

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* SÃO JOÃO EVANGELISTA
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Júlia Gomes Soares de Figueiredo

**AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO RADIAL DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA
DE *Eucalyptus cloeziana* EM LENHO DE TRAÇÃO E LENHO OPOSTO**

São João Evangelista

2023

JÚLIA GOMES SOARES DE FIGUEIREDO

**AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO RADIAL DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA
DE *Eucalyptus cloeziana* EM LENHO DE TRAÇÃO E LENHO OPOSTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso Bacharelado em
Engenharia Florestal do Instituto Federal
de Minas Gerais – *Campus* São João
Evangelista, para obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Florestal
Orientadora: Caroline Junqueira Sartori.

São João Evangelista

2023

F475a Figueiredo, Julia Gomes Soares de.

Avaliação da variação radial da densidade básica da madeira de *Eucalyptus cloeziana* em lenho de tração e lenho oposto / Julia Gomes Soares de Figueiredo – 2023.
25f.

Orientador: Caroline Junqueira Sartori.
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Engenharia Florestal) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2023.

1. *Eucalyptus cloeziana*. 2. Eucalipto. 3. Densidade básica. 4. Madeira. 5. Propriedades físicas. I. Figueiredo, Julia Gomes Soares de. II. Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* SJE. III. Título.

CDD 634.973766

Catálogo: Esther Soares Cunha - CRB-6/ MG-003372/P

Julia Gomes Soares de Figueiredo

**AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO RADIAL DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA
DE *Eucalyptus cloeziana* EM LENHO DE TRAÇÃO E LENHO OPOSTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Florestal pelo Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, como requisito parcial para obtenção do grau em Bacharel em Engenharia Florestal.

Aprovado em: 08/12/2023 pela banca examinadora:



Caroline Junqueira Sartori



Valéria Santos Cavalcante



Michele Lopes Medina

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, sem Ele nada seria possível. Aos meus pais Juninho e Valdirene, e minhas irmãs Nathália, Maria Paula e Isabela, por todo apoio e amor incondicional. A professora Carol Sartori, pela orientação e contribuição no desenvolvimento deste trabalho. Aos meus colegas de turma da Efl 161, em especial ao Luis Carlos, Carol Herculano, Collins, Angélica, Antoniele, Pablo e Ladaia. A minha grande amiga Bruninha, que sempre esteve ao meu lado me ajudando e motivando. Por fim, ao IFMG – *Campus* São João Evangelista pela oportunidade e por todo conhecimento e vivência adquiridos durante essa jornada.

RESUMO

Dentre as muitas espécies de árvores cultivadas para fins industriais, o eucalipto é reconhecido por seu curto ciclo de produção, e características que permitem uma versatilidade de aplicações. O Brasil se destaca neste contexto, em que apresenta uma extensa área plantada, sendo o estado de Minas Gerais, um dos principais estados produtores de eucalipto no país. A densidade básica é uma propriedade física importante na caracterização da madeira, em que esta propriedade pode ser influenciada pela posição da amostra na árvore, bem como por condições ambientais. Diante disso, este trabalho tem como objetivo determinar a densidade básica da madeira de *Eucalyptus cloeziana* em diferentes posições radiais, de modo a verificar a influência da idade, bem como em lenhos de tração e oposto. Para a execução do trabalho foram abatidos três indivíduos de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. com cerca de 10 anos em terreno declivoso no município de São João Evangelista, Minas Gerais. Destes, foram retirados discos de aproximadamente 4 cm de espessura em diferentes posições longitudinais (0%, DAP, 25%, 50%, 75%). Os discos foram demarcados na posição superior do terreno declivoso (lenho de tração) e inferior à inclinação do tronco (lenho oposto), e subdivididos em 4 porções radiais. Os valores verificados de densidade básica, nas diferentes posições radiais para o lenho de tração e lenho oposto, nas diferentes posições longitudinais foram submetidos à análise estatística descritiva por meio de BoxPlot e aos testes de Kruskal-Wallis e de Mann-Whitney com correção de Bonferroni, ambos ao nível de significância de 5% de probabilidade. Os resultados revelaram que não foram verificadas diferenças significativas para a densidade básica em função dos lenhos oposto e de tração, sendo que a variação da densidade básica no sentido radial apresentou comportamento quadrático, com aumento na direção radial.

Palavras-Chave: *Eucalyptus cloeziana*. Eucalipto. Densidade básica. Madeira. Propriedades físicas.

ABSTRACT

Among the many tree species cultivated for industrial purposes, eucalyptus is recognized for its short production cycle and characteristics that allow for versatile applications. Brazil stands out in this context, in which it presents an extensive planted area, with the state of Minas Gerais being one of the main eucalyptus producing states in the country. Basic density is an important physical property in the characterization of wood, where this property can be influenced by the position of the sample in the tree, as well as by environmental conditions. Therefore, this work has as an objective, to determine the basic density of *Eucalyptus cloeziana* wood in different radial positions, in order to verify the influence of age, as well as tension wood and opposite. For the execution of the work, three individuals of *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. with approximately 10 years in steep terrain, in the municipality of São João Evangelista in the state of Minas Gerais, were slaughtered. From these, discs of approximately 4cm thick, were removed in different longitudinal positions (0%, DAP, 25%, 50%, 75%). The discs were demarcated in the upper position of the sloping terrain (tension wood) and lower than the slope of the trunk (opposite wood), and subdivided into 4 radial portions. The measured values of basic density, in different radial positions for tension and opposite wood at different longitudinal positions, underwent descriptive statistical analysis using BoxPlot and Kruskal-Wallis tests, and Mann-Whitney test with Bonferroni correction, both at a significance level of 5% probability. The results revealed that no significant differences were found in basic density based on tension and opposite wood, with basic density variation in the radial direction showing a quadratic behavior, with an increase in the radial direction.

