



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ALICE SOARES BRITO

**EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NAS PROPRIEDADES DA MADEIRA
EM ÁRVORES JOVENS DE EUCALIPTO**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2017

ALICE SOARES BRITO

**EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NAS PROPRIEDADES DA MADEIRA
EM ÁRVORES JOVENS DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de concentração Ciências Florestais.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre
Coorientador: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Brito, Alice Soares, 1992-

B862e Efeito do espaçamento de plantio nas propriedades da madeira em árvores jovens de eucalipto / Alice Soares Brito. – 2017.

44 f. : il.

Orientador: Graziela Baptista Vidaurre.

Coorientadores: José Tarcísio da Silva Oliveira.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Madeira – Qualidade. 2. Eucalipto – Idade de corte. 3. Madeira juvenil. 4. Espaçamento de plantio. I. Vidaurre, Graziela Baptista. II. Oliveira, José Tarcísio da Silva. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

CDU: 630

*Aos meus pais Luiz Soares de Oliveira e Maria do Socorro Brito,
e à minha irmã Ana Luiza Soares Brito, dedico.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, autor desta história, pelo dom da vida, permitindo-me chegar até aqui.

A Virgem Maria, pela intercessão constante.

A minha família, base do meu viver e razão do meu lutar, pelas orações, estímulo e amor incondicional.

A UFES e, especialmente, ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais pela oportunidade e estrutura durante o mestrado.

A SUZANO PAPEL E CELULOSE pela doação do material de estudo e ao Leandro de Siqueira e à Marina Valin pelas informações repassadas.

A Fibria e a CAPES pela bolsa concedida.

A Prof^a Graziela Baptista Vidaurre, minha orientadora, pela receptividade, saudável convivência, incentivo diário, compreensão, conhecimento e conversas (muitas vezes informais) que tanto contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional e para realização desta pesquisa.

Ao Prof^o José Tarcísio da Silva Oliveira, meu coorientador, pelo agradável convívio, humildade, humanidade, conselhos e ensinamentos.

A Prof^a Marina Donária Chaves Arantes por aceitar participar da banca examinadora, pela troca de informações e pelos momentos descontraídos.

A Prof^a Angélica de Cássia Oliveira Carneiro por aceitar participar da banca examinadora e pela receptividade no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira (LAPEM/UFV).

Ao Wagner Davel Canal pela troca de informações, atenção dispensada e presteza no auxílio da análise de permeabilidade da madeira.

Ao casal Denise Soranso e Frederico Eustáquio pela gentil e prazerosa acolhida em Viçosa.

Aos técnicos e PIBICs, especialmente, José Geraldo Lima de Oliveira, Damielle Leite Figueiredo e Ramon Ferreira Oliveira pelo carinhoso auxílio nas análises.

As minhas companheiras de república Bárbara Mendes Oliveira, Rhagnya Sharon Ferreira Martins e Sofia Maria Gonçalves Rocha pela companhia, pelas horas de descontração e, sobretudo, pelo aprendizado conjunto da necessidade do respeito ao próximo.

Aos colegas do Laboratório de Qualidade da Madeira pela convivência, pelas ideias compartilhadas e pelos descontraídos cafés. Em especial, a João Gabriel Missia da Silva pelo respeito, irmandade e assistência constante durante esses dois anos, e a Brunela Pollastrelli Rodrigues pela amizade e sugestões nesta pesquisa.

Aos inesquecíveis amigos que o mestrado me deu e que dispensa nomes porque sabem quem são, amo vocês! Vivemos momentos inenarráveis aqui, diria que alguns dos melhores da minha história. Espero ter a chance de reencontrá-los nessa roda gigante, chamada vida!

A todos vocês e aos que a emoção me impediu de lembrá-los, minha mais terna
GRATIDÃO!

RESUMO GERAL

BRITO, Alice Soares. **EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NAS PROPRIEDADES DA MADEIRA EM ÁRVORES JOVENS DE EUCALIPTO**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre. Coorientador: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira.

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito do espaçamento de plantio nas propriedades da madeira de clones de *E. grandis* e do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, aos 4 anos de idade. As árvores foram selecionadas de acordo o diâmetro médio de cada parcela experimental e após o corte, discos no diâmetro a altura do peito (DAP) e nas posições de 0 (base), 25, 50, 75 e 100% do fuste foram retirados para realização das análises. Os dados foram avaliados mediante a análise de regressão e os resultados atestaram que o espaçamento de plantio explicou parte das variações na densidade básica, massa seca, diâmetro e frequência de vasos e espessura de parede das fibras em pelo menos um dos três clones estudados. Entretanto, a relação C/A; percentagem e permeabilidade de cerne e alburno; comprimento e fração parede das fibras; teores de extrativos, lignina e cinzas, bem como o poder calorífico superior da madeira não foram influenciados pelo espaçamento de plantio em nenhum dos três materiais genéticos, na idade de 4 anos. De maneira geral, o espaçamento de plantio não interferiu de forma evidente nas propriedades da madeira e não influenciou na proporção e permeabilidade do cerne e alburno.

Palavras-chave: madeira juvenil, área útil, *Eucalyptus*.

GENERAL ABSTRACT

BRITO, Alice Soares. **EFFECT OF PLANTING SPACING ON WOOD PROPERTIES FROM YOUNG EUCALYPT TREES**. 2017. Dissertation (Master's degree in Forest Sciences) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Prof^a. Dr. Graziela Baptista Vidaurre. Co-advisor: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira.

The aim of the study was to evaluate the effect of planting spacing on the production and wood properties of clones of *E. grandis* and of the hybrid *E. grandis* x *E. urophylla*, at 4-year-old. The trees were selected according to the mean diameter of each experimental plot and after the harvest, discs in diameter at breast height (DBH) and in the positions 0 (base), 25, 50, 75 and 100% of the commercial height were removed for analysis. The data were evaluated through regression analysis and the results showed that planting spacing explained part of the variations in basic density, dry mass, vessel diameter and frequency and wall thickness of the fibers in at least one of the three clones studied. However, the heartwood/sapwood relation; percentage and permeability of heartwood and sapwood; length and fraction of fiber wall; extractive, lignin and ash contents, as well as the gross calorific value of the wood were not influenced by planting spacing in any of the three genetic materials at the age in question. In general, planting spacing did not clearly interfere with wood properties and did not influence the proportion and permeability of the heartwood and sapwood.

Keywords: juvenile wood, useful area, *Eucalyptus*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	10
1.2 OBJETIVO GERAL.....	11
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
2. REFERÊNCIAS	11

CAPÍTULO I - EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NA PRODUÇÃO E PERMEABILIDADE DO CERNE E ALBURNO DA MADEIRA DE EUCALIPTO.....

