por meio do teste F (ANOVA) e do teste *t de Student*. Foram ainda avaliadas as correlações entre as propriedades. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o nível de significância $\alpha = 5\%$.

Foram criados Índices de Qualidade para cada propriedade com o objetivo de comparar com maior clareza as características das toras com a médias gerais das 5 empresas. Estes índices foram definidos como:

$$IQP = \frac{\bar{P}_i}{\bar{P}}$$

Em que:

IQP = índice de qualidade da propriedade P para a empresa i;

\bar{P}_i = média da propriedade P para a empresa i;

\bar{P} = média da propriedade P entre as 5 empresas.

Foi realizado também o cálculo de um índice que expressasse um valor geral para a qualidade dendrométrica, para cada empresa. Usando os valores médios do índice de cada propriedade macroanatômica mensurada.

Foi definido através da fórmula:

$$IQG = \frac{IQcic}{(IQtor + IQcon + IQalb + IQnod)}$$

Onde:

IQG= índice de qualidade geral

IQtor= índice de qualidade na tortuosidade

IQcon= índice de qualidade na conicidade

IQalb= índice de qualidade no teor de alburno

IQnod= índice de qualidade na nodosidade

3. Resultados e discussão

A Tabela 2 demonstra que a Empresa 4 apresentou a maior média de diâmetros para as toras analisadas (13,2 cm), enquanto a Empresa 2 apresentou o menor valor (8,4 cm). A grande diferença entre estas empresas pode ser explicada pela menor área vital adotada pela empresa 2 no talhão sob estudo (1,0 x 1,5 m), pois como é bem conhecido pela silvicultura, menores espaçamentos resultam em menor crescimento em diâmetro, considerando-se o mesmo material genético e as mesmas condições de crescimento (BALLONI e SIMOES, 1980). Os coeficientes de variação para esta característica foram mais baixos nas empresas de maiores médias.

Tabela 2 - Valores médios, mínimos, máximos, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para o diâmetro, a conicidade, circularidade, a tortuosidade, a nodosidade das toras proveniente das diferentes empresas. Para a mesma característica, médias marcadas com a mesma letra são iguais a 5% de significância pelo teste *t de student*.

Empresa	Variável	N	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	CV%
1	Diâmetro	36	11,9ab	8,2	17,4	2,4	20,0
	Conicidade	36	0,8a	0,3	2,0	0,4	46,2
	Circularidade	09	0,86c	0,82	0,90	0,03	3,39
	Tortuosidade	36	0,7a	0,3	1,6	0,3	45,9
	Nos/m	36	9,1b	4,0	15,6	2,3	25,6
2	Diâmetro	36	8,4d	4,9	13,0	1,9	22,8
	Conicidade	36	0,5b	0,0	1,4	0,3	56,0
	Circularidade	09	0,94a	0,90	0,97	0,02	2,55
	Tortuosidade	36	0,5b	0,0	1,6	0,4	85,2
	Nos/m	36	9,1b	3,6	14,4	2,1	23,3
3	Diâmetro	36	11,5b	8,9	15,7	1,5	13,3
	Conicidade	36	0,4b	0,4	1,3	0,4	92,6
	Circularidade	09	0,89bc	0,86	0,93	0,02	2,58
	Tortuosidade	36	0,2c	0,0	1,2	0,3	103,7
	Nos/m	36	6,8c	4,4	10,8	1,4	20,8
4	Diâmetro	36	13,2a	9,6	18,1	2,1	16,0
	Conicidade	36	0,6b	0,0	1,5	0,4	60,3
	Circularidade	09	0,92ab	0,88	0,94	0,02	2,38

Empresa	Variável	N	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	CV%
4	Tortuosidade	36	0,7ab	0,0	2,1	0,5	69,1
	Nos/m	36	11,0a	8,0	15,2	1,9	17,7
5	Diâmetro	36	10,0c	5,7	15,7	2,5	24,9
	Conicidade	36	0,4b	0,0	1,2	0,3	64,9
	Circularidade	09	0,92ab	0,87	0,95	0,03	3,04
	Tortuosidade	36	0,5ab	0,0	1,2	0,3	70,1
	Nos/m	36	10,1ab	7,2	14,8	1,6	15,9
	Todas	Diâmetro	180	11,0	4,9	18,1	2,6
	Conicidade	180	0,6	-0,4	2,0	0,4	66,6
	Circularidade	45	0,91	0,82	0,97	0,04	3,98
	Tortuosidade	180	0,5	0,0	2,1	0,4	76,6
	Nos/m	180	9,1	3,6	15,6	2,4	26,0

A conicidade mais elevada foi encontrada nas toras da Empresa 1, enquanto que as empresas 3 e 5 mostraram os menores valores. A conicidade está normalmente associada aos maiores diâmetros (HORNBERG et al, 2012) e, de fato, as empresas que forneceram toras de maiores diâmetros foram aquelas que apresentaram as maiores conicidades. A empresa 2 foi uma exceção a isto, pois apresentou os menores diâmetros em geral, e, ainda assim, forneceu o terceiro maior valor médio para conicidade. Os valores dos coeficientes de variação desta característica foram particularmente elevados para todas as empresas, com um valor geral superior à 60%. Já SCANAVACA Jr. e GARCIA, (2003), relatam que uma maior densidade de plantio tende a produzir árvores menos cônicas, e, em espaçamentos maiores, há tendência em formar árvores com conicidade maior..

De forma geral as toras estudadas em todas as empresas possuíam conicidade dentro do que é relatado na literatura para *E. cloeziana*. Oliveira et al. (1999) apresentam valores para a conicidade de 2,06 cm/m para as toras da base (0 a 4m) e de 0,72 cm/m em toras de posições mais elevadas no tronco (8 a 12 m), de árvores desta espécie aos 15 anos de idade. DEL MENEZZI et al. (2001) obtiveram em *E. cloeziana* de 0,96 cm/m e 0,66cm/m para a conicidade inferiores a 3cm/m representam toras com classe de qualidade superior. Logo, as toras analisadas se enquadram nessa classificação.

CAIXETA (2000) reiterado por VALE et al. (2002) afirmou que, para árvores serem consideradas cônicas, a conicidade deve ser superior a 1,0 cm/m. Observando a Tabela 2, todas as empresas apresentaram valores para a conicidade que classificam suas toras como cilíndricas.

O maior valor médio para a tortuosidade foi detectado nas toras da empresa 1, em igualdade estatística com aqueles da Empresa 4. DEL MENEZZI et al 2001, determinou para *E. cloeziana* encurvamentos de 0,5 cm/m. Entretanto, de forma geral, a tortuosidade

encontrada nas toras deste trabalho é de magnitude tal que as enquadra como toras de primeira qualidade pelo sistema de classificação de toras do IBDF (IBDF, 1984).

Considerando a intensidade de encurvamento, o limite para se enquadrar na classe de qualidade superior é de 0,5 cm/m, as empresas 4 e 1 apresentaram 0,7 centímetros por metro de tortuosidade, fazendo com que não se enquadrem na melhor, mas na primeira classe.

Os nós das toras estudadas são considerados como “pequenos defeitos” pela norma do IBDF (IBDF,1984) e, como tal, não levam a nenhuma penalização na classificação das toras. De fato, Oliveira et al. (1999) já haviam observado a ocorrência de boa desrama natural nas porções basais dos troncos em populações de *E. cloeziana*, resultando em nós diminutos com cicatrização capaz de prevenir o ataque de fungos e insetos.

Entretanto, sabe-se que a presença dos nós, ao mesmo tempo em que aumenta a permeabilidade das toras no sentido radial, facilitando a sua secagem e impregnação, causa redução nos valores das propriedades mecânicas no sentido longitudinal. Devido a este ultimo efeito, a nodosidade foi considerada um fator negativo e seus valores variaram desde 6,83 nós/m na empresa 3, até 11,03 nós/m para empresa 4.

OLIVEIRA (1988), trabalhando com a espécie *Xylopia sericea*, espécie nativa e pioneira, encontrou um índice de circularidade médio de 0,97 em 18 árvores e mencionou que o tronco dessa espécie possui seção circular. Já GONÇALVES (2010), encontrou uma média de 0,95 para árvores de eucaliptos aos 70 meses. O maior resultado do presente trabalho foi obtido pela empresa 2, 0,94. GARCIA et al (2012) classificaram toras com circularidade igual ou maior a 0,90 %, como sendo pertencentes a classe superior; entre 0,90% e 0,80% foram consideradas toras de primeira classe. A média geral obtida foi de 0,91 %. Isto evidencia uma boa qualidade quanto à esta característica.

Para o rendimento das toras em tornearia a circularidade é um fator muito almejado. A seção circular permite um maior aproveitamento do produto, uma vez que se perde menos material, energia e maquinário na homogeneização. O transporte das toras não processadas também pode ser facilitado, sendo estas mais regulares, evitando perdas em transporte. Para o desdobro em serraria também é uma característica desejável.

Nota-se uma maior circularidade média nas empresas que possuíram os menores valores para o diâmetro e também nos menores espaçamentos.

Tabela 3 – Matriz de correlação linear de Pearson à 5% de significância para as propriedades.