Keywords: *Eucalyptus cloeziana*. Eucalyptus. Basic density. Wood. Physical Properties.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 <i>Eucalyptus cloeziana</i>	9
2.2 Densidade básica	10
2.3 Métodos de amostragem e determinação da densidade básica	12
2.4 Variação da densidade no sentido radial	12
2.5 Madeira de reação	13
3 METODOLOGIA	14
3.1 Obtenção das amostras	14
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	15
6 CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal é bastante diversificado e são inúmeras as espécies utilizadas para a obtenção dos mais variados bens e serviços que a humanidade demanda. Em escala comercial, o gênero *Eucalyptus* é o segundo mais plantado no mundo, ocupando 26% do total de 277,8 milhões de hectares (PAYN *et al.* 2015), e o mais plantado no Brasil.

Dentre as inúmeras espécies exóticas já introduzidas no Brasil, o gênero *Eucalyptus* é o que apresenta o maior número de vantagens e possibilidades de utilização. Isso devido à sua elevada plasticidade e rápido crescimento. Considerando a grande versatilidade do gênero, os reflorestamentos de *Eucalyptus* são encontrados por todo território brasileiro.

Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (2022) a produtividade do eucalipto atingiu seu maior nível desde 2014, chegando a 38,9 m³/ha/ano em 2021. De acordo com um levantamento feito pela mesma, em parceria com associações estaduais de empresas de base florestal, Minas Gerais é o estado com mais extensa área com florestas plantadas do Brasil. No total são 2,3 milhões de hectares, o que representa 24% de toda a base florestal do país.

O *Eucalyptus cloeziana* vem garantindo lugar de destaque no mercado de madeira tratada, isso devido sua ótima resistência e uniformidade. A madeira apresenta características similares às madeiras de lei, sendo uma espécie que apresenta cerne denso e abundante, madeira que pode durar décadas.

As propriedades físicas e mecânicas da madeira se destacam quando se trata da relevância das características das árvores. A qualidade se refere à combinação de características físicas, mecânicas, químicas e anatômicas da árvore, as quais possibilitam a melhor utilização da madeira para um uso específico (GONÇALEZ *et al.*, 2006). De acordo com Rodrigues (2002) a qualificação da madeira, considera todos os fatores que possam alterar as características do material, como o comportamento físico-mecânico, que se sabe variável entre espécies e até mesmo entre madeiras dentre as propriedades da madeira, a densidade é um importante índice de qualidade, visto a sua fácil determinação e sua forte correlação com outras propriedades físicas e mecânicas.

Diversos fatores como o clima, solo, altitude, declividade, vento, espaçamento, entre outros, irão influenciar na taxa de crescimento e desenvolvimento de uma floresta de Eucalipto. Por consequência, de forma direta ou indireta estes fatores afetam as características da madeira em formação. Logo, estudar as propriedades do lenho proveniente dos fustes inclinados é fundamental para se ter conhecimento sobre a qualidade da madeira que será utilizada no processo produtivo (BOSCHETTI, 2014). Áreas declivosas, vento ou algum outro

fator adicional provoca a inclinação de árvores, o que leva ao desenvolvimento do lenho de tração/reação nas folhosas (COUTO *et al.*, 2011).

Tendo em vista o exposto, é imprescindível a realização de estudos que avaliem as características da madeira, para que estes possam auxiliar na melhor destinação final para a mesma. Ademais, pesquisas relacionadas à variação radial da densidade da madeira do *Eucalyptus cloeziana* são de grande importância para determinar sua qualidade, compreender sobre o crescimento e desenvolvimento da mesma, orientar o manejo florestal correto e contribuir para programas de melhoramento genético. Esses estudos fornecem informações valiosas para a melhor forma de utilização da madeira, aprimorando sua aplicação em diferentes setores e promovendo o desenvolvimento sustentável da indústria florestal. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi determinar a densidade básica da madeira de *Eucalyptus cloeziana* em diferentes posições radiais, de modo a verificar a influência da idade nesta propriedade, bem como em lenhos de tração e lenho oposto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Eucalyptus cloeziana*

Segundo Boscardin (2009), o gênero *Eucalyptus* é nativo da Austrália e pertence à família Myrtaceae, da classe das angiospermas dicotiledôneas. O gênero foi descrito pela primeira vez pelo pesquisador botânico francês Charles Louis L'Héritier de Brutelle, em 1788. Este abrange mais de 700 espécies, além de muitas variedades e alguns híbridos.

No início do século XIX, o gênero foi introduzido no Brasil, sendo que as primeiras árvores foram plantadas no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, com intuito de ornamentação ou de quebra-vento. Logo após, Edmundo Navarro de Andrade, da então Companhia Paulista de Estradas de Ferro, utilizou espécies do gênero para a produção de lenha para as locomotivas (FOELKEL, 2005). A partir disso, começaram a realizar diversos estudos comparando as espécies de eucalipto e as nativas, ressaltando as vantagens dos eucaliptos em relação ao crescimento, adaptação ao clima e aplicabilidade da madeira (ALFENAS *et al.*, 2009) fazendo com que atualmente, seja o gênero mais plantado no Brasil.

O Brasil é o maior produtor mundial de madeira de eucalipto, possuindo 7,53 milhões de hectares plantados em 2021 (IBÁ, 2022), distribuídos nas mais variadas condições de clima e solo do país. Os investimentos na cultura do eucalipto no Brasil, tiveram início a partir da década de 60 quando o governo concedeu incentivos fiscais obtendo assim sucesso

nos plantios comerciais, transformando o país em destaque na sua produtividade de eucalipto com alta competitividade no setor florestal (DRUMOND *et al.*, 2016; IBÁ, 2016).