1. INTRODUÇÃO	144
2. METODOLOGIA.....	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	177
4. CONCLUSÃO.....	26
5. REFERÊNCIAS	26

CAPÍTULO II - EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NAS PROPRIEDADES DA MADEIRA DE CLONES DE EUCALIPTO EM CURTA ROTAÇÃO

1. INTRODUÇÃO	311
2. METODOLOGIA.....	322
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	344
4. CONCLUSÃO.....	40
5. REFERÊNCIAS	41
6. CONCLUSÃO GERAL	44

1. INTRODUÇÃO GERAL

A necessidade por produtos e derivados de madeira é crescente a cada dia, tornando-se constante a busca pelo aumento da produtividade dos plantios, principalmente aos que tangem o gênero *Eucalyptus*. A vasta quantidade de espécies pertencentes a esse gênero se destaca por apresentarem rápido crescimento, grande capacidade de adaptação e, principalmente potencial econômico promissor, proporcionado pela utilização diversificada de sua madeira, o que explica os 5,6 milhões de hectares plantados no Brasil (IBÁ, 2016).

Grande parte das indústrias florestais brasileiras utilizam o eucalipto como fonte principal ou até mesmo única de matéria-prima, visto as expressivas taxas de crescimento da cultura no país, resultado de investimentos no melhoramento genético das espécies, controle de pragas e doenças, dentre outras práticas de manejo. Assim, a tendência é reduzir a idade de corte da madeira, tendo como consequência o aumento da quantidade de madeira juvenil nas árvores.

Além da influência da idade nas propriedades da madeira, outros fatores também interferem em sua qualidade, dentre eles o espaçamento de plantio. Segundo Haygreen e Bowyer (1989) as árvores respondem de modo distinto à disposição na área, alterando as propriedades do lenho, bem como as proporções de cerne e alburno. Portanto, estudos são necessários sobre a caracterização da madeira proveniente de diferentes espaçamentos de plantio, principalmente quando trata-se de árvores provenientes de plantios de curta rotação, seja por questões referentes à oferta e demanda de matéria-prima ou por condições edafoclimáticas desfavoráveis acarretando em baixa produtividade e, sobretudo, por ser uma tendência de colheita dos dois principais setores consumidores de madeira: celulose e energia.

Assim, o estudo foi dividido em dois capítulos:

Capítulo 1: Efeito do espaçamento de plantio na produção e permeabilidade do cerne e alburno da madeira de eucalipto.

Capítulo 2: Efeito do espaçamento de plantio nas propriedades da madeira de clones de eucalipto em curta rotação.

1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência de diferentes espaçamentos de plantio nas propriedades da madeira de clones de eucalipto.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a percentagem de cerne e de alburno no lenho em função dos diferentes espaçamentos de plantio;
- Obter a proporção de cerne no sentido base-topo do fuste;
- Certificar a marcação visual das regiões de cerne e alburno por meio do composto *Dymethil yellow*;
- Determinar a permeabilidade do cerne e do alburno em função dos diferentes espaçamentos de plantio;
- Correlacionar a produção de cerne com as variáveis dendrométricas das árvores;
- Avaliar o efeito dos diferentes espaçamentos de plantio na densidade básica, na massa seca, na morfologia dos vasos e fibras, no teor de extrativos, lignina e cinzas e no poder calorífico superior da madeira de eucalipto.

2. REFERÊNCIAS

HAYGREEN, J. G.; BOWYER, J. L. **Forest products and wood science**. 2 ed. Ames: Iowa State University; 1989.

IBÁ. **Relatório IBÁ 2016**. Disponível em <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf> Acesso em: 01/03/2017.

CAPÍTULO I

EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NA PRODUÇÃO E PERMEABILIDADE DO CERNE E ALBURNO DA MADEIRA DE EUCALIPTO

Resumo: A quantidade de cerne e alburno presente no lenho constitui-se como um parâmetro de qualidade da madeira e a proporção de cada uma dessas frações pode ser influenciada, dentre outros fatores, pelo espaçamento de plantio. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes áreas úteis, proporcionadas pelos espaçamentos de plantio (3x1, 3x2, 3x3, 3x4 m) na produção e na permeabilidade do cerne e do alburno da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos 4 anos de idade e, ainda, quantificar a percentagem de cerne no sentido base – topo do fuste e sua relação com as variáveis dendrométricas das árvores. Utilizou-se o composto *Dimethyl yellow* para melhor visualização e distinção das regiões de cerne e alburno. Independente do clone, não houve efeito do espaçamento de plantio na relação cerne/alburno e na permeabilidade da madeira. Todos os clones apresentaram diminuição do cerne com a altura do fuste, independente do espaçamento de plantio e, o *E. grandis* (B) foi o único que a percentagem de cerne correlacionou-se positiva e significativamente com as variáveis dendrométricas (DAP e altura comercial). O uso do composto *Dymethyl yellow* foi indispensável na demarcação das regiões de cerne e alburno nas amostras a partir de 50% da altura do fuste. A permeabilidade do cerne foi baixa em todos os clones avaliados, sugerindo obstrução dos vasos por tilas ou outras substâncias, enquanto a permeabilidade do alburno chegou a 405,4 cm³/cm.atm.s.

Palavras-chave: área útil, cernificação, *Eucalyptus*.

CHAPTER I

EFFECT OF PLANTING SPACING IN PRODUCTION AND PERMEABILITY OF HEARTWOOD AND SAPWOOD EUCALYPTUS WOOD

Abstract: The amount of heartwood and sapwood present in the wood is a parameter of wood quality and the proportion of each of these fractions can be influenced, among other factors, by planting spacing. The objective of this work was to evaluate the influence of different useful areas provided by the planting spacings (3x1, 3x2, 3x3, 3x4 m) on the production and permeability of the heartwood and sapwood of clones of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, at 4 years of age, and to quantify the percentage of heartwood in the bottom to top direction of the stem and its relation with the dendrometric variables of the trees. Dimethyl yellow was used for better visualization and distinction of the heartwood and sapwood regions. Regardless of the clone, there was no effect of planting spacing on the heartwood/sapwood ratio and wood permeability. All clones showed a heartwood decrease with the increased of the height, regardless of planting spacing, and *E. grandis* (B) was the only one that the heartwood percentage correlated positively and significantly with the dendrometric variables (DAP and commercial height). The use of the compound Dymethyl yellow was indispensable in the demarcation of the heartwood and sapwood regions in the samples from 50% of the height of the stem. Heartwood permeability was low in all clones evaluated, its suggesting vessel obstruction by tyloses or other deposits, while sapwood permeability reached 405.4 cm³/cm.atm.s.

Keywords: useful area, heartwood formation, *Eucalyptus*.