	Altura	Diâmetro	Conicidade	Tortuosidade	Nos/m
Altura	1,00	-0,53*	-0,22*	0,08	-0,13
Diâmetro	-0,53*	1,00	0,41*	0,08	0,16*
Conicidade	-0,22*	0,41*	1,00	0,20*	0,26*
Tortuosidade	0,08	0,08	0,20*	1,00	0,21*
Nos/m	-0,13	0,16*	0,26*	0,21*	1,00

Nota –Valores seguidos de *, são significativos para correlação.

De uma forma geral as correlações entre as propriedades não foram elevadas. A Tabela 3 destaca a correlação mediana, negativa que existe entre a altura e o diâmetro médio. Outra correlação é aquela existente entre a conicidade e altura que foi de -0,22, o que demonstra uma leve queda na conicidade com elevação na altura no tronco, resultado também observado por GONÇALVES et. al. (2010) avaliando árvores de *Eucalyptus urophylla x grandis* aos 70 meses, e CAIXETA (2000), em diferentes clones. O inverso acontece na correlação entre a conicidade e o diâmetro, que é de 0,41. A conicidade é maior nas toras da base, o que é influenciado por condições naturais de crescimento e sustentação da árvore, e diminui nas porções superiores.

OLIVEIRA et al (1999) estudando árvores de 30 anos, no estado de São Paulo, para várias espécies diferentes de eucalipto, encontrou tendência de diminuição da conicidade ao longo do fuste. Para *Eucalyptus cloeziana*, no espaçamento 3x2m ele obteve um valor de 2,06 cm/m até os quatro metros da árvore, 0,8 cm/m dos 4 até os 8 metros e 0,72 cm/m até os 12 metros de altura, exemplificando esta tendência.

Teor de cerne/alburno

O Teor de alburno médio foi menor na empresa 3 juntamente com a empresa 4. Apresentaram um valor médio de 47,01% e 46,67 % respectivamente. A empresa 2 obteve o maior valor médio, um teor de 68,98 %. Destaque para a empresa 3, que mesmo com uma pequena área vital e idade inferior possui relativamente boa quantidade de cerne. PEREIRA 2013, medindo árvores de eucalyptus sp, aos 7,5 anos, de várias empresas de destaque encontrou médias equiparadas aos melhores resultados do presente trabalho HASELEIN (2004), analisando árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, aos 27 anos, espaçamento 3x2 m, encontrou uma proporção de alburno médio de 24,34%, bem inferior ao melhor valor de 56,27% aqui encontrado. O teor de alburno tende a decair com a maior cernificação, com o avanço da idade da árvore. Segundo (PANSIN; DE ZEEUW, 1980) Por si tratar de material seminal as diferenças encontradas ainda podem ser explicadas pela variabilidade existente entre procedências.

Tabela 5 - Valores médios, mínimos, máximos, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para o teor de alburno em %, das toras proveniente das diferentes empresas. Para a mesma característica, médias marcadas com a mesma letra são iguais a 5% de significância pelo teste *t de student*.

Empresa	Variável	N	Média	Mínimo	Máximo	DV	CV
1	Alburno	36	56,91 ab	43,38	69,12	8,97	15,77
2	Alburno	36	68,98 a	45,04	100,00	19,80	28,70
3	Alburno	36	47,01 b	34,96	59,24	8,85	18,82
4	Alburno	36	46,67 b	36,75	58,23	8,28	17,73
5	Alburno	36	61,87 ab	45,03	93,87	16,96	27,42
Geral	Alburno	180	56,27	34,96	100,00	15,64	27,79

A correlação entre altura e teor de alburno foi consideravelmente elevada, 0,69. As porcentagens de cerne diminuem no sentido base-topo da árvore enquanto as porcentagens de alburno aumentam., como discutido por COSTA et al (2017), PEREIRA et al (2013), resultado este também encontrado por GONÇALVES et al (2012), estudando clones de *urophila x grandis*, aos 70 meses de idade. OLIVEIRA (1997) avaliando árvores também de *Eucalyptus*, notou que o que ocorre com frequência é a alta correlação negativa entre o diâmetro médio e teor de alburno, que neste caso foi de -0,81. Árvores com maiores diâmetros, e, principalmente os diâmetros mais próximos à base da árvore tendem a ser detentores de baixos teores de alburno, o que aumenta com os diâmetros menores, mais elevados. GONÇALVES 2010 demonstra nos seus resultados, em árvores de eucalipto aos 166 meses encontrou proporções de alburno ainda menores, e variação ao longo do fuste assim como o encontrado neste trabalho. Até os 03 metros, um valor de 28,03%, aos 12 metros, 29,84%. A idade das árvores influencia negativamente no teor de alburno.. Esses índices elevados de cerne são fatores positivos no uso da madeira para serraria e fins estruturais.

Tabela 6 – Correlação de Pearson a 5% de significância entre altura, diâmetro médio e teor de alburno médio. Valores seguidos de * estão correlacionados, segundo o teste.

	Altura	Diâmetro	Alburno
Altura	1,00	-0,67*	0,69*
Diâmetro	-0,67*	1,00	-0,81*
Alburno	0,69*	-0,81*	1,00

Foram realizados os cálculos dos índices de qualidade em cada característica estudada, e estes resultaram em um valor para a qualidade geral. A tabela 7 demonstra, por empresa, como cada uma se situa.

Tabela 7: Resultado por empresa do índice da qualidade geral calculado

EMPRESA	IQG
1	0,77
2	1,03
3	1,33
4	0,91
5	1,03

Nota: IQG = índice de qualidade geral

O índice criado aponta numericamente as empresas que se destacam nas propriedades estudadas, indicou a empresa 3 como detentora do material, com as melhores características para forma das toras.

4. Conclusão

Nas propriedades estudadas, as empresas apresentaram em média boa forma. A conicidade, tortuosidade e nodosidade das toras obtiveram valores equiparados aos relatados na literatura, não sendo fatores de penalização da classificação.

A circularidade média foi consideravelmente elevada. Nota-se uma diminuição desta característica nos maiores diâmetros. Nos espaçamentos mais adensados também houve uma maior circularidade, o que pode se tornar objeto de estudos posteriores, na busca de melhores condições, para uma produção de qualidade.

O cômputo do índice de qualidade geral identificou a empresa 3 como melhor material para as características estudadas, seguida da empresa 5, juntamente com a empresa 2.

5. Referências bibliográficas

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma NBR 9480. 9480. Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais – Requisitos. Seg edição. Rio de Janeiro. 2009.
- BOTREL, M.C.G.; TRUGILHO, P.F.; ROSADO, S.C.S.; SILVA, J.R.M.S. Seleção de clones de eucalyptus para biomassa florestal e qualidade da madeira. **Sci. For.** Piracicaba, v.38, n. 86. P 237-245. Jun 2010.

- BALLONI, A.E.; SIMOES, J.W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **IPEF**. Piracicaba. Série técnica v.1 n.3 1980.
- CAIXETA, R. P. Qualidade da madeira, classificação e seleção de genótipos de eucalipto. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 94 p. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)** – Universidade Federal de Lavras, 2000.
- CARDOSO, A.L. Desrama artificial em eucalipto e seus efeitos na resistência à danos por vento e nós da madeira. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).. Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro – ES. 2011
- COSTA, A.C.S.; LWAL, C.S.; SANTOS, L.C.; CARVALHO, A.M.M.L.; OLIVEIRA, A.C.; PEREIRA, B.L.C. Propriedades da madeira de cerne e alborno de *Eucalyptus camaldulensis*. **Ciência da madeira**. 2017
- COSTA, C. G.; CALLADO, C. H.; CORADIN, V. T. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Xilema. In: APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (Eds.) **Anatomia Vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. cap. 5, p. 129-154.
- DEL MENEZZI, C.H.S.; NAHUZ, M.A.R.; SOUZA, M.R. Aspectos tecnológicos da produção de madeira serrada de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Brasil Florestal**. Brasília, n70, 2001.p.75-82.
- FERREIRA, S.; LIMA, J.T.; ROSADO, S.C.S.; TRUGILHO, P.F. influência de métodos de desdobro tangencial no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *eucalyptus sp*. **Cerne**. Lavras.v. 10, n. 1. P 10-21. 2004.
- GARCIA, F. M.; MANFIO, D. R.; SANSIGOLO, C. A.; MAGALHAES, P.A D. Rendimento no Desdobro de Toras de Itaúba (*Mezilaurus itauba*) e Tauari (*Couratari guianensis*) Segundo a Classificação da Qualidade da Tora. **Floresta e Ambiente** 2012; 19(4):468-474
- GERALDO, F.C. Utilização da madeira tratada em sistemas construtivos – Uma opção inteligente. In...Congresso MADEIRA 2014, ABPM/FIRJAN. 30 e 31 de outubro de 2014. Rio de Janeiro.
- GONÇALEZ, J.C.; BRENDA, L.C.S.; BARROS, J.M.C.; MACEDO D.G.; JANIN, G.; COSTA, A.F.; VALE, A.T. Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W. Hills ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. **Ciência Florestal**. . V 16, n. 3. P.329-341. Santa Maria, 2006.
- GONÇALVES, F.G.; OLIVEIRA, J.T.S.; SILVA, G.F.; NAPPO, M.E.; TOMAZELO FILHO, M. Parâmetros dendrométricos e correlações com propriedades tecnológicas em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.34, n.5, p. 947-959, Viçosa, 2010.