O eucalipto representa 78% das árvores plantadas no país, seguido pelo pinus, com 18% em 2020. Houve um aumento de 22,7% no consumo desse tipo de madeira no intervalo de 2013 - 2021. Esta alta deveu-se ao consumo de eucalipto, que aumentou 25,8% no mesmo período (IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2022).

A espécie *Eucalyptus cloeziana* tem como área de ocorrência natural o Estado de Queensland, Austrália, em latitudes entre 16°S e 27°S (BOLAND *et al.*, 2006). De acordo com Clarke *et al.* (2009), o *E. cloeziana* é uma árvore perene, ou seja, têm um ciclo de vida longo, e apresenta grande porte podendo atingir até 55 m de altura e 1,5 m de diâmetro. A cor de sua madeira é composta, predominantemente, por pigmento amarelo e também vermelho, o que resulta na cor “cinza oliva”. (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001; GONÇALEZ *et al.*, 2006). Treueman *et al.*, (2013) afirmam que o *E. cloeziana* se destaca por ser uma espécie adaptada às regiões tropicais e subtropicais.

A razão pelo grande interesse econômico do *E. cloeziana* pelo setor florestal deve-se, principalmente, pelas características tecnológicas da sua madeira, durabilidade, alta densidade e excelente qualidade para serrarias, uso na construção civil e produção de carvão (ALMEIDA *et al.*, 2007).

Cademartori *et al.* (2013) ressaltam que a madeira de *E. cloeziana* não apresenta restrição a tratamentos térmicos com ar aquecido em estufas. Sua madeira é especialmente adequada aos processos de tratamento preservativo para geração de produtos como: cruzetas, decks, dormentes, mourões, porteiras, playgrounds, pontes e postes (BOLAND *et al.*, 2006; BORGES, 2008; GOLFARI *et al.*, 1978; VIVIAN, 2011).

Em relação a utilização da madeira, a espécie atende às exigências da construção civil (GOLFARI *et al.*, 1978; BOLAND *et al.*, 2006). Isso porque, seu fuste apresenta forma retilínea, a sua madeira é muito utilizada em telhados com estrutura à vista, devido à beleza da madeira. É também utilizada na produção de caibros, vigas e tesouras. A possibilidade de produção de peças de madeira com menor diâmetro viabiliza o uso da madeira proveniente de desbastes seletivos e, em alguns casos, da condução de brotações (REIS *et al.*, 2017, p.15).

2.2 Densidade básica

A densidade é uma das propriedades mais relevantes para a caracterização da madeira, visto que ela se correlaciona diretamente com as outras propriedades físicas e

mecânicas. Considerando que as plantas possuem uma carga genética individual, cada espécie possui um valor próprio (SOUZA JUNIOR, 2004).

A caracterização da madeira se relaciona de forma importante com as suas propriedades físicas, especialmente, dentre as quais a densidade se destaca como um diferencial entre cada espécie ou gênero (IPT, 1956). A definição de densidade se baseia na espessura da parede celular, além da composição dos tipos de células e suas dimensões (PANSWIN e ZEEUW, 1980). Dessa forma, torna-se relevante o conhecimento da densidade a fim de direcionar informações sobre as características anatômicas e a composição química da madeira (MOREIRA, 1999).

A densidade básica da madeira é dada pela razão entre a sua massa seca e o volume saturado. Ou ainda, o volume saturado pode ser substituído pelo método do máximo teor de umidade da madeira (FOELKEL *et al.*, 1971). Assim, a análise de densidade básica é considerada extremamente simples e imprescindível para a caracterização da madeira. Dessa forma, com a densidade básica é possível responder sobre a homogeneidade da madeira, já que quanto maior a densidade, maior deverá ser a espessura da parede celular das fibras; e para um valor baixo de densidade básica, o resultado é de um maior número de vasos em relação às fibras (OLIVEIRA; SILVA, 2003).

O eucalipto é uma árvore de grande apreço comercial e, por consequência, recebe considerável atenção dos estudiosos. Assim, a espécie *Eucalyptus cloeziana* é classificada por Melo *et al.* (1990) como densidade básica média, a qual é encontrada em torno de $0,68 \text{ g/cm}^3$ (PEREIRA *et al.*, 2000). Isso é considerado ideal perante os requisitos da indústria de madeira aplicada ao mercado mobiliário.

Um estudo realizado por Oliveira, Hellmeister e Tomazello Filho (2005) mostra que a densidade básica do eucalipto está diretamente relacionada com a sua idade. A exemplo, tem-se uma árvore de 22 anos com $0,64 \text{ g/cm}^3$ de densidade básica, contrastada com uma média de $0,60 \text{ g/cm}^3$ para árvores de 16 anos. Outra realidade é exemplificada por duas árvores de 10 anos, *E. pilularis* e *E. grandis*, que apresentaram $0,50$ e $0,40 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. Assim, confirma-se uma variabilidade da densidade básica da madeira entre as espécies de eucalipto.

Ter conhecimento sobre a variação da densidade básica do lenho de reação é muito importante, visto que é uma propriedade física de fácil determinação e que apresenta relevante correlação com outras propriedades da madeira (Panshin e De Zeeuw, 1980).