1. INTRODUÇÃO

A proporção de cerne e alburno na madeira reflete diretamente na sua utilização, pois, de modo geral, aquelas que contêm elevada quantidade de cerne (maior relação C/A) são, preferencialmente, utilizadas na construção civil e indústria moveleira, enquanto que árvores com maior proporção de alburno (menor relação C/A) são indicadas para a indústria de celulose e para usinas de tratamento de madeira, por apresentarem maiores proporções de madeira com alta permeabilidade. Na geração de energia, menores relações C/A seriam mais adequadas na etapa inicial da carbonização, caracterizada pela secagem da madeira (PEREIRA et al., 2013), enquanto maiores relações C/A favorecem o poder calorífico do material.

A quantidade de cerne e alburno no lenho é um parâmetro de qualidade da madeira e a percentagem de cada um deles varia significativamente entre as espécies de eucalipto (TOMAZELLO FILHO, 1985). Além da espécie, a idade, a posição na árvore, a taxa de crescimento e os tratamentos silviculturais também interferem na quantidade de cerne (LOURENÇO, 2008). Gominho e Pereira (2005) destacaram que o espaçamento entre as árvores, influencia as variáveis dendrométricas, como a altura e o diâmetro do fuste, e conseqüentemente, a formação do cerne.

A proporção de cerne e alburno em árvores jovens de eucalipto ainda é pouco abordada nos trabalhos de avaliação da qualidade da madeira, apesar de impactarem em diversos processos produtivos que empregam a madeira como matéria-prima. Dentro desse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência de diferentes espaçamentos de plantio na produção e permeabilidade do cerne e alburno na madeira de eucalipto e, ainda, quantificar a percentagem de cerne no sentido base – topo do fuste e correlacionar sua produção com as variáveis dendrométricas das árvores.

2. METODOLOGIA

Material e amostragem

Discos foram retirados de árvores de dois clones de *Eucalyptus grandis* e de um clone do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, provenientes de plantios experimentais da empresa SUZANO PAPEL E CELULOSE, localizados em Paranapanema, São Paulo, entre as coordenadas 23°23'19" de latitude sul e

48°43'22" de longitude oeste, a uma altitude de 610 metros. O solo da região é do tipo latossolo vermelho, a temperatura média no espaço temporal (2010-2014) do plantio foi de aproximadamente 20°C e a precipitação média anual igual a 1300 mm.

O experimento foi instalado em agosto de 2010 e a coleta das árvores foi realizada aos 4 anos de idade, tendo como parâmetro de corte, o diâmetro médio das árvores de cada parcela. Foram retiradas 12 árvores por clone, 3 árvores por espaçamento, totalizando 36 árvores. Após o corte das árvores selecionadas, discos no diâmetro a altura do peito (DAP) e nas posições de 0 (base), 25, 50, 75 e 100% da altura comercial da árvore foram retirados para a avaliação da produção e permeabilidade do cerne e alburno da madeira. Previamente, todos os discos foram manualmente polidos a fim de facilitar a visualização e distinção das duas frações.

O diâmetro a altura do peito, a 1,30 m do nível do solo, e altura total de cada árvore amostrada foram mensurados (Tabela 1).

Tabela 1 – Diâmetro à altura do peito (DAP) e altura comercial média das árvores para os três clones de *Eucalyptus*.

Variáveis dendrométricas	Clone		
	<i>E. grandis</i> (A)	<i>E. grandis</i> (B)	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>
DAP (cm)	14,95	16,85	16,19
Altura comercial (m)	18,22	19,95	17,07

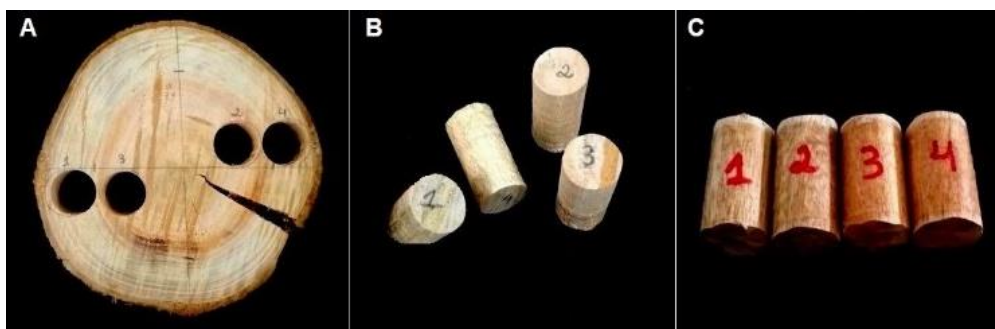
Proporção e permeabilidade do cerne e alburno

A relação cerne/alburno (C/A) foi determinada por meio da divisão do diâmetro médio do cerne pelo diâmetro médio do alburno, medidos com a utilização de uma régua graduada em milímetros, de acordo com a metodologia descrita por Evangelista (2007). Além da avaliação visual, a fim de certificar os limites exatos entre as regiões, pincelou-se uma das faces de cada disco ao longo do fuste com uma solução de 1 g de *Dimethyl yellow* dissolvido em 500 ml de etanol. O composto químico é tido como um indicador de acidez e possibilita, por meio da diferença de pH entre as regiões de cerne e alburno, a delimitação do xilema funcional e não funcional. A tonalidade vermelho-róseo marca a região do cerne e indica baixo pH, ao passo que a tonalidade amarela apresentada pelo alburno sinaliza pH mais alto (CASTRO, 2014).

Obteve-se o volume total da árvore e o volume de cerne pelo método de Smalian e, por diferença, calculou-se o volume de alburno. A percentagem de cerne e alburno na árvore foi calculada com base no volume.

Duas amostras de cerne e duas amostras de alburno (cilindros com diâmetro aproximado de 17 mm e comprimento médio de 35 mm) foram retiradas com auxílio de uma serra copo dos discos da base e empregadas para a análise de permeabilidade da madeira à passagem de ar, totalizando 144 corpos de prova (Figura 1). Na seleção das amostras excluiu-se as regiões de lenho de reação e presença de nós. Cada cilindro teve a sua superfície lateral selada com parafina para garantir o fluxo apenas na direção longitudinal da amostra.

Figura 1 - Ilustração da retirada das amostras para permeabilidade no disco (A); amostras (B) e amostras seladas com parafina (C).



Fonte: o autor.

A vazão de ar na amostra empregada na análise da permeabilidade da madeira foi determinada pelo método do fluxômetro conforme descrito por Siau (1971), adaptado por Teixeira (2015). O equipamento consiste em quatro fluxômetros ligados em série, nas seguintes escalas e sequência: 0,04 a 0,5 LPM (litros por minuto); 0,2 a 2,5 LPM; 0,4 a 5,0 LPM e 2,0 a 25,0 LPM, conectados por mangueiras de PVC a uma bomba de vácuo. Aplicou-se vácuo de -3 pol.Hg e obteve-se a leitura do fluxo.