- HORNBURG, K.F; ELEOTÉRIO, J.R.;NICOLETTI, A.L. Qualidade das toras e da madeira serrada de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de santa Catarina.**Sci For**. Piracicaba, v. 40, n.96, dez.2012.p.463-471.
- IBDF** – INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. Norma para medição e classificação de toras de madeira de folhosas. Brasília, 1984. 42p.
- INMET** – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Brasília. 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>.
- LARSON, P.R. Sterm form development of Forest trees. **For. Sci.** Mono 5, 42 p. 1963.
- OLIVEIRA, J. T. S. Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da Pindaíba (*Xylopia sericea*St.Hill.). 1988. 106f. **Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)** – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG,1988
- OLIVEIRA, J. T. S. Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil. 1997. 429f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, 1997.
- OLIVEIRA, J.T.S.; HELLMEISTER, J.C.; SIMÕES, J.W.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização da madeira de sete espécies de eucalipto para a construção civil:Avaliações dendrométricas das árvores. **Sc. For.** n 56. Dez. 1999.
- SILVA, J. C. Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira. 2002. 179 p. **Tese (Doutorado em Ciências Florestais)** – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- TORRES P.M.A.; PAES J. B, LIRA J.A.; NASCIMENTO, J.W.B. Tratamento preservativo da madeira juvenil de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. pelo método de substituição de seiva. **Cerne** 2011; 17(2): 275-282.
- PEREIRA, B.L.C; OLIVEIRA, A.C; CARVALHO, A.N.M.L.; CARNEIRO, A.CO.;VITAL, B.R.; SANTOS L.C. Correlação entre a relação cerne/alburno da madeira de eucalipto, rendimento e propriedade de carvão vegetal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, V 41, p 217-225, junho de 2013.
- SCANAVACA JR., L.; GARCIA, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, n.63, p.32-43, 2003
- VALE, R. S. et al. Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril. **Revista Árvore** , v.26, n.3, p.285-297, 2002.
- ZOBEL, B.J.; JETT, J.B. Genetics of wood production. Springer. New York. 1995. p.166

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE *Eucalyptus cloeziana* PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA TRATADA

Resumo

No trabalho foram utilizadas árvores da espécie *Eucalyptus cloeziana* advindas de plantios seminais de 05 empresas do Alto Jequitinhonha. As árvores foram cortadas, analisadas, seccionadas e levadas ao laboratório para demais mensurações. Foram feitas medidas de densidade básica e ponderada, umidade higroscópica, ensaios mecânicos de flexão, compressão e cisalhamento. Com essas propriedades foram calculados, MOR (módulo de ruptura), MOE (módulo de elasticidade) e TLP (tensão no limite da proporcionalidade). Teste de média e correlação linear de Pearson, a 5% de significância foram realizados nas análises dos dados. Foram condizentes com os encontrados na literatura. Para densidade básica foi encontrada uma média de $0,62 \text{ gcm}^3$, que aumentou consideravelmente com a ponderação. A densidade teve correlação positiva com a distância da medula, e mais forte ainda foi a correlação negativa entre densidade e umidade, $-0,88$. Para o MOR os valores médios de destaque foram das empresas 2, 3 e 4. A resistência ao cisalhamento teve a maior média nas empresas 3 e 4. Com valores de $169,0 \text{ kgf/cm}^2$ e $171,87 \text{ kgf/cm}^2$. O módulo de elasticidade médio mais elevado foi também da empresa 3, $129.150,0 \text{ kgf/cm}^2$. Com resultado médio de $804,59 \text{ kgf/cm}^2$, a empresa 4 foi superior as demais para a TLP. Houve correlação positiva entre a densidade e todas propriedades mecânicas estudadas, também foi encontrada correlação entre as propriedades mecânicas. Correlação veemente ocorreu entre TLP e MOR, $0,91$. O Material genético da empresa 3 obteve destaque nos resultados.

Palavras-chave: densidade, mecânicas, árvores.

Abstract

In the work were used trees of the species *Eucalyptus cloeziana* coming from seminal plantations of 05 companies of Alto Jequitinhonha. The trees were cut, analyzed, sectioned and taken to the laboratory for further measurements. Measurements of basic and weighted density, hygroscopic moisture, mechanical tests of bending, compression and shearing were made. With these properties, MOR (modulus of rupture), MOE (modulus of elasticity) and TLP (tension at the limit of proportionality) were calculated. Mean test and Pearson's linear correlation at 5% significance were performed in the data analyzes. They were consistent with those found in the literature. For basic density an average of 0.62 g/cm³ was found, which increased considerably with the weighting. The density had a positive correlation with the distance of the marrow, and even stronger was the negative correlation between density and humidity, -0.88. For MOR, the mean values were 2, 3 and 4. The shear strength had the highest mean in companies 3 and 4. With values of 169.0 kgf / cm² and 171.87 kgf / cm². The highest mean modulus of elasticity was also Company 3, 129,150.0 kgf / cm². With an average result of 804.59 kgf / cm², the company 4 was superior to the others for TLP. There was a positive correlation between the density and all the mechanical properties studied, also a correlation was found between the mechanical properties. Severe correlation occurred between TLP and MOR, 0.91. The genetic material of company 3 was highlighted in the results.

Key words: density, mechanics, trees .

1. Introdução

A realização de pesquisas que contribuam positivamente para o aumento da produtividade é imprescindível no setor florestal, destacam-se as propriedades físicas, anatômicas e tecnológicas da madeira, uma vez que essa caracterização norteia a sua adequada utilização para os diversos fins (Oliveira et al., 2012).

Segundo DOWNES et al. (1999) e SANTOS et al. (2003) no passado os objetivos do melhoramento e da silvicultura estavam focados principalmente na maximização do volume de fuste comercializável, enquanto que a qualidade da madeira era considerada apenas superficialmente. Segundo os autores, maiores esforços estão sendo agora direcionados para o entendimento dos efeitos genéticos e de manejo sobre as propriedades das fibras e da madeira.

A densidade básica é certificada como um importante parâmetro para avaliar a qualidade da madeira, estando diretamente relacionada às demais propriedades (SHIMOYAMA & BARRICHELLO, 1991). Segundo SHIOYAMA (1990) a densidade básica pode ser definida como uma propriedade física não mecânica da madeira, utilizada para quantificar, de forma direta, a relação proporcional de material lenhoso seco presente em uma unidade de volume saturado. PANSHIN & DE ZEEUW (1980) mencionam que no sentido da base para a copa é possível observar uma diminuição do valor da densidade, ao contrário do seu comportamento no sentido da medula para casca, onde apresenta um aumento deste valor.

Para ENGLERTH (1966) o valor da densidade de uma árvore é praticamente o sinônimo de qualidade da sua madeira sólida. BORTOLETTO, 2008; PAROLIN & WORBES, 2000; PELTOLA et al., 2009; WANG et al., 2000; REPOLA, (2006) acrescentam que se trata de uma propriedade física com alto potencial para explicar o comportamento físico-mecânico e utilização da madeira. Segundo STURION et al., (1987) nos setores da construção civil e produção de energia as madeiras que apresentam alta densidade são mais adequadas. GONZAGA (2006) complementa que estas madeiras densas são apropriadas para o uso como estacas, mourões, dormentes e construção de pontes.

Várias características influenciam nas propriedades mecânicas, sendo principalmente a massa específica básica, fatores anatômicos e constituição química da madeira (KOLLMANN & CÔTÉ, 1968).

O desempenho e uso final da madeira são fatores altamente influenciados pelo teor de umidade, o que caracteriza a extrema importância em determinar o seu valor, assim como as suas variações ocorrentes ao longo do tronco das árvores ou nas porções da madeira.

Teores elevados de umidade estão diretamente relacionados aos efeitos negativos oriundos do processo de secagem, como o empenamento e fendilhamento da madeira, ressaltando assim a relevância das informações relativas à distribuição da umidade no interior da madeira. A umidade da madeira na árvore pode variar de 31 a 249% no cerne e de 40 a 213% no alburno (ForestProductsLaboratory, 1987).

EVANS et al.(2000) explicita que as propriedades mecânicas da madeira são dependentes, principalmente, da densidade básica, da porcentagem de madeira juvenil, da largura dos anéis, do ângulo das microfibrilas, da inclinação da grã, da quantidade de extrativos, do teor de umidade, da intensidade ao ataque de insetos, do tipo e da localização e quantidade de nós, dentre outros fatores.

Assim como relatam LOBÃO E DELLA LUCIA (2004), a variabilidade da maior parte das propriedades mecânicas da madeira pode ser estimada com base na variação da densidade, o que pode ser explicado, segundo PANSHIN E DE ZEEUW (1980), porque as propriedades de resistência à flexão estática e o seu MOE (módulo de elasticidade) estão correlacionados com a densidade, a qual, por sua vez, também está correlacionada com as dimensões das células.

Apesar de a maior parte das florestas estar comprometida com a produção de madeira para os denominados usos tradicionais. (celulose, papel, carvão vegetal, lenha e chapas de fibras), espera-se que uma parcela possa ser destinada a outras aplicações madeireiras. Para atender a tais demandas, primeiramente necessita-se uma seleção de espécies, para atender a características de ordem silvicultural, como crescimento, forma do tronco, regeneração e resistência a pragas e doenças; numa segunda etapa, são consolidados e complementados com o envolvimento de algumas propriedades da madeira, como densidade, (EUCALIPTO, 2001).