Existem algumas divergências na literatura quanto ao estudo da densidade básica em relação à madeira de reação. Alguns trabalhos com espécies do gênero *Eucalyptus* demonstram que esta é maior em madeira de tração do que na normal (WARDROP e

DADSWELL, 1949; SOUSA, 2004). Já em estudos de Ferreira (2007), Monteiro *et al.* (2010) e Boschetti *et al.* (2017), a densidade básica do lenho de tração de *Eucalyptus* foi semelhante ao lenho normal, não constatando assim diferença significativa entre esses lenhos.

2.3 Métodos de amostragem e determinação da densidade básica

Existem dois tipos de métodos que podem ser utilizados para a obtenção de amostras que serão utilizadas para a determinação da densidade básica da madeira, estes estão divididos em métodos destrutivos e métodos não destrutivos. No método destrutivo, é indispensável o abate das árvores. Já no método não destrutivo ou semidestrutivo, são necessárias apenas pequenas inserções e, ou, pequenas quantidades de amostras que são retiradas da árvore sem precisar realizar o abate das mesmas, dos quais se pode citar o Pilodyn, Resistógrafo, Espectroscopia no Infravermelho Próximo – NIRS, etc. (HEIN *et al.*, 2009; THIERSCH *et al.*, 2006).

Para a determinação da densidade da madeira, a identificação dos valores de massa pode ser realizada basicamente por uma balança, embora, a determinação do volume seja mais difícil e as diferenças entre as diversas técnicas de determinação da densidade são, geralmente, oriundas das diversas maneiras de se estimar o volume. Os métodos mais utilizados na determinação da densidade da madeira são: Método de Imersão ou Balança Hidrostática, Máximo Teor de Umidade, Método de Medição Direta do Volume e Método da Flutuação (VITAL, 1984).

O Método de Imersão é o mais utilizado e baseia-se no princípio expresso por Arquimedes, em que a perda aparente de peso de um corpo imerso em líquido é igual ao peso do líquido que será deslocado. Este método é considerado um dos mais precisos e pode ser usado para amostras com formato irregular, sendo o volume determinado pela variação de peso do líquido, em virtude da imersão da amostra de madeira (VITAL, 1984).

2.4 Variação da densidade no sentido radial

A análise da variação radial e a determinação das variações de densidade da madeira são de extrema importância, pois estão diretamente relacionadas à propriedade anisotrópica da mesma, que pode resultar em defeitos durante o processo de secagem e afetar a qualidade geral da madeira (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Pesquisadores como Oliveira, Hellmeister e Tomazello Filho (2005) realizaram pesquisas com o objetivo de analisar a umidade e densidade básica em espécies de *Eucalyptus*. Esses estudos revelaram que a madeira mais homogênea, ou seja, aquela com menor variação de densidade ao longo da direção radial e longitudinal, tende a ter um desempenho melhor durante as operações de processamento e exibir propriedades tecnológicas mais uniformes. Essa pesquisa também foi importante para determinar a amplitude de variação das espécies estudadas, o que têm relevância para determinação do destino final da matéria-prima.

A variação radial da densidade tem sido amplamente estudada por pesquisadores como Vale *et al.* (2002), Gonçalves *et al.* (2010), Oliveira, Tomazello Filho e Fiedler (2010), que utilizaram o método de imersão com balança hidrostática para caracterizar o perfil de densidade.

A variação da densidade no sentido radial pode ser considerada a mais importante. A extensão desta variação é, principalmente, determinada a partir da presença da madeira juvenil, sua proporção no tronco, suas características físico-químicas e anatômicas. As variações que acontecem durante o período juvenil estão relacionadas especialmente com as dimensões celulares, a organização da parede celular e as características físico-químicas da madeira (MALAN, 1995).

A variação da densidade básica no sentido medula-casca geralmente acontece de forma crescente, o que significa que ela aumenta gradativamente do cerne para o alburno (FOELKEL *et al.* 1983). As variações de densidade ao longo do tronco são menos consistentes do que aquelas na direção radial. A proporção de madeira juvenil na direção longitudinal do caule tende a aumentar. A diminuição da densidade é uma consequência imediata observada em várias espécies devido à presença de madeira juvenil.

A homogeneidade da densidade da madeira pode ser um fator de qualidade, variações de densidades são geralmente indesejáveis, do ponto de vista de qualidade. A média da densidade dos discos nas posições de coleta não representa a real condição da amostra coletada, mascaram a variabilidade da densidade no sentido radial (MORESCHI, 2012).

2.5 Madeira de reação

A madeira de reação é um tecido que se forma como resultado de efeitos genotípicos e estímulos mecânicos. Ela também pode ser influenciada pela ação da gravidade, como em situações em que as árvores estão inclinadas. Essa formação ocorre devido a alterações no

estado fisiológico do câmbio, possivelmente devido a diferentes concentrações de substâncias de crescimento (SOUZA, 2004).

O lenho de reação que acontece nas folhosas é denominado lenho de tração. Este forma-se ao longo do lado superior da inclinação de caules e ramos e causa reorientação gradual por contração longitudinal. O lenho de tração é caracterizado pelo alto conteúdo de celulose e baixo conteúdo de lignina, se comparado com o lenho normal. As fibras deste lenho possuem uma espessa camada gelatinosa na parte interna da parede celular secundária (BAILLÉRES *et al.*, 1997).

Existem diferenças consideráveis entre as madeiras de tração e a madeira normal, sendo que o nível de diferença pode variar dependendo do gênero. É importante ressaltar que a madeira de tração é muito comum no gênero *Eucalyptus*.

Do ponto de vista macroscópico, a madeira de tração apresenta uma aparência mais clara e brilhante, embora essa característica só seja perceptível em madeira recém-cortada; em madeira seca, é possível identificá-la apenas por meio de microscopia. Um dos aspectos mais distintivos é o surgimento de uma superfície lanosa em tábuas de madeira serrada recentemente extraída de árvores de folhosas (BADIA *et al.*, 2005; GROSSER, 1980).