Para a determinação da permeabilidade gasosa da madeira foi utilizada a equação abaixo, seguindo a lei de Darcy:

$$Kg = \frac{Q \cdot L \cdot Pi}{A \cdot \Delta P \cdot Pm}$$

Em que: Kg: permeabilidade ao gás (cm³/cm.atm.s); Q: volume do fluxo de gás que percorre o corpo de prova (cm³/s); L: comprimento da amostra (cm); Pi: pressão de

entrada, a do ambiente (atm); A : área da seção transversal (cm²); ΔP : diferença de pressão (atm); P_m : média da pressão no corpo-de-prova (atm).

Análise estatística dos dados

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram avaliados quanto às pressuposições de variância comum (homocedasticidade) e normalidade dos erros experimentais por meio dos testes de Cochran e Shapiro-Wilk, respectivamente, ambos utilizando $\alpha = 0,01$. Posteriormente, realizou-se análises de regressão linear com o propósito de analisar o efeito da área útil (variável independente) de quatro espaçamentos (3 x 1, 3 x 2, 3 x 3 e 3 x 4 m) na relação C/A; percentagem de cerne e alburno; e permeabilidade de cerne e alburno. Avaliou-se também a relação entre a percentagem de cerne e as variáveis dendrométricas (DAP e altura do fuste) por meio do coeficiente de correlação linear de Pearson e seu valor P .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cerne e alburno da madeira de eucalipto

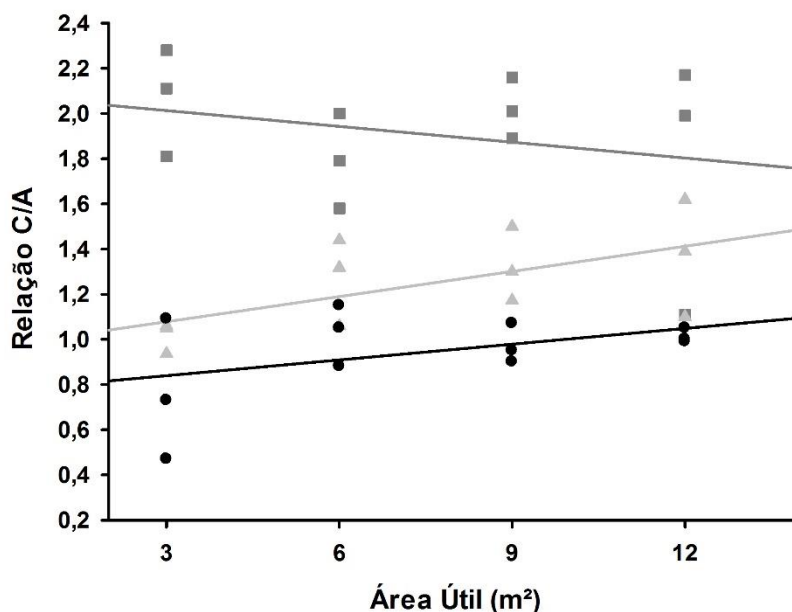
A área útil proporcionada pelo espaçamento de plantio não influenciou a relação cerne/alburno, bem como a percentagem de cerne e alburno em nenhum dos três clones avaliados.

Apesar de não apresentarem diferença significativa, de modo geral, houve tendência de aumento da relação C/A (Figura 2) e, conseqüentemente, da percentagem de cerne (Figura 2) à medida que se aumentou a área útil das árvores dos clones *E. grandis* (B) e do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*. Acréscimos de 34,3 e 32,9% da relação C/A foram observados para estes clones, respectivamente, do menor (3x1 m) para o maior espaçamento de plantio (3x4 m).

A maior relação C/A indica que o lenho é composto por grande quantidade de cerne. Madeiras com maior relação C/A tornam-se menos apropriadas nos processos de secagem, preservação, produção de polpa celulósica e na carbonização. A predominante quantidade de cerne dificulta a passagem da água do interior para a superfície da peça, afetando a secagem da madeira (SIAU, 1971); restringe a impregnação dos preservantes, acarretando em baixa retenção desses produtos

(BOTELHO et al., 2000), aumenta o consumo de álcali e reduz o rendimento em celulose, já que a quantidade de extrativos é maior (MIRANDA et al., 2009) e, por fim, impossibilita os gases em permear o lenho, ocasionando rompimento das fibras e fissuras no carvão vegetal (CASTRO, 2011).

Figura 2 - Regressão linear para estimar a relação cerne-alburno em função da área útil por árvore (m²) para os três clones de *Eucalyptus*.



Clone	Legenda	Equação	R ²	Sxy
<i>E. grandis</i> (A)	■	$C/A = 2,122 - (0,0310 \times \text{Área Útil})$ ^{ns}	0,085	0,373
<i>E. grandis</i> (B)	▲	$C/A = 0,967 + (0,0372 \times \text{Área Útil})$ ^{ns}	0,372	0,177
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	●	$C/A = 0,770 + (0,0232 \times \text{Área Útil})$ ^{ns}	0,190	0,176

^{ns} não significativo; ^{**} significativo a 1% pelo teste F para regressão e t para coeficiente da equação.

Fonte: o autor.

De modo geral, os valores da relação C/A para a madeira de eucalipto variaram entre 0,94 e 1,91 sendo maiores que aos encontrados por Cherelli (2015) para árvores de *E. grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla* aos 4 anos de idade (0,84–1,61) e menores que aos apresentados por Teixeira (2015) para *E. grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla*, aos 9 anos de idade (1,27–2,12). Segundo Panshin e De Zeeuw (1980) essa variabilidade entre espécies, procedências e clones é natural.

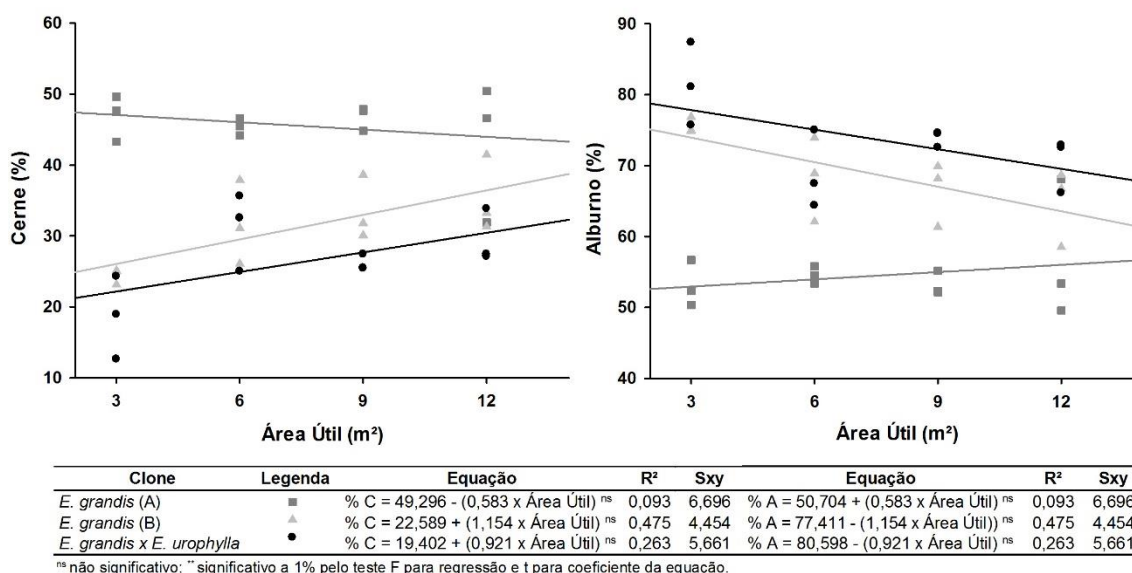
Feuchard (2015) também observou aumento da relação C/A do espaçamento 3x1 para o 3x4 m para três dos quatro clones de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 4 anos de idade. Um dos materiais genéticos, assim como o clone *E. grandis* (A) (Figura 2),