No intuito de conhecer, para promover uma melhoria na qualidade dos produtos da região o presente trabalho tem por objetivo avaliar propriedades físicas e mecânicas em matérias-primas de madeira de *Eucalyptus cloeziana*, de origem seminal, no Alto Jequitinhonha.

2. Material e métodos

Tabela 1 – Origem dos materiais utilizados nos testes.

Empresa	Local de plantio	Idade(anos)	Espaçamento (m)
1	Itamarandiba	7	3x2
2	Itamarandiba	7	1x1,5
3	Capelinha	7	1,8x1,8
4	Capelinha	7	2x2,5
5	Itamarandiba	7	3x2,5

Localização e Caracterização do ambiente

O experimento foi conduzido em área de povoamento seminal de *Eucalyptus cloeziana* aos O clima da região é do tipo Cwa, mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso, segundo o sistema internacional de classificação climática de Köppen. As médias anuais de precipitação e temperatura mínima e máxima são de 1200 mm e de 17 a 26,4 °C, respectivamente (INMET, 2018).

Amostragem e Coleta dos dados

Foram selecionadas e colhidas nove árvores aleatoriamente dentro de um mesmo talhão de cada empresa. Estas foram então traçadas em toras de 2,5 m de comprimento, resultando em 36 toras por empresa..Após realizadas as medições de diâmetro de cada tora, foram estabelecidas 03 classes de diâmetro (menor, média e maior) com base nos tercis inferiores, médios e superiores da distribuição de frequência dos diâmetros das 36 toras. Por fim, 03 toras de cada classe foram seccionadas a cada 50,0 cm para a extração de 06 discos e um torete, os quais foram levados ao laboratório para as análises posteriores, como ilustrado na Figura 1.

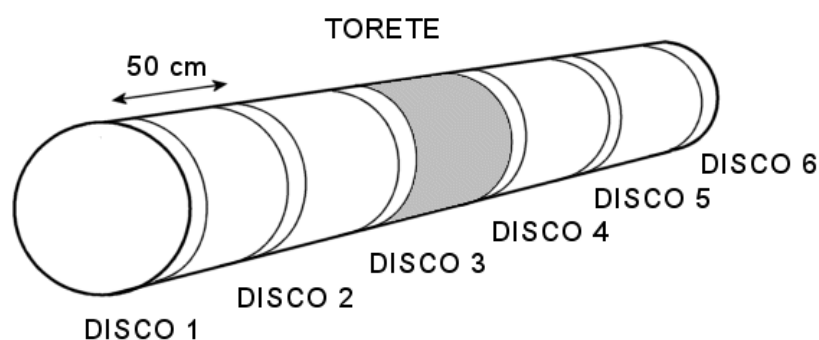


Figura 1. Posição da retirada dos discos e do torete central nas toras.

Os discos foram destinados à medição do mapeamento medula-casca da densidade e do teor de umidade das toras. Já os toretes foram processados para a obtenção dos diâmetros, e corpos de prova para determinação das propriedades mecânicas (resistência à flexão, cisalhamento e compressão).

Mapeamento radial da densidade

A densidade é a propriedade física da madeira de mais importante conhecimento, pois guarda correlações com diversas outras propriedades, como a permeabilidade e a resistência mecânica que, por sua vez, são características de grande importância para a madeira tratada.

Conhecer a densidade média do tronco é fundamental, entretanto, a variação dos valores desta propriedade no sentido medula-casca é também extremamente importante. O comportamento desta propriedade em diferentes pontos a partir da medula é um indicativo da proporção de madeira juvenil no tronco e pode indicar a existência de madeira permeável mesmo no cerne. Assim, a partir de discos retirados de várias posições ao longo do comprimento das toras, será realizado o mapeamento radial da densidade da madeira.

Para a determinação e mapeamento do teor de umidade e da densidade básica da madeira, foram produzidas amostras com dimensões nominais de 2,5 x 2,5 x 1 cm (comprimento, largura e espessura), desde a medula até as camadas mais externas do alburno de cada um dos 6 discos das 9 toras traçadas. A retirada das amostras dos discos é ilustrada na Figura 3.

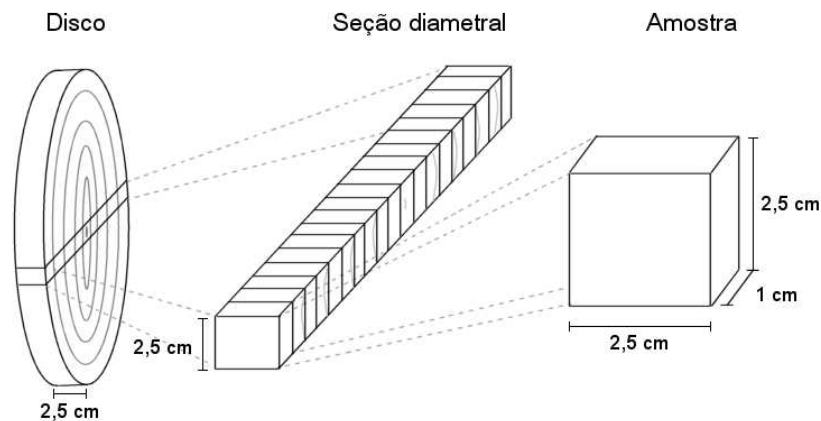


Figura 2. Retirada das amostras para determinação da densidade e teor de umidade.

O teor de umidade e a densidade da madeira foram calculados segundo as expressões:

$$U_{bs} = 100 \times \frac{P_v - P_s}{P_s}; \quad D_b = \frac{P_s}{V_v};$$

Em que:

U_{bs} = Teor de umidade da madeira verde em base seca (%);

D_b = Densidade básica (g/cm^3)

P_v = Peso da amostra verde (g);

P_s = Peso da amostra seca estufa ventilada a 105 °C (g);

V_v = Volume da amostra verde (g);

A densidade ponderada das árvores foi calculada utilizando a equação. Onde A_i é a área e ρ é a densidade de cada disco na porção i ; onde i corresponde a altura da árvore em metros. ($i=1, 2, 3, 4, 5, \dots, n$), no sentido base-topo.

$$\rho_{(\text{pond})} = \frac{A_1\rho_1 + A_2\rho_2 + A_3\rho_3 + \dots + A_n(\rho_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

Os toretes foram processados para a obtenção de corpos-de-prova para determinação das propriedades mecânicas (resistência à flexão, cisalhamento e compressão), segundo o esquema apresentado na Figura 3. Assim, os toretes foram desdobrados para extração de pranchas diametrais de 2,5 cm de espessura e largura igual ao seu diâmetro, as quais foram ainda serradas para obtenção de sarrafos contendo seção transversal de dimensões nominais 2,5 x 2,5 cm. Estes sarrafos foram conduzidos a uma plaina desgrossadeira para a padronização da seção transversal em 2,0 x 2,0 cm. Em seguida, os sarrafos foram serrados transversalmente para a confecção dos corpos-de-prova para os testes de flexão estática, compressão paralela e cisalhamento paralelo às fibras, segundo a Norma Brasileira MB 26/40 (ABNT, 1940). As dimensões reduzidas dos corpos-de-prova preconizadas por esta norma vieram ao encontro do objetivo de se descrever o comportamento das propriedades mecânicas desde a medula até a casca.

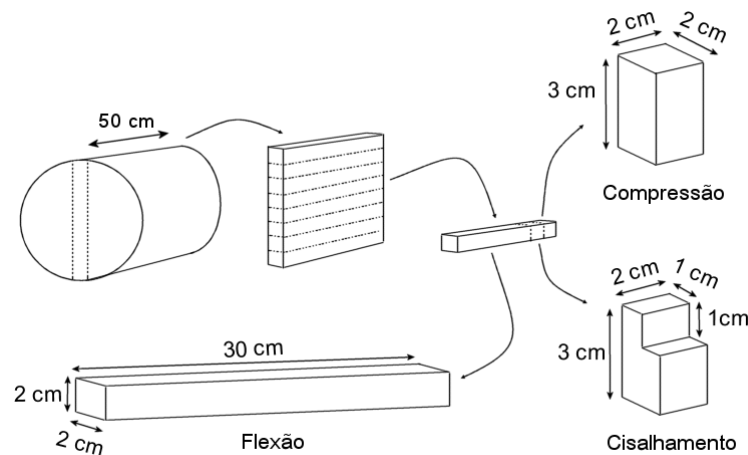


Figura 3. Obtenção dos corpos-de-prova para os ensaios mecânicos a partir dos toretes.

Uma vez obtidos os corpos-de-prova, estes foram conduzidos a uma máquina de ensaios universal com capacidade máxima de carga de 10.000 kgf. O ensaio de flexão estática foi do tipo biapoado com aplicação da carga no centro do vão de 26 cm, registrando-se as cargas e respectivas deformações durante todo o ensaio. Assim, foi possível se traçar os diagramas de tensão e deformação, como apresentado na Figura 4.