A aparência áspera observada em tábuas serradas de madeiras de folhosas recém-derrubadas está relacionada à presença do lenho de tração, o que torna o processo de desdobro, secagem e etapas posteriores de acabamento, como o aplainamento, mais desafiadores. Tarmian *et al.* (2009) destacaram que defeitos como rachaduras e deformações são comuns durante a secagem da madeira de reação, ou seja, são consideradas defeito na madeira.

3 METODOLOGIA

3.1 Obtenção das amostras

Para a obtenção das amostras foram abatidas três árvores de *Eucalyptus cloeziana*, com cerca de 10 anos, localizadas em terreno declivoso (30°), no *campus* do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista (IFMG – SJE). Considera-se que o clima da região é do tipo Cwa de acordo com o sistema internacional de Koppen (KOPPEN, 1936) com verão chuvoso e inverno seco.

No momento da coleta das amostras, foram retirados discos na base, a 1,30 m do solo (DAP), a 25, 50 e 75% com relação à altura comercial (foi considerada a altura comercial com cinco centímetros de diâmetro), sendo que, nestes discos foram identificadas a fração de

lenho de tração (parte superior do morro) e a fração de lenho oposto (parte inferior do morro). Os discos nas diferentes posições longitudinais foram encaminhados ao laboratório de Ciência e Tecnologia da madeira do IFMG – SJE, onde foram determinados os diâmetros médios e a verificação de deslocamento da medula.

Os discos foram encaminhados para a marcenaria, onde foram retiradas as frações radiais em ambos os lenhos. Destas frações, com o auxílio de um formão, foram separadas em quatro porções na direção radial, sendo uma interna próximo à medula (P1), duas intermediárias (P2 e P3) e uma externa próximo ao câmbio vascular (P4), estes procedimentos foram feitos tanto para a madeira de tração quanto para o lenho oposto, em todas as posições longitudinais.

As amostras dos diferentes lenhos e posições foram encaminhadas para estufa com circulação de ar forçada a 103 °C até a obtenção de massa constante, em que foram determinadas com emprego de balança de precisão as massas secas das amostras (M_s).

Posteriormente, as amostras ficaram imersas em água no interior de um recipiente do tipo dessecador, com aplicação de vácuo para que ocorresse a saturação das mesmas por água, para a determinação do volume saturado (V_{sat}) pelo método de imersão e deslocamento de água. A densidade básica foi calculada pela seguinte equação:

$$Db = \frac{M_s}{V_{sat}} \quad Eq.: 1$$

Em que:

Db = densidade básica, em g/cm^3

M_s = Massa seca, em gramas

V_{sat} = Volume saturado, em cm^3

Os valores verificados de densidade básica, nas diferentes posições radiais para o lenho de tração e lenho oposto, nas diferentes posições longitudinais foram submetidos à análise estatística descritiva por meio de BoxPlot e aos testes de Kruskal-Wallis e de Mann-Whitney com correção de Bonferroni, ambos ao nível de significância de 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram efetuadas com auxílio do *software* R (R CORE TEAM, 2023).

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os dados de densidade básica em função da posição radial dos lenhos de tração e oposto para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios de densidade básica da madeira *Eucalyptus cloeziana* em função das posições radiais e longitudinais, em lenhos oposto e de tração.

Região	Posição	Posição em relação à altura comercial				
		0%	DAP	25%	50%	75%
Tração	P4	0,78 abc	0,74 bc	0,76 ab	0,73 a	0,72 a
	P3	0,82 a	0,81 a	0,83 a	0,85 a	0,74 a
	P2	0,77 abcd	0,78 ab	0,75 ab	0,81 a	0,78 a
	P1	0,62 cd	0,65 de	0,67 ab	0,75 a	0,77 a
Oposto	P1	0,61 d	0,62 e	0,64 b	0,71 a	0,79 a
	P2	0,75 bcd	0,70 cde	0,74 ab	0,79 a	0,84 a
	P3	0,80 ab	0,78 ab	0,84 a	0,81 a	0,81 a
	P4	0,76 abcd	0,74 bcd	0,76 ab	0,76 a	0,77 a

Não foram verificadas diferenças significativas para a densidade básica em função dos lenhos oposto e de tração. As diferenças foram verificadas somente em função da posição radial, exceto nas posições longitudinais de 50% e 75% em relação à altura comercial da madeira de *Eucalyptus cloeziana*.

Foram observadas diferenças estatísticas significativas para as posições da base, no DAP e na posição 25%, os quais mostraram uma tendência de aumento da densidade básica conforme a posição radial se distanciou da medula, ou seja, conforme aumento da idade cambial (Figura 1). Acredita-se que a madeira formada nas posições 1 e 2, mais internas, próximas à medula, correspondem a madeira juvenil, e as posições 3 e 4 correspondem a transição para madeira adulta, visto que nas posições de base e 25% em ambos os lenhos, e no lenho oposto na posição do DAP as densidades são maiores mais próximo às cascas e não diferem entre si.