apresentou tendência de redução da relação C/A conforme aumentou o espaçamento de plantio.

Miranda et al. (2009) certificaram acréscimo na quantidade de alburno em árvores de *E. globulus*, aos 18 anos de idade, que cresceram nos espaçamentos mais amplos e atribuiu esses elevados percentuais de alburno ao maior desenvolvimento da copa proporcionado pela maior área útil das árvores. Shinozaki et al. (1964) descreveram uma relação funcional entre a área da copa e a área do alburno, sendo conhecida como “Pipe Model”, em outras palavras, uma unidade de área foliar requer uma unidade correspondente de alburno para suporte, o que pode justificar os resultados encontrados.

A quantidade de alburno na madeira dos clones *E. grandis* (B) e *E. grandis* x *E. urophylla* decresceu, aproximadamente, 11% do espaçamento 3x1 para o 3x4 m (Figura 3). Harris (2007) também verificou aumento da área basal de alburno na madeira de *E. grandis*, aos 4 anos de idade, com o adensamento de plantio, confirmando a tendência encontrada neste estudo.

Figura 3 - Regressão linear para estimar a percentagem de cerne e alburno em função da área útil por árvore (m²) para os três clones de *Eucalyptus*.



Fonte: o autor.

Os valores da percentagem de cerne tiveram tendência de aumento nos maiores espaçamentos para os clones *E. grandis* (B) e o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* (Figura 3), haja vista a maior altura e diâmetro dessas árvores. A madeira

do clone *E. grandis* (A) apresentou maior quantidade de cerne que os outros dois clones, independente do espaçamento de plantio, fato justificável, uma vez que a formação do cerne pode estar sob forte controle genético (HILLIS, 1987).

Aos 4 anos, a percentagem de cerne presente nas árvores dos clones *E. grandis* (B) e o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* aumentou 44,7 e 58,3% do espaçamento 3x1 para o 3x4 m, respectivamente. Em *E. globulus* de 9 anos de idade foram relatadas variações na ordem de 45 a 61% do espaçamento 2x1 para o 3x3 m (GOMINHO; PEREIRA, 2005) e também em *E. globulus* em idade mais avançada (18 anos) observaram-se valores de 58 a 62% do espaçamento 3x2 para o 4x5 m (MIRANDA et al., 2009). Os menores aumentos percentuais nas percentagens de cerne encontradas neste estudo em comparação aos trabalhos citados podem ser explicadas pela diferença de idade entre as árvores, bem como à diferença de material genético e local de crescimento.

A cernificação é um processo natural do desenvolvimento da árvore, mas em árvores de eucalipto ainda é um processo pouco conhecido (GOMINHO et al., 2004), não sendo precisa a idade que inicia-se sua formação. Dadswell e Hillis (1962 citado por TOMAZELLO FILHO, 2006) mencionaram que a formação do cerne começa entre o 2º e 6º ano, enquanto Eldridge e Cromer (1987 citado por LIMA, 1996) propõem que a formação do cerne origina em torno do 8º ano de idade da árvore.

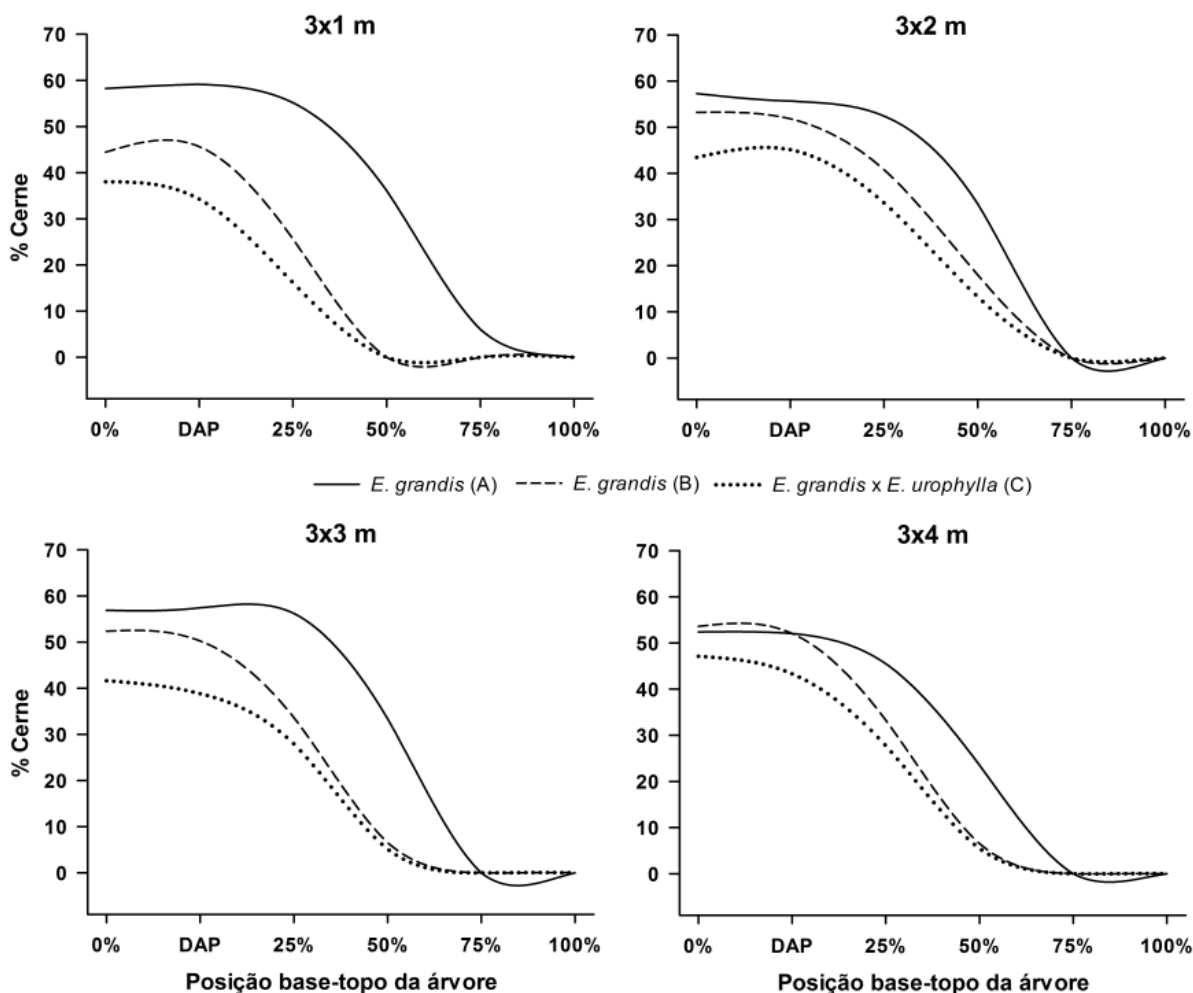
Cherelli (2015) e Castro (2014) estudaram árvores jovens de eucalipto plantadas no Brasil e confirmaram formação de cerne a partir dos 2 e 3 anos, tal como observado para os três clones de eucalipto, aos 4 anos, até a altura de 50 % do fuste.