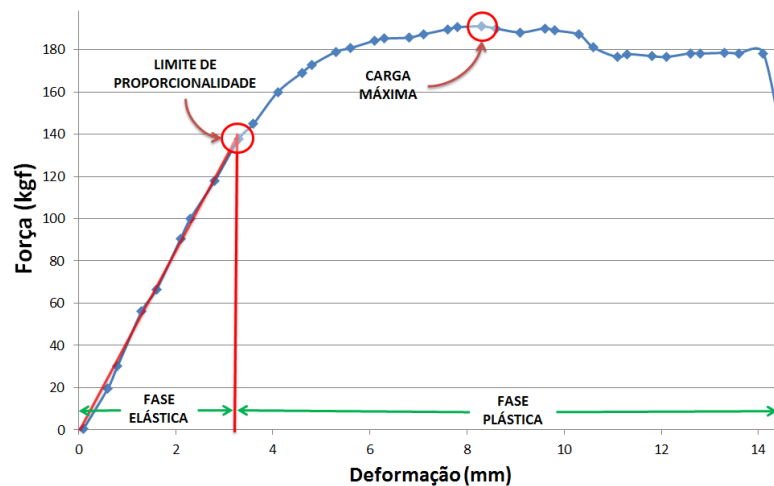


Figura 4. Diagrama Carga x Deformação típico de um ensaio de flexão estática da madeira, evidenciando as fases elástica e plástica e os pontos mais importantes.

Nos diagramas de carga x deformação foram identificados os pontos para a determinação do módulo de elasticidade, tensão no limite de proporcionalidade e módulo de ruptura, segundo as expressões:

$$MOE = \frac{P_E L^3}{4F_E b h^3}$$

$$TLP = \frac{3P_{LP} L}{2b h^2}$$

$$MOR = \frac{3P_R L}{2b h^2}$$

MOE: módulo de elasticidade (kgf/cm²)
P_E: carga qualquer dentro da fase elástica (kgf)
L: vão entre os apoios (cm)
F_E: flecha correspondente à carga *P_E* (cm)
b: largura da viga (cm)
h: altura da viga (cm)
TLP: tensão no limite de proporcionalidade (kgf/cm²)
P_{LP}: carga no limite de proporcionalidade (kgf)
MOR: módulo de ruptura (kgf/cm²)
P_R: carga no ponto de ruptura (kgf)

Note-se que a carga no ponto de ruptura foi considerada a carga máxima ocorrida no ensaio. Também foram calculadas as razões entre a tensão no limite de proporcionalidade e o módulo de ruptura.

Foram comparadas as médias das propriedades mecânicas agrupando-se por empresas, por meio do teste F (ANOVA) e do teste *t de Student*. Foram ainda avaliadas as correlações entre as propriedades. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o nível de significância $\alpha = 5\%$.

Foram criados Índices de Qualidade para cada propriedade com o objetivo de comparar com maior clareza as características das toras com a médias gerais das 5 empresas. Estes índices foram definidos como:

$$IQP = \frac{\bar{P}_i}{\bar{P}}$$

Em que:

IQP = índice de qualidade da propriedade P para a empresa i ;

\bar{P}_i = média da propriedade P para a empresa i ;

\bar{P} = média da propriedade P entre as 5 empresas.

Foi realizado também o cálculo de um índice que expressasse um valor geral para a qualidade, para cada empresa. Usando os valores médios do índice de cada propriedade mecânica mensurada.

Foi definido através da fórmula:

$$IQG = \frac{(IQmor + IQrescomp + IQrescis + IQmoe + IQtlp + IQdens)}{6}$$

Onde:

IQG = índice de qualidade geral

$IQmor$ = índice de qualidade do módulo de ruptura

$IQrescomp$ = índice de qualidade da resistência a compressão

$IQrescis$ = índice de qualidade da resistência ao cisalhamento

$IQmoe$ = índice de qualidade do módulo de ruptura

$IQtlp$ = índice de qualidade da tensão no limite de proporcionalidade

$IQdens$ = índice de qualidade da densidade

3. Resultados e discussão

A tabela 2 demonstra que as empresas apresentaram uma média geral para a densidade básica de 0,62 g/cm³, resultado este parecido ao encontrado por ALBINO E TOMAZELLO FILHO (1985), que obtiveram 0,60 g/cm³ em amostras de *eucalyptus* aos 07 anos, mas inferior ao encontrado por STURION et. al (1987) e OLIVEIRA et al. (1998), que constatarem 0,69 g/cm³. LOBÃO et. al. (2004), analisando um lote de *eucalyptus grandis* encontrou uma densidade média de 0,72 g/cm³.

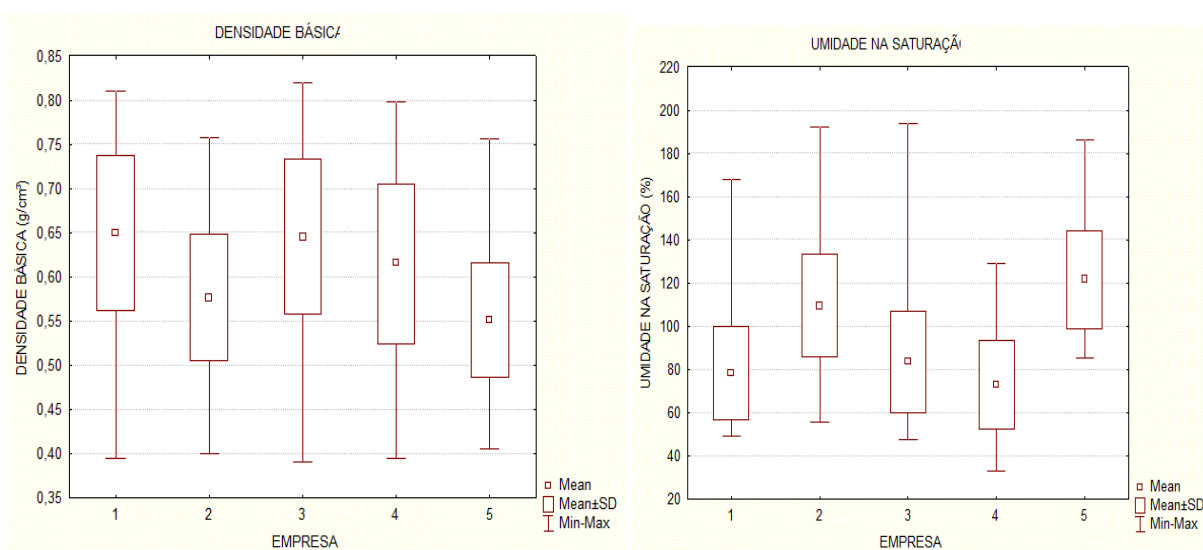
Os valor médio para a densidade constatado por BRUDER (2010), analisando plantios seminais de *eucalyptus grandis*, juntamente com clone de *urophyllaxgrandis*, aos 6,16 anos de idade, espaçamento 3x1,5m foi de 0,598 g/cm³, com os resultados entre materiais com uma variação muito parecida com a encontrada no presente trabalho.

Tabela 2 – Valores de número de amostras (N), médias, mínimos, máximos e desvio padrão para a densidade (DBAS), umidade na saturação (U_BS) e índice de qualidade da densidade (IQ_DENS). Para a mesma característica, médias marcadas com a mesma letra são iguais a 5% de significância pelo teste *t de student*.

Empresa		N	Média	Mínimo	Máximo	Std.Dev.
1	DBAS	373	0,65a	0,39	0,81	0,09
	U_BS	373	78,32cd	49,19	167,68	21,67
2	DBAS	155	0,58c	0,40	0,76	0,07
	U_BS	155	109,54b	55,41	192,00	23,93
3	DBAS	213	0,65a	0,39	0,82	0,09
	U_BS	213	83,39c	47,47	193,77	23,63
4	DBAS	226	0,61b	0,39	0,80	0,09
	U_BS	226	72,85d	32,78	129,08	20,36
5	DBAS	189	0,55d	0,41	0,76	0,06
	U_BS	186	121,47a	85,44	186,22	22,57
GERAL	DBAS	1156	0,62	0,39	0,82	0,09
	U_BS	1153	89,34	32,78	193,77	28,54

FOELKEL et al (1971) relata que a densidade básica é uma das mais práticas maneiras de se expressar a qualidade da madeira. O aumento da densidade básica pode estar relacionado à maior disponibilidade de nutrientes nas maiores áreas úteis, já que nelas a competição entre as árvores é menor, o que resulta em maior produção de fotoassimilados e contribui diretamente para o aumento dessa propriedade (ROCHA, 2011). GOULART (2003), estudando *eucalyptus grandis*, em diferentes espaçamentos, encontrou correlação negativa com o espaço vital. MULLER et al, (2014) e STURION et al (1988) não encontraram influência do espaçamento na densidade. Entretanto o comportamento da densidade pode sofrer influência de características da própria espécie e de fatores externos. (LATORRACA E ALBUQUERQUE, 2000).

Gráfico 1 – Médias, mínimos, máximos e desvio padrão para as propriedades, em cada empresa.



A tabela 3 quantifica os valores das correlações e comportamentos das amostras. Ambos elucidam que há correlação positiva a 5% de significância, no teste de Pearson efetuado entre a distância da medula e a densidade básica, com valor de 0,67. Quanto mais se distancia da medula maior é a densidade básica encontrada. Já a umidade na saturação teve correlação negativa mediana (-0,59) com a distância da medula, e se correlaciona também negativa e fortemente com a densidade básica, o que demonstra que quanto maior a densidade básica menor será a umidade na saturação.