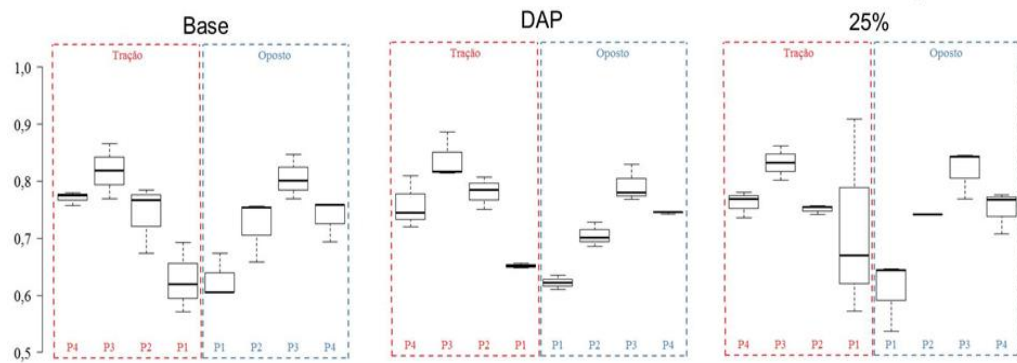


Figura 1- Variação radial da densidade básica na base, no DAP e a 25% da altura do comercial.

No geral, nas posições de base, DAP, 25% e 50% o comportamento verificado da densidade básica da madeira de *Eucalyptus cloeziana* foi de aumento até a posição 3, e redução para a posição 4, porém a posição 3 e 4 não diferem entre si (exceto para o lenho de tração no DAP), em nestas posições longitudinais as densidades básicas próximas à medula são menores que os valores de densidade básica encontrados mais próximas às cascas. Nas posições de 50 e 75% não verificou diferença estatística significativa em função da posição radial (Figura 2). Já na posição de 75%, a redução da densidade já foi verificada desde a posição 2 para 3 e de 3 para a posição 4, em ambos os lenhos.

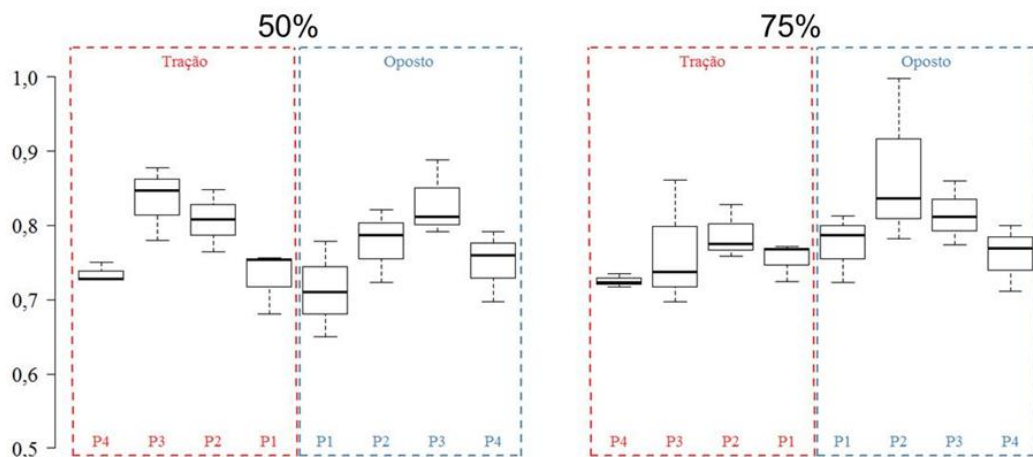


Figura 2 - Variação radial da densidade básica 50 e 75% da altura do comercial.

Observou-se um comportamento quadrático da densidade básica na direção medula-casca para a madeira de *Eucalyptus cloeziana*, comportamento característico onde a madeira juvenil se encontra mais internamente e a madeira ou lenho adulto, se encontra na região exterior. Este comportamento de aumento da densidade básica no sentido medula casca é descrito na literatura por diversos autores (PANSHIN e de ZEEUW, 1980; TOMAZELLO FILHO, 1985; CRUZ *et al.*, 2003; FERREIRA, 2007). Os gráficos apresentados acima

permitem a observação de uma pequena variação nos valores de densidade das quatro posições estudadas.

Trugilho *et al.* (1996), ao avaliarem características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*, concluíram que a idade das árvores influencia fortemente as propriedades físicas da madeira, incluindo a densidade. Árvores da mesma espécie, mais velhas, tendem a apresentar maior densidade, o que corrobora com o aumento da idade cambial. Para Panshin & Zeeuw (1980), a densidade, em função da idade da árvore em geral aumenta rapidamente durante o período juvenil, depois mais lentamente até atingir a maturidade, quando permanece mais ou menos constante, e a madeira de lenho tardio apresenta densidade básica maior que a de lenho juvenil.

Lima *et al.*, 2011, avaliaram a variação da densidade básica da madeira de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Kuntze, com 26 anos, na posição do DAP, em que os autores dividiram a fração radial em seis frações. Nesse estudo, os autores verificaram um comportamento crescente da densidade na direção medula-casca, comportamento este diferente ao verificado neste estudo. O mesmo comportamento crescente foi verificado por Oliveira e Silva, 2003 na madeira de *Eucalyptus saligna*.

De acordo com estudo que avaliou as variações da densidade básica ao longo do tronco de três árvores de seis espécies diferentes de eucalipto, sendo eles: *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. citriodora*, *E. pilularis*, *E. cloeziana* e *E. maculata*, no sentido medula-casca, foi constatado que em todas as espécies houve um aumento da densidade básica no sentido medula-casca e no sentido da altura, apresentando valores menores nas proximidades da medula e maiores na região do cerne periférico ou no alburno (CARMO 1996).

Segundo Sousa (2004), o aumento da densidade básica, associado à presença da madeira de tração, ocorre provavelmente nas maiores alturas das árvores, pois são as regiões de maiores inclinações das mesmas. De acordo com resultados apresentados pelo mesmo, pode-se observar diferença significativa na densidade básica quando submetidos a um teste *t* para dados não pareados ao nível de 5 % de probabilidade, o que já era esperado, pois a madeira de tração tem a densidade básica aumentada por possuir menos espaços intracelulares (lume menor).