A proporção de cerne variou no sentido base-topo do lenho, diminuindo acentuadamente com a altura da árvore, conforme ilustra a Figura 4. Metade das árvores amostradas apresentaram cerne até 50% da altura comercial e, nenhuma árvore apresentou aos 75% e 100% do fuste, uma vez que nessas áreas estão localizadas camadas recém-formadas pelo câmbio vascular.

Redução nas percentagens de cerne no sentido base-topo das árvores também foi observado em clones de *Eucalyptus* sp. aos 7,5 anos (PEREIRA et al., 2013) e 9 anos após o plantio (TEIXEIRA, 2015); em *E. globulus* aos 9 anos de idade (GOMINHO; PEREIRA, 2005) e em híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* com idade aproximada de corte igual a 6 e 14 anos (GONÇALVES et al., 2010). Já que o desenvolvimento do cerne é proporcional à idade do lenho, esse comportamento é

justificável pela maior proporção de madeira juvenil nas posições superiores das árvores (PEREIRA et al., 2013).

Figura 4 - Percentagem de cerne no sentido base-topo das árvores nos diferentes espaçamentos de plantio em clones de *Eucalyptus*.



Fonte: o autor.

A altura e o diâmetro da árvore também têm um papel fundamental na formação do cerne (GOMINHO; PEREIRA, 2005). Observa-se, na Tabela 2, as correlações positivas e significativas entre a percentagem de cerne e o DAP; e entre a percentagem de cerne e altura comercial das árvores para o clone *E. grandis* (B) (Tabela 2).

Tabela 2 - Coeficientes de correlação de Pearson da percentagem de cerne em função do diâmetro médio à altura do peito (DAP) e da altura comercial das árvores para os três clones de *Eucalyptus* aos 4 anos de idade.

Variáveis	Clone		
	<i>E. grandis</i> (A)	<i>E. grandis</i> (B)	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>
DAP (cm)	-0,309 ^{ns}	0,718 ^{**}	0,466 ^{ns}
Altura comercial (m)	-0,102 ^{ns}	0,780 ^{**}	0,464 ^{ns}

^{ns} não significativo; ^{**} significativo a 1% (P < 0,01).

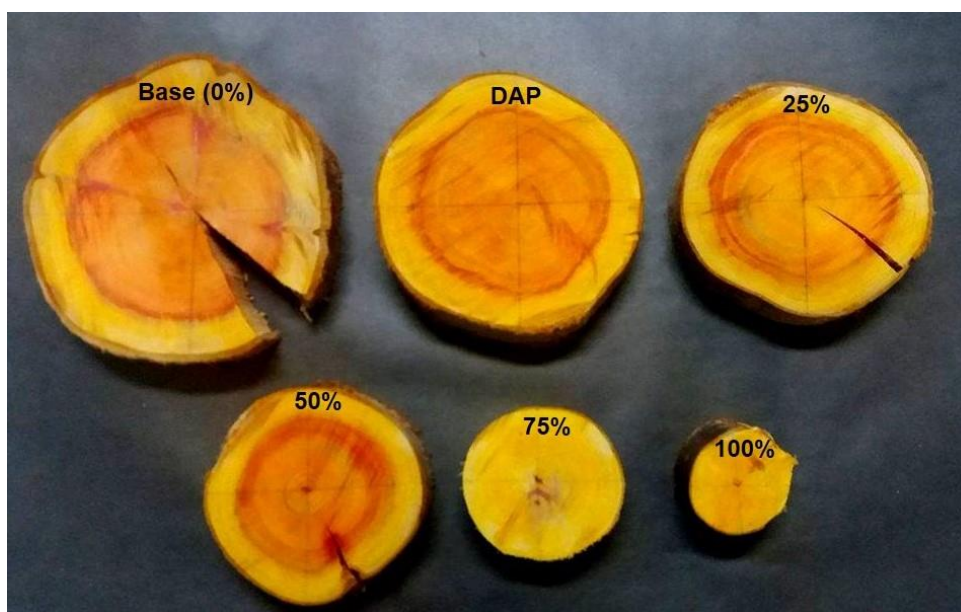
Possivelmente, a significância das correlações apenas para o clone *E. grandis* (B) está ligado ao seu maior crescimento em relação aos outros dois clones avaliados, comprovado pelo maior DAP e maior altura comercial.

Miranda et al. (2009) também encontraram correlações positivas e significativas entre o DAP e a percentagem de cerne ($r^2 = 0,77$) para *E. globulus* de 18 anos de idade, confirmando que a formação do cerne depende do crescimento secundário da árvore. Gominho e Pereira (2005) constataram alta correlação ($r^2 = 0,82$) entre a altura atingida pelo cerne e a altura da árvore, bem como entre a percentagem de cerne e o diâmetro da árvore ($r^2 = 0,95$) em *E. globulus* aos 9 anos de idade, independente do espaçamento, concluindo que são as dimensões da árvore que determinam a proporção de cerne dentro do caule. O crescimento em altura e diâmetro, portanto, influencia positivamente na formação do cerne, o que também foi confirmado neste trabalho.

Além da demarcação de cerne e alburno através da diferença de coloração natural da madeira, também fez-se uso do composto químico *Dymethil yellow* para certificação e distinção das duas regiões visto que as árvores estudadas eram jovens (4 anos) e o cerne provavelmente estaria em formação inicial (Figura 5).

Foi possível a distinção pela coloração natural da madeira entre as frações de cerne e alburno apenas nas posições da base, DAP e 25% da altura comercial. A partir dos 50% de altura do fuste foi indispensável o uso do *Dymethil yellow* para demarcação.