Houve aumento dessa propriedade na direção medula-casca, com cada espécie apresentando um perfil de variação distinto. Assim como observado por OLIVEIRA (2005), Verificou-se uma tendência geral das espécies com a densidade básica da madeira de atingir valores mais baixos na região da medula, aumentando até próximo da região do alburno e seguindo-se, então, uma redução do seu valor.

Tabela 3 - Correlações de Pearson com base nas médias das características estudadas e a distancia da medula

	Dist.medula	DBAS	U BS
Dist medula	1,00		
Den. Básica	0,67*	1,00	
Um. Básica	-0,59*	-0,88*	1,00

Nota : Dist .medula: Distancia da medula; DBAS: densidade básica; U BS: umidade básica

Foi feita a ponderação da densidade básica e umidade na saturação. A tabela 4 evidencia que, Para a densidade os valores aumentaram em todas as empresas, a média geral, que foi de 0,62 g/cm³ aumentou para 0,64, já a umidade na saturação teve uma queda de 89,34% para 80,78%. Com a ponderação ambos os desvios apresentaram menor valor. Esse cálculo se faz necessário, uma vez que as amostras representam diferentes áreas dentro do perfil radial. Outros trabalhos utilizam cunhas para a determinação da densidade, como ROCHA,(2011), STURION ET AL (1988), entretanto isto dificulta a realização do mapeamento radial detalhado.

Tabela 4 – Valores por empresa para densidade básica ponderada , umidade na saturação ponderada e seus desvios. Médias iguais, segundo o teste t de student, recebem estão seguidas da mesma letra.

Empresa	Dens. básica ponderada	Des. Padrao	Umidade sat. pond.	Des. Padrão
1	0,683 a	0,036	69,17	5,744
2	0,587 c	0,043	104,513	14,722
3	0,678ab	0,025	75,003	6,065
4	0,652b	0,032	63,961	6,378
5	0,572c	0,034	110,329	13,772
Geral	0,643	0,057	80,783	21,024

Propriedades Mecânicas

A tabela 5 trás os valores obtidos nos ensaios mecânicos realizados em laboratório para as 5 empresas

Tabela 5 – Valores de número de amostras (N), médias, mínimos, máximos e desvio padrão para as característica estudadas, médias marcadas com a mesma letra são iguais a 5% de significância pelo *teste de student*.

Empresa		N	Média	Mínimo	Máximo	Desvio
1	Res. à compressão	33	533,3bc	238,07	709,4	114,82
	Módulo de ruptura	41	1088,4ab	522,47	1491	265,46
	Módulo de elasticidade	41	112400,0abc	52944,6	183535	36822,4
	TLP	41	767,5ab	325,85	1199,5	260,3
	TLP/MOR	41	69,3ab	47,7	97,6	11,54
	Resistencia ao cisalhamento	39	166,4a	109,93	215,2	23,37
2	Res. à compressão	19	604,7ab	446,73	837	97,99
	Módulo de ruptura	33	1126,3a	709,34	1514,6	206,79
	Módulo de elasticidade	33	123785,9ab	64447,4	196304	39423,7
	TLP	33	738,0ab	263,49	1225,6	209,69
	TLP/MOR	33	65,4ab	30,47	91,9	14,11
	Resistência ao cisalhamento	15	146,4ab	78,43	200,7	30,25
3	Res. à compressão	29	623,2a	404	795,5	117,17
	Módulo de ruptura	34	1210,5a	614,32	1653,6	282,1
	Módulo de elasticidade	34	129150,0a	68304,4	217713	41953,6
	TLP	34	782,0ab	382,36	1156,1	219,54
	TLP/MOR	34	64,8ab	46,76	100	12,07
	Resistência ao cisalhamento	19	169,0a	98,44	207,4	29,62
4	Res.à compressão	25	604,92ab	425,84	737,2	94,73
	Módulo de ruptura	26	1175,08a	489,55	1576,7	298,49
	Módulo de elasticidade	26	92848,45c	41824,7	152147	27796,3
	TLP	26	804,59a	367,42	1159,7	183
	TLP/MOR	26	69,87a	51,34	95,1	10,59
	Resistência ao cisalhamento	20	171,87a	116,24	216,2	27,28
5	Res. à compressão	17	480,01c	367,05	570,6	71,64
	Módulo de ruptura	15	970,11b	755,35	1270	161,6
	Módulo de elasticidade	15	92583,81bc	61795,3	132502	20135,2
	TLP	15	566,40b	364,33	799,7	136,14
	TLP/MOR	15	57,86b	45,96	72,2	6,91
	Resistência ao cisalhamento	17	136,24b	100,07	188,4	28,17
Geral	Res. À compressão	123	569,226	376,338	729,94	99,27

Módulo de ruptura	149	1114,078	618,206	1501,18	242,888
Módulo de elasticidade	149	91704,93	49583,49	146158	27685,91
TLP	149	731,698	340,69	1108,12	201,734
TLP/MOR	149	65,446	44,446	91,36	11,044
Resistência ao cisalhamento	110	157,982	100,622	205,58	27,738

,Nota: Resistência à compressão(RESCOMP), módulo de ruptura (MOR), módulo de elasticidade (MOE), (TLP), (TLP/MOR), resistência ao cisalhamento (rescis), e seus respectivos índices de qualidade.

O maior valor para resistência a compressão foi obtido pela empresa 3, 623,2 kgf/cm², seguida das empresas 2 e 4, com resultados de 604,7 kgf/cm² e 604,92 kgf/cm², respectivamente. Para o módulo de ruptura as empresas 2, 3 e 4 foram as de maior destaque, com médias iguais a 5% de significância no teste t de student. A empresa 3 também obteve os maiores resultados para o módulo de elasticidade, 129.150 kgf/cm², e, também, juntamente com as empresas 1 e 4, os maiores valores médios para resistência ao cisalhamento.

Ressalta-se que o MOE caracteriza a rigidez da madeira, a qual deve ser essencialmente considerada em produtos de uso estrutural, já que tem um impacto direto na deformabilidade dos mesmos. IVKOVIC et al., (2009). De acordo com BRAZ et al. (2013), o MOE é muito importante na caracterização tecnológica..

Avaliando um híbrido de *eucalyptus urophylla* e *grandis*, aos 70 meses GONÇALVES et. al. (2009), encontrou valores de 917,74 kgf/cm² para o módulo de ruptura, resultado 24% menor que o encontrado na empresa 3, que obteve média de 1.210,5 kgf/cm², e foi o valor mais alto entre os testes. Para o módulo de elasticidade, a empresa 3, que também se destacou, obteve valor 14% maior que o trabalho citado. Uma diferença positiva considerável. Já para a resistência a compressão, o trabalho citado obteve como média do melhor material 540,45 kgf/cm², sendo 13,27% mais baixo que o maior valor médio encontrado em nossos testes.

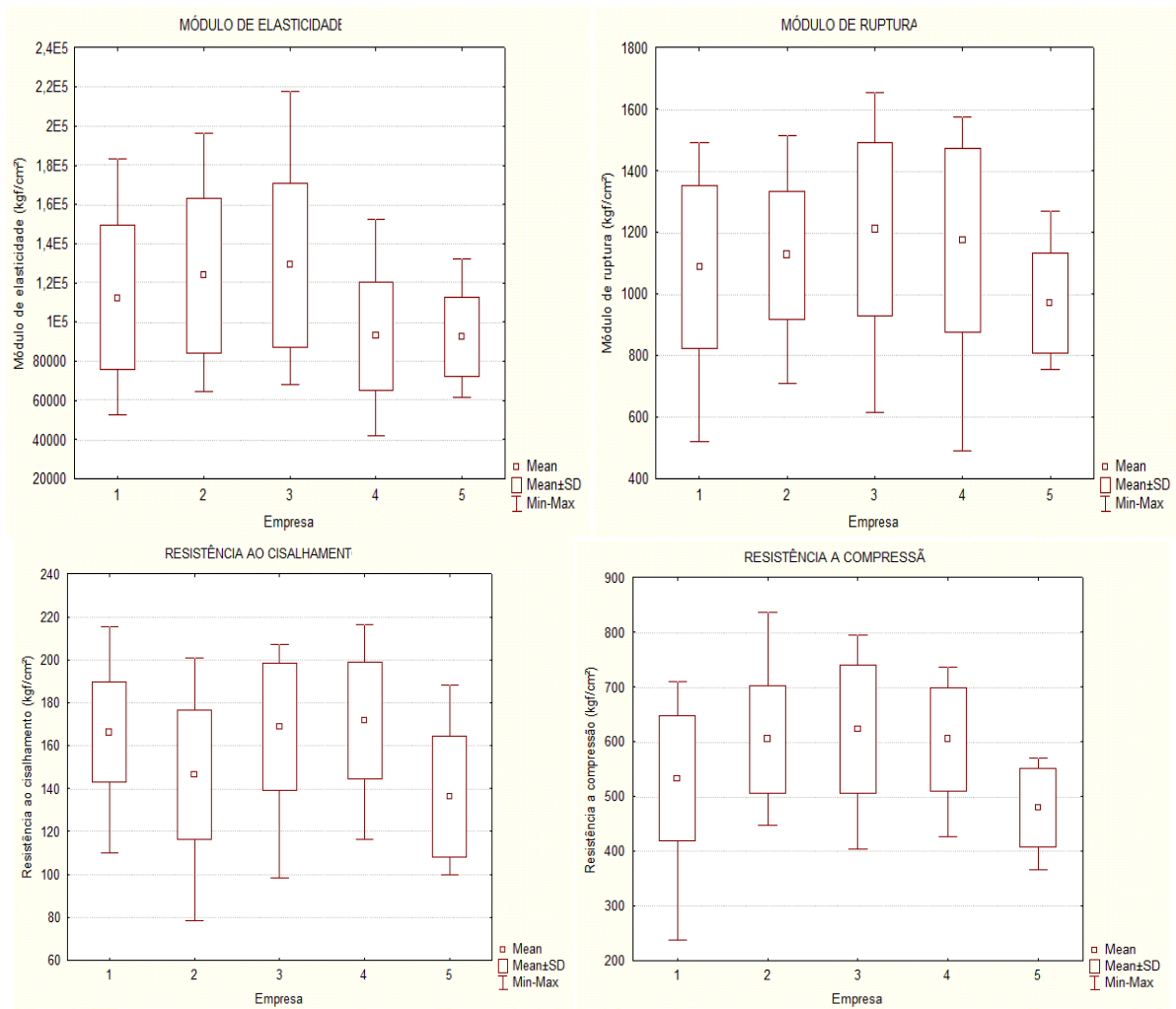
No trabalho de HASELEIN (2002), estudando as propriedades de *Eucalyptus saligna*, aos 10 anos de idade, foi obtido valor médio 94.500 kgf/cm² no módulo de elasticidade, que é 26,82 % menor do que o observado. Para o MOR, o valor encontrado no melhor material, no presente trabalho foi 39% acima do citado. Destaque para a diferença de densidade dos materiais, que afeta diretamente a resistência. No mesmo trabalho citado foi constatada uma densidade de 0,435 g/cm³, que é bem menor do que a encontrada em todas as empresas.