De acordo com os pesquisadores Koubaa *et al.*, (2005), os primeiros anos de desenvolvimento da madeira, a parte central, desempenha influência no decréscimo da densidade da madeira, pois as condições são mais favoráveis ao rápido crescimento e, conseqüentemente, conduzem a menores valores de densidade nessas regiões. Nesse sentido, o aumento da densidade da madeira no sentido medula-casca está relacionado com a formação de madeira juvenil nos primeiros anos (SORANSO *et al.*, 2016).

Panshin & de Zeeuw (1970) constataram que, a densidade básica apresenta tendência em aumentar na direção medula-casca, tanto no lenho de tração quanto no lenho oposto. A densidade básica é afetada pela idade, normalmente aumenta com rapidez durante o período juvenil e depois de maneira mais lenta até atingir a maturidade e, a partir daí, segue mais ou menos constante.

Este comportamento heterogêneo da madeira como visto com a variação da densidade verificada neste estudo pode ser prejudicial para alguns setores da indústria, como para a produção de painéis compensados e vigas de madeira laminada colada, pois essa diferença pode prejudicar a colagem das lâminas, diminuindo a adesão do adesivo com a madeira (PLASTER, 2008).

6 CONCLUSÃO

A densidade básica não difere entre os lenhos oposto e de tração. A diferença foi verificada somente em função da posição radial. A variação da densidade básica no sentido radial apresentou comportamento quadrático, com aumento na direção radial.

REFERÊNCIAS

- BADIA MA; MOTHE F; CONSTANT T; NEPVEU G. Assessment of tension wood detection based on shiny appearance for three poplar cultivars. **Forest Science**, v. 62, p. 43-49, 2005.
- BOSCARDIN, P. M. D. **Morfoanatomia, fitoquímica e atividades biológicas de *Eucalyptus benthamii* maiden et Cambage – Myrta-ceae**. 2009. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- BOSCHETTI, Walter Torezani Neto. **Qualidade da madeira de árvores de clone de *Eucalyptus Grandis* X *Eucalyptus Urophylla* inclinadas por ação de ventos para produção de celulose**. 2014. 92 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de M Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/5028/1/WalterTorezaniNetoBoschetti-2014-trabalho.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2023.
- CARMO, A. P. T. **Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto**. 1996. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.
- COUTO, A. M.; RIBEIRO, A. O.; SÁ, V. A. **Variação diametral das propriedades físicas, anatômicas e ultraestruturais da madeira de reação de *Rapanea ferruginea***. Lavras: Universidade Federal de Lavras, Trabalho. 2011. 16 p. Trabalho de Pesquisa.
- CRUZ, C. R.; Lima, J. T.; Muniz, G. I. B. (2003), Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, 64, 33-47.
- CRUZ, Gerson Kleber de Almeida. **Variação longitudinal e transversal nas propriedades da madeira do Tauari Vermelho (*Cariniana Micrantha Ducke* - *Lecythidaceae*)**. 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e

Ambientais, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-Am, 2006.

FERREIRA, S. **Lenho de tração em *Eucalyptus spp* cultivados em diferentes topografias.** Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, 2007.

FOELKEL, C. E. B., Busnardo, C. A., Dias, C., Schmidt, C., Silva, R. M. R., & Vesz, J. B. V. (1983). Variabilidade radial da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Silvicultura** **28**, 726-731.

FOELKEL, C.E.B.; Brasil, M.A.M.; Barrichelo, L.E.G. 1971. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, 2/3: 67-74.

GONÇALEZ JC, BREDÁ LC, BARROS JFM, MACEDO DG, JANIN G, COSTA AFC *et al.* Características tecnológicas das madeiras de W.Hill ex Maiden e F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. *Eucalyptus grandis Eucalyptus cloeziana*. **Revista Ciência Florestal** 2006; 16(3): 329-341. <http://dx.doi.org/10.5902/198050981912>

GRAZIELA BAPTISTA VIDAURRE (Espírito Santo) (org.). Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil. Vitória: **Editores Universitários – Edufes**, 2020. 221 p. Disponível em: file:///C:/Users/Cliente/Desktop/digital_qualidade-da-madeira-de-eucalipto.pdf. Acesso em: 14 abr. 2023.

HANNRUP, B., Pilgård, A., & Fries, A. 2004. Analysis of density distribution in hardwood fibre fragments using X-ray computer tomography. **Wood Science and Technology**, 38(7), 531-542.

HEIN, P. R. G. et al. Near infrared spectroscopy for estimating wood basic density in *Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v.15, n.2, p.133-141, 2009.

IBÁ [Indústria Brasileira de Árvores] **Histórico do Desempenho do Setor, 2022**. Disponível em:<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>. Acesso em 28/06/2023.

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS. Rede de Bibliotecas. **Manual de normalização de trabalhos acadêmicos**. Belo Horizonte: IFMG, 2020. Disponível em: <https://www2.ifmg.edu.br/portal/ensino/bibliotecas/manual-de-normalizacao-do-ifmg>. Acesso em: 11/12/2023.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. Árvores Plantadas: Agroindústria sustentável. Ano 01. Ed. 01. Set. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGIAS - IPT. Tabelas de resultados obtidos para madeiras nacionais. 2.ed. São Paulo: 1956. 62 p. (Boletim Técnico, 31).