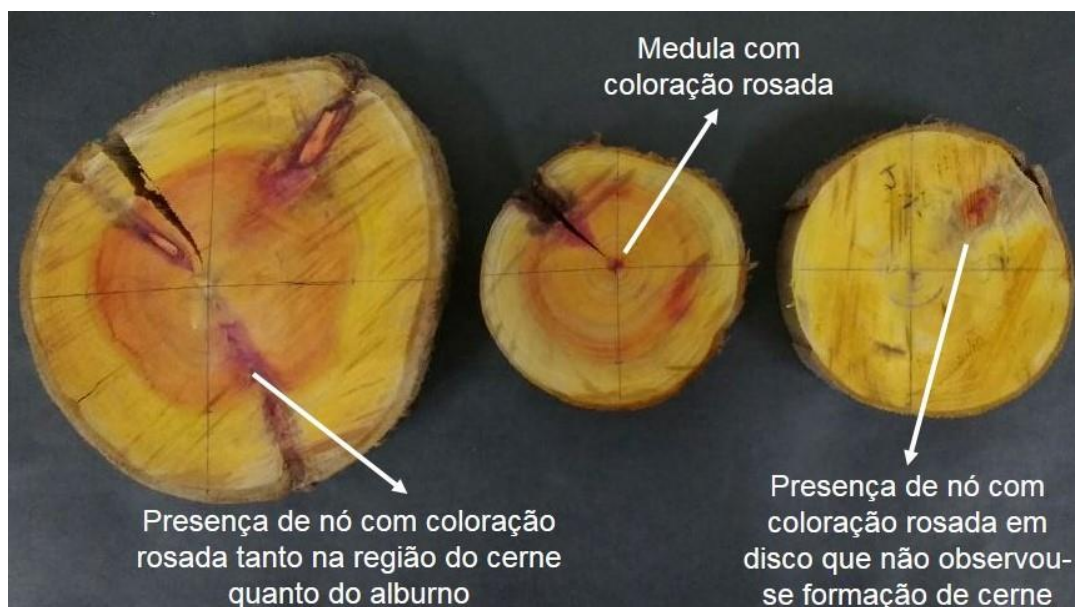
Figura 5 - Seção transversal do lenho com demarcação das regiões de cerne e alburno pelo *Dymethil yellow* nas seis posições do fuste em clones de *Eucalyptus*.



Fonte: o autor.

Ressalta-se ainda, que as regiões de medula e presença de nós, após aplicação do composto, apresentaram coloração rosada, independentemente da localização no disco (Figura 6).

Figura 6 - Seção transversal do lenho com demonstração da medula e dos nós após aplicação do *Dymethil yellow* em clones de *Eucalyptus* aos 4 anos de idade.

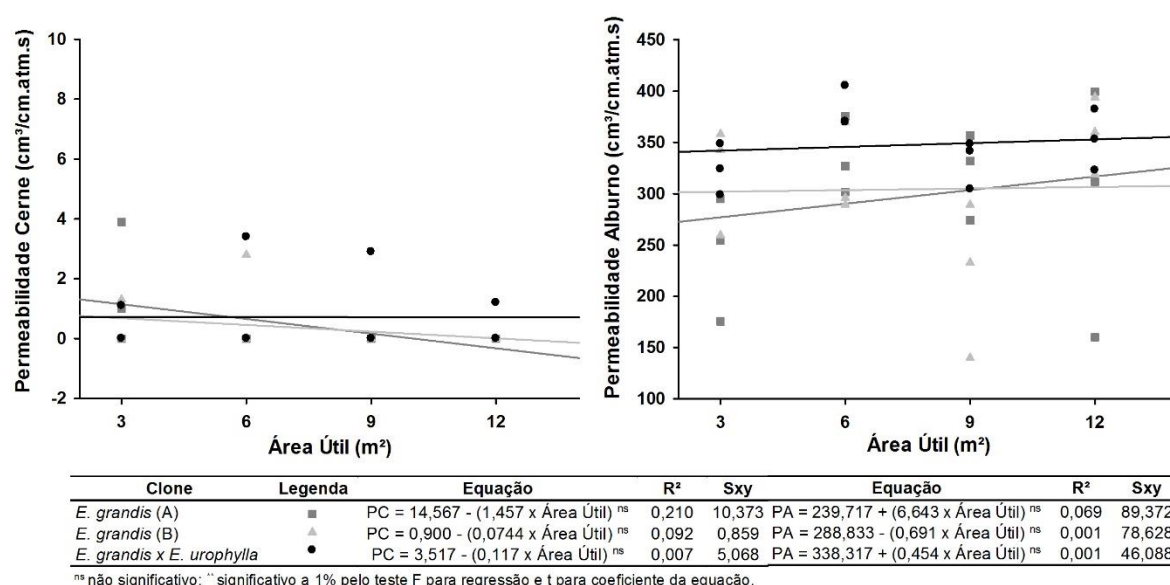


Fonte: o autor.

Permeabilidade do cerne e albarno da madeira de eucalipto

A área útil proporcionada pelo espaçamento de plantio não influenciou a permeabilidade do cerne e nem mesmo a do albarno, independente do clone, apesar da diferença de fluxo entre as regiões, sendo a permeabilidade do cerne até 400 vezes menor que do albarno (Figura 7).

Figura 7 - Regressão linear para estimar a permeabilidade do cerne e albarno em função da área útil por árvore (m²) para os três clones de *Eucalyptus*.



Fonte: o autor.

A permeabilidade do albarno da madeira do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* foi maior em relação aos outros clones, independente do espaçamento de plantio adotado. Essa diferença de permeabilidade entre os materiais genéticos se deve à grande complexidade e heterogeneidade da madeira, principalmente pela distribuição e número dos elementos condutores (SIAU, 1984) e composição química do material.

Os valores médios de permeabilidade do albarno observados neste trabalho foram menores que os encontrados por Oliveira (2015) e maiores que os encontrados por Pinheiro (2013), ambos para *E. urophylla* aos 5 anos de idade (469,5 e 216,9 cm³/cm.atm.s., respectivamente).

Segundo Siau (1984), a proporção de cerne e albúrnio afeta a permeabilidade do lenho, o que é comprovado pelos três clones ao apresentarem valores de permeabilidade e relação C/A em proporções inversas (Tabela 3).