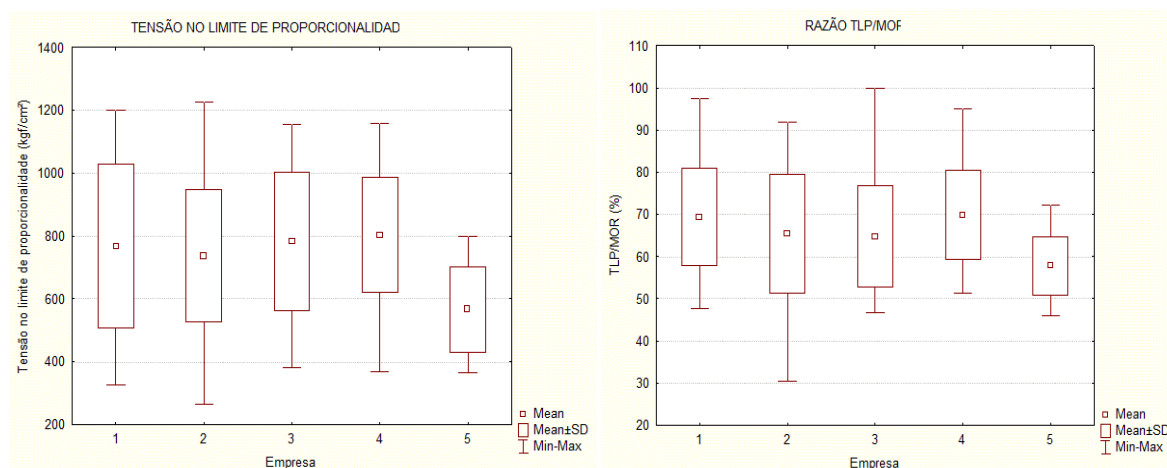
A tensão no limite de proporcionalidade, (TLP), teve a maior média na empresa 4, com valor de 804, 59 kgf/cm², valor este 42% maio que o encontrado por TRAMONTINA et. al.(2013) avaliando a madeira de *Ateleia glazioviana*, entre 13 e 15 anos de idade.

CANDATEN (2018) observou, analisando a madeira de *Inga marginata*, aos seis anos, uma TLP média de 396,8, valor 50,64% menor que o obtido neste trabalho pelo *cloeziana*, demonstrando sua aplicabilidade em situações estruturais.

O gráfico 3 exibe os resultados obtidos por cada material nas propriedades mensuradas..

Gráfico 3 – Box-plot dos resultado por empresa para as propriedades mecânicas. Médias, mímnicos, máximos e desvio padrão.





Já Sousa Júnior (2004), relata valores 35% e 5% superiores para a resistência à compressão e o MOE e, 12% e 7% inferiores para o MOR e resistência ao cisalhamento, respectivamente, aos aqui apresentados, ao estudar a madeira de *E. cloeziana* com 25 anos de idade. O mesmo autor, comparando as madeiras de cloeziana produzidas nos municípios de Turmalina e Paraopeba, concluiu que a localidade não interferiu em suas propriedades mecânicas. Este fato demonstra que nesta espécie há a predominância dos fatores genéticos sobre os ambientais no que diz respeito a estas propriedades.

De maneira geral, a madeira de *E. cloeziana* pode ser considerada possuidora de propriedades mecânicas de alto valor, comparável à espécies nativas de uso tradicional na construção civil como a peroba rosa.

Nota-se na Tabela 6 que todas as propriedades mecânicas estão positiva e significativamente correlacionadas à distância da medula. Ou seja, há uma tendência geral de elevação da rigidez e resistência da madeira nas camadas formadas em idades mais avançadas, o que também está relacionado ao aumento da densidade com o amadurecimento do lenho.

Tabela 6 - Matriz de correlação incluindo a posição em relação a medula e a densidade da madeira seca ao ar. Valores seguidos de * são significativos a 5% de significância pelo teste de regressão linear de Pearson.

	POSEMED	DENS_AR	RESCOMP	MOR	MOE	TLP	TLP/MOR	RESCIS
POSEME	1,00	0,42*	0,56*	0,45*	0,30*	0,42*	0,26	0,01
DENS_AR	0,42*	1,00	0,56*	0,60*	0,63*	0,64*	0,48*	0,36*
RESCOM	0,56*	0,56*	1,00	0,77*	0,61*	0,73*	0,40*	0,47*
MOR	0,45*	0,60*	0,77*	1,00	0,78*	0,91*	0,41*	0,34*
MOE	0,30*	0,63*	0,61*	0,78*	1,00	0,76*	0,41*	0,22
TLP	0,42*	0,64*	0,73*	0,91*	0,76*	1,00	0,74*	0,34*
TLP/MOR	0,26	0,48*	0,40*	0,41*	0,41*	0,74*	1,00	0,19
RESCIS	0,01	0,36*	0,47*	0,34*	0,22	0,34*	0,19	1,00

Nota: POSEMED=posição na medula; DENS_AR= densidade básica; RESCOM= resistência a compressão; MOR= modulo de ruptura; MOE= modulo de elasticidade; TLP= tensão no limite de proporcionalidade, RESCIS= resistência ao cisalhamento.

ABRUZZI et. al. (2012) testando postes novos de madeira de eucalipto encontrou forte correlação entre o módulo de elasticidade e a densidade, um valor de 0,74. Um número ainda mais elevado foi encontrado para o módulo de ruptura, uma alta correlação positiva de 0,94. O presente trabalho apresentou correlações significativas, positivas, medianamente elevadas para a densidade e MOR, valor de 0,60, e também MOE, 0,63.

A resistência ao cisalhamento, que, praticamente é a força de ligação das fibras da madeira entre as mesmas, Mede a força que esta suporta por centímetro quadrado no sentido longitudinal, fazendo uma pressão de cisalhamento entre as fibras, .teve a maior média nas empresas 3 e 4. Com valores de 169,0 kgf/cm² e 171,87 kgf/cm². Esta informação é importante para cálculos estruturais. Maiores resultados podem conferir maior resistência. E, segundo ZOBEL (1984) é uma condição fortemente genética.

A TLP se destacou na alta correlação com o MOR, 0,91, seguido do MOE, 0,76 . CANDATEN et al (2018) em seu teste apresentou comportamentos parecidos, com uma correlação entre TLP e MOR de 0,93, e, com MOE, de 0,84. Isso pode estar associado à relação existente entre esses parâmetros mecânicos da madeira, ou seja, valores elevados da TLP indicam maior valor de ruptura e elasticidade.A correlação entre MOR e MOE também foi consideravelmente alta, 078. A tabela 5 mostra que somente a empresa 4 apresentou resultados diferentes para as propriedades citadas. A empresa obteve bom resultado de resistência para MOR e TLP. E baixo valor, entre os demais materiais, para MOE Especialmente úteis para aplicações práticas são as correlações entre o módulo de elasticidade, que é uma propriedade que pode ser determinada sem se destruir a peça, e o seu módulo de ruptura ou sua tensão no limite de proporcionalidade.

Os índices foram calculados em cada propriedade, para cada material. Com esses valores obteve se como demonstrado na tabela 7, um número que expressa relativamente as empresas que possuem o melhor material nos testes executados.

Tabela 7 – Índice de qualidade geral (IQG), calculado, por empresa.

Empresa	IQG
1	0,988
2	1,018
3	1,053
4	1,002
5	0,835

O cálculo do índice de qualidade apontou um material de uma empresa, que se destaca. A empresa 3 obteve o melhor índice, seguida das empresas 2, 4 e 1. Para a empresa 5 foi constatado um índice inferior aos demais.