KLOCK, Umberto; ANDRADE, Alan Sulato de. **Química da madeira**. 4. ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná Setor de Ciências Agrárias, 2013. 85 p. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica%20da%20Madeira%202013.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

KOUBAA, A.; ISABEL, N.; ZHANG, S. Y.; BEAULIEU, J.; BOUSQUET, J. Transition from juvenile to mature wood in black spruce (*Picea Mariana* (MILL.) B.S.P.). **Wood and Fiber Science**, Hanover, v. 37, n. 3, p. 445- 455, 2005.

Lima, I. L. de ., Longui, E. L., Garcia, M. F., Zanatto, A. C. S., Freitas, M. L. M., & Florsheim, S. M. B.. (2011). Variação radial da densidade básica e dimensões celulares da madeira de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Kuntze em função da procedência. **Cerne**, v. 17, 517–524. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602011000400010>

MALAN, F. S. (1995). ***Eucalyptus* improvement for lumber production**. Seminário internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria, 1, 1-19.

MELO, J. E.; CORADIN, V. T. R.; MENDES, J. C. Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira. In: **CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO**, 6.,1990, Campos do Jordão. Anais. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. V.3, p. 695-699.

MONTEIRO, T. C.; SILVA, R. V.; LIMA, J. T.; BARAÚNA, E. E. P.; CARVALHO, D. M.; LIMA, M. T. Influência do lenho de tração nas propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus* sp. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 1, n. 2, p. 6-11, 2010.

MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira de 23 espécies.** 1999. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

MORESCHI, João Carlos. **Propriedades da madeira.** 4. ed. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias da Ufpr Centro de Ciências Florestais e da Madeira, 2012. 208 p. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PROPRIEDADES%20DA%20MADEIRA.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

OLIVEIRA, J. T. S., Trugilho, P. F., Chaix, G., & Lima, J. T. 2005. **Relationship between basic density, total extractives and lignin content in *Eucalyptus grandis* wood.** *Ciência e Agrotecnologia*, 29(1), 102-107.

OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva *et al.* Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 115-127, fev. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622005000100013>.

OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva; SILVA, José de Castro. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus Saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/P7dNdvMB93M8ymcvRx4ktTn/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 31 mar. 2023.

PANSHIN, A. J., ZEEUW, C. Textbook of wood technology. Structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada. New York. **McGraw-Hill**. 1980. 472 p.

PANSHIN, A. J., ZEEUW, C. Textbook of wood technology. Structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada. New York. **McGraw-Hill**. 1980. 722p.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J.A.; HIGA, A.R.; HIGA, R.C.V.; SHIMIZU, J.Y.

Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2000. 113p.

PLASTER, O. B. *et al.* Comportamento de juntas coladas da madeira serrada de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, v. 14, n. 3, p. 251-258, 2008.

QUEIROZ, Luiz de. **Departamento de Ciências Florestais: botânica de *Eucalyptus spp.*** **Botânica de *Eucalyptus spp.*** 2003. ESALQ/USP. Disponível em: <http://www.tume.esalq.usp.br/botanica.htm>. Acesso em: 06 mar. 2023.

REIS, Cristiane Aparecida Fioravante; DE ASSIS, Teotônio Francisco; DE MELO, Lucas Amaral; SANTOS, Alisson Moura. *Eucalyptus cloeziana*: estado da arte de pesquisas no Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). **Colombo: Embrapa Florestas**, 2017.

RODRIGUES RAD. **Variabilidade de propriedades físico-mecânicas em lotes de madeira serrada de eucalipto para a construção civil [dissertação]**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; 2002.

SILVA, M. E. C. M. da. Apontamentos de tecnologia dos produtos florestais. Composição química da madeira. **UTAD**. p. 1-18, 2010.

SOUSA L. C. 2004. **Caracterização da madeira de tração em *Eucalyptus grandis* e sua influência na produção de polpa celulósica**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2004.

SOUZA JUNIOR, Wagner Patrício de. **Propriedades físicas, mecânicas e anatômicas das madeiras de *Eucalyptus Cloeziana* e de *Eucalyptus Urophylla* oriundas dos municípios de Turmalina e de Paraopeba (Mg)**. 2004. 64 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SORANSO, D. R. VIDAURRE, G. B. OLIVEIRA, J. T. S. TOMAZELLO FILHO, M.

SILVA, J. G. M. ARANTES, M. D. C. Variabilidade física e anatômica da madeira de Khaya

ivorensis A. Chev. Em diferentes espaçamentos de plantio. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 519-526, jun. 2016. DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n110.24](https://doi.org/10.18671/scifor.v44n110.24).

STAPE, J. L., BINKLEY, D., & RYAN, M. G. (2004). *Eucalyptus* production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, 193(1-2), 17-31.

TARMIAN A, REMOND R, FAEZIPOUR M, KARIMI A, PERRÉ P. Reaction wood drying kinetics: tension wood in *Fagus sylvatica* and compression wood in *Picea abies*. **Wood Science and Technology** 2008; 43(1-2): 113-130. [http:// dx.doi.org/10.1007/s00226-008-0230-5](http://dx.doi.org/10.1007/s00226-008-0230-5)

THIERSCH CR, SCOLFORO JRS, OLIVEIRA AD, MAESTRI R, REZENDE GDSP. Acurácia dos métodos para estimativa do volume comercial de clones de *Eucalyptus sp.* **Cerne** 2006; 12: 167-181.

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

TRUGILHO, P. F. et al. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 15, p, 1996.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, MG: SIF, 1984, 21p. (Boletim Técnico, 1).

WARDROP, A. B; DADSWELL, H. E. **What is reaction wood?** **Australian Forestry**, v.13, n.1, p.22-33. 1949.