4. Conclusões

A densidade tem tendência crescente no sentido medula casca. E correlação negativa com a umidade básica

De maneira geral, as médias para as propriedades mecânicas da madeira de *E. cloeziana* colocam na no patamar de resistência e rigidez observadas em espécies de uso tradicional na construção civil.

Nota-se melhores índices nos espaçamentos menores, o que pode ser destaque para novos estudos.

Há um aumento significativo da resistência com elevação da densidade básica.

Há também um significativo incremento da resistência e da rigidez à medida que o ponto em análise se afasta da medula, o que indica que estas propriedades são afetadas pela idade da árvore.

As fortes correlações entre rigidez e resistência suscitam a possibilidade de se desenvolver sistemas de classificação mecânica de elementos estruturais com base na avaliação não destrutiva do módulo de elasticidade.

Perante os testes executados e no cômputo dos resultados a empresa 3 obteve o maior índice de qualidade geral, seguida das empresas 2 e 4.

5. Referências bibliográficas

ABRUZZI, R. C.; PIRES, M. R., DEDAVID, B. A.; KALIL, S. B. relação das propriedades mecânicas e densidade de postes de madeira de eucalipto com seu estado de deterioração.

Revista Árvore, Viçosa-MG, v.36, n.6, p.1173-1181, 2012.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7190: 1997 – Projeto de Estruturas de Madeira**. ABNT. Rio de Janeiro, 1997.

ABPM(a) - Associação Brasileira de Preservadores de Madeira. Boletim Eletrônico Quinzenal -XV- Número 646. Abril de 2015. <http://www.abpm.com.br/boletim/boletim-eletronico-quinzenal-xv-numero-646>

ALBINO, J.C.; TOMAZELLO FILHO, M. **Variação da densidade básica da madeira e produtividade de Eucalyptus spp.** Planaltina, EMBRAPA – CPAC, 1985, 43p.

(EMBRAPA-CPAC, Boletim de Pesquisa, n° 26).

- BORTOLETTO, J.G. Estudo de algumas propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus merkusii*. **Scientia Forestalis**, p.237-243, 2008.
- Braz, R. L. et al. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Toona ciliata* em diferentes idades. **Floresta**, v. 43, n. 4, p. 663-670, 2013. DOI: 10.5380/rf.v43i4.30559.
- BRUDER, E. M.; KATZ, I.; REZENDE, M.A. Avaliação da densidade média de árvores do povoamento de eucalyptus spp. de empresas do setor madeireiro do estado de São Paulo. **Tékhnē e Lógos**, Botucatu, SP, v.1, n.2, fev. 2010
- CANDATEN, L.; RODRIGUES, E.,F.; TREVISAN, R.; ELOY, E.; FONTOURA, M. G. Flexão estática e massa específica aparente da madeira de *Inga marginata* em diferentes condições de umidade. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 38, e201801671, p. 1-5, 2018.
- DOWNES, G.; BEADLE, C.; EVANS, R.; SCHIMLECK, L.R.; NAMBIAR, E.K.S. Effect of growth rate on wood properties of *Eucalyptus globules* and *Eucalyptus nitens*. **Silvotecnica conference eucalypt in Chile: present and future, 12**, Concepción, 1999. Proceedings . Concepción: CORMA / Forestal Mininco / Bosques Arauco / Forestal y Agrícola Monteáguila Universidade de Concepción, 1999. 15p
- SANTOS, P. E. T.; GERALDI, I. O.; GARCIA, J. N. Estimativas de parâmetros genéticos de propriedades físicas e mecânicas da madeira em *Eucalyptus grandis*. **SCIENTIA FORESTALIS**. Piracicaba. n. 63, p. 54-64, jun. 2003.
- ENGLERTH, G. H. Framework of qualitative relationship in wood utilization. Madison: **Forest Products Laboratory**; p. 16, 1966.
- EUCALIPTO**, a madeira do futuro. **Revista da Madeira**, setembro, 2001. 114p. (Edição especial).
- 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, A.L.; SEVERO, E.T.D.; CALONEGO, F.W. **Determinação das regiões dos lenhos juvenil e adulto pela mensuração do comprimento das fibras de *Havea brasiliensis***. [cited 2010 nov 6].
- FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos de determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, Piracicaba, n. 2-3, p. 65-74, 1971.
- FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook Wood as an engineering material**. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 508 p. 2010.

- FOREST PRODUCTS LABORATORY . FPL. **Wood handbook**: Wood as an engineering material. Washington: U.S.D.A, p. 466, 1987. (AgricultureHandbook, 72).
- FPL – Forest Products Laboratory.Properties and Use of Wood, Composites and Fiber Products.Properties of Juvenile Wood. **TECHLINE VI-7 Issued 09/98**. United States Department of Agriculture. Forest Service. Madison. 1998.
- GOMES, J. M.; BRANDI, R. M.; CÂNDIDO, J. F.; OLIVEIRA, L. M. Competição de espécies e procedências de eucalipto na região de Viçosa, Minas Gerais.**Revista Árvore**,p.72-88, 1977.
- GONÇALVES, F.G.; OLIVEIRA, J.T.S.; SILVA, DELLA LUCIA, R. M.; SARTORIO, R. C. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla X Eucalyptus grandis*. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.501-509, 2009.
- GONÇALVES, F.G.; OLIVEIRA, J.T.S.; SILVA, G.F.; NAPPO, M.E.; TOMAZELO FILHO, M. Parâmetros dendrométricos e correlações com propriedades tecnológicas em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.34, n.5, p. 947-959, Viçosa, 2010.
- GONZAGA, A. L. **Madeira**: uso e conservação. Brasília: IPHAN/MONUMENTA, 2006. (Cadernos técnicos, 6).
- HASELEIN, R,C.; BERGER, R.; GOULART, M.; STHAL, J.;TREVISAN, R.; SANTINI, E. J.; LOPES, M. de C. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 147-152, 2002.
- INMET** – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Brasília. 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>.
- Ivkovic, M. et al. Prediction of wood stiffness, strength, and shrinkage in juvenile wood of radiata pine. **Wood Science and Technology**, v. 43, n. 7, p. 237-257, 2009. DOI: 10.1007/s00226-009-0284-z.
- KOLLMANN, F. F. P. & CÔTÉ, W. A. Principles of wood science and technology: I. Solid Wood. New York: Springer Verlag, 1968. 592p.
- LOBÃO, M. S.; DELLA LUCIA, R. M.; MOREIRA, M. S. S.; GOMES, A.. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.889-894, 2004.
- OLIVEIRA, J. T. S.;FASSINA, V. B.; LOIOLA, P. L.; PAES, J.B.; **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2012.

- OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista da Árvore**, v.29, n.1, p.115-127, 2005.
- MULLER, B. V.; ROCHA, M. P.; CUNHA, A. B.; KLITZKE, R.J.; NICOLETTI, M. F. Avaliação das principais propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. *Floram: Floresta e Ambiente*, v.21, p. 535-542, 2014.
- PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4.ed. New York, McGraw-Hill, 1980.
- PAROLIN, P.; WORBES, M. Wood density of trees in black water floodplains of rioJaú national park, Amazonia, **Brazil.Acta Amazonica**, p. 441-448, 2000.
- PELTOLA, H.; GORT, J.; PULKKINEN, P.; ZUBIZARRETA GERENDIAIN A, KARPPINEN, J.; IKONEN, V. P. Differences in growth and wood density traits in Scots Pine (*Pinus sylvestris*L.) genetic entries grown at different spacing and sites. **Silva Fennica**, p. 339-354, 2009.
- TRAMONTINA, J; TOMASI, J.C.; TRES, J. CHECHI, L.; DENARDI, L. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade da espécie *Ateleia Glazioviana* baill. **Enciclopédia Biosfera**. 2013. 7p.
- REPOLA, J. Models for vertical wood density of Scots pine, Norway spruce and birch stems, and their application to determine average wood density. **Silva Fennica**, p. 673-685, 2006.
- ROCHA, M. F. V. Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* *Eucalyptus camaldulensis* para energia . 2011. 71b f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- SHIMOYAMA, V.R. Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* sp. 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.
- SHIMOYAMA, V.R.S.; BARRICHELLO, 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, 24.1991, São Paulo. **Anais.São Paulo, ABTCP**, p.178-183, 1991.
- SOUSA JÚNIOR, WP. Propriedades físicas, mecânicas e anatômicas das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus urophylla* oriundas dos municípios de Turmalina e Paraopeba (MG). Viçosa, UFV, 2004. (Dissertação de Mestrado)
- STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; ALBINO, J. C.; MORITA, M. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, MG. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 14, p. 28 - 38, 1987.

STURION, J. A., J. C.D., CHEMIN, M. Qualidade da Madeira de Eucalyptus viminalis para fins energéticos em função do espaçamento e idade de corte. Boletim de Pesquisa Florestal, Curitiba, n 16, p 55-59, 1988.

VALE, R. S. et al. Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril. **Revista Árvore**, v.26, n.3, p.285-297, 2002.

WANG, T.; AITKEN, N.; ROZENBERG, B.; MILLIE F. Selection for improved growth and wood density in Lodgepole pine: effects on radial patterns of wood variation. **Wood and Fiber Science**, p. 391-403, 2000.

ZOBEL, B.J.; JETT, J.B. Genetics of wood production. Springer. New York. 1995. 340 p.