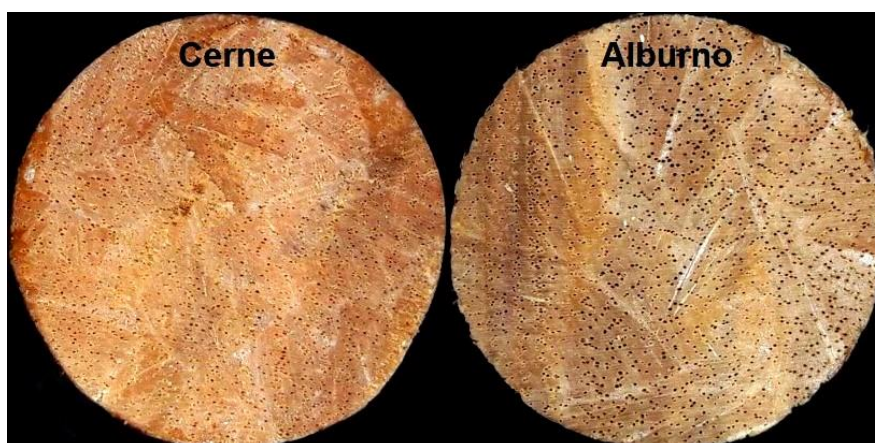
Tabela 3 - Valores médios de permeabilidade ($\text{cm}^3/\text{cm.atm.s.}$) do albúrnio e relação C/A dos três clones de *Eucalyptus*.

Variáveis	Clone		
	<i>E. grandis</i> (A)	<i>E. grandis</i> (B)	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>
Permeabilidade do albúrnio	296,9	304,2	347,5
Relação C/A	1,91	1,25	0,94

A permeabilidade do cerne variou de 0 a $3,9 \text{ cm}^3/\text{cm.atm.s.}$ (Figura 7), demonstrando já ser praticamente impermeável mesmo na madeira jovem, o que pode ser explicado pela obstrução completa ou parcial dos poros por tilas, gomas e/ou outras substâncias (SILVA et al., 2010). A baixa permeabilidade do cerne também foi observada na madeira de *E. urophylla* aos 5 anos (OLIVEIRA, 2015); *E. grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla* aos 9 anos (TEIXEIRA, 2015); e *E. citriodora* e *E. grandis* aos 25 e 100 anos de idade, respectivamente (SILVA et al., 2010). Ou seja, independentemente da idade de corte, o cerne apresenta-se com baixa permeabilidade para a madeira de eucalipto.

É perceptível a diferença dos poros quanto ao tamanho e visibilidade nas amostras utilizadas na estimativa da permeabilidade do cerne e do albúrnio (Figura 8).

Figura 8 - Seção transversal do cerne e albúrnio da madeira de eucalipto.



Fonte: o autor.

Ao estudar a madeira de *E. urophylla* aos 5 anos de idade, Oliveira (2015) constatou que na região do alburno o diâmetro dos poros foi 35,9% maior quando comparado ao cerne, ao passo que a frequência diminuiu 35,5%. Vale lembrar que apesar da permeabilidade e da porosidade estarem interligadas, para que a madeira seja permeável os poros devem estar desobstruídos e interconectados (SIAU, 1984). Segundo Amaral (2012) a permeabilidade do alburno é facilitada justamente pela presença de pontoações funcionais não incrustadas e pelo baixo teor de extrativos, ao contrário do cerne.

4. CONCLUSÃO

A área útil proporcionada pelo espaçamento de plantio não afetou a permeabilidade, percentagem e a relação cerne/alburno, independente do clone avaliado.

Todos os clones apresentaram diminuição do cerne com a altura do fuste, independente do espaçamento de plantio.

A madeira de *E. grandis* (B) foi a única que a percentagem de cerne correlacionou-se positiva e significativamente com as variáveis dendrométricas (DAP e altura comercial).

O uso do composto *Dymethil yellow* foi indispensável na demarcação das frações de cerne e alburno nas amostras a partir de 50% da altura comercial.

A permeabilidade do cerne foi baixa em todos os clones avaliados, sugerindo obstrução dos vasos por tilas ou outras substâncias, enquanto a permeabilidade do alburno chegou a 405,4 cm³/cm.atm.s.

5. REFERÊNCIAS

- AMARAL, L. S. **Penetração e retenção do preservante em *Eucalyptus* com diferentes diâmetros**. 2012. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- BOTELHO, G. M. L.; SANTANA, M. A. E.; ALVES, M. V. S. Caracterização química, durabilidade natural e tratabilidade da madeira de seis espécies de *Eucalyptus* plantadas no Distrito Federal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 115- 121, 2000.
- CASTRO, A. F. N. M. **Efeito da idade e de materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. na madeira e no carvão**. 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

- CASTRO, V. R. **Efeito do potássio, sódio e da disponibilidade hídrica no crescimento e qualidade do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2014. 141f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba, 2014.
- CHERELLI, S. G. **Cerne e alburno em eucaliptos: influência da espécie e da idade nas propriedades tecnológicas**. 2015. 152f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015.
- EVANGELISTA, W. V. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, oriunda de consórcio agrossilvipastoril**. 2007. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- FEUCHARD, L. D. **Influência do espaçamento de plantio e idade de colheita na qualidade da madeira de eucalipto para celulose**. 2015. 42f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2015.
- GOMINHO, J, KNAPIC, S, PEREIRA, H. Cerne e borne – Factores de variação da qualidade tecnológica das árvores. **Revista Sociedade Portuguesa dos Materiais**, Lisboa, v. 16, p. 99-107, 2004.
- GOMINHO, J.; PEREIRA, H. The influence of tree spacing in heartwood content in *Eucalyptus globulus* Labill. **Wood and Fiber Science**, Berlin, v. 37, n. 4, p. 582-590, 2005.
- GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. F.; NAPPO, M. E.; TOMAZELLO FILHO, M. Parâmetros dendrométricos e correlações com as propriedades tecnológicas em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 947-959, 2010.
- HARRIS, F. **The effect of competition on stand, tree, and wood growth and structure in subtropical *Eucalyptus grandis* plantations**. 2007. 193f. Thesis (Doctor of Philosophy) – School of Environmental Science and Management, Southern Cross University, Lismore, 2007.
- HILLIS, W. E. **Heartwood and tree exudates**. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 268 p.
- LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996. 301p.
- LOURENÇO, A. C. S. **The influence of *Eucalyptus globulus* heartwood in pulp production**. 2008. 56f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal e Recursos Florestais) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.
- MIRANDA, I.; GOMINHO, J.; PEREIRA, H. Variation of heartwood and sapwood in 18-year-old *Eucalyptus globulus* trees grown with different spacings. **Trees**, Berlin, v. 23, n. 2, p. 367-372, 2009.
- OLIVEIRA, A. C. **Secagem de toras de eucalipto**. 2015. 71f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.
- PANSHIN, A.J.; De ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. New York: Mc-Graw Hill, 1980. 722p.

PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. V.; SANTOS, L. C. Correlações entre a relação Cerne/Alburno da madeira de eucalipto, rendimento e propriedades do carvão vegetal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 217-225, 2013.

PINHEIRO, M. A. **Influência das dimensões da madeira na secagem e nas propriedades do carvão vegetal**. 2013. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

SIAU, J. F. **Flow in wood**. Syracuse: Syracuse University Press, 1971. 131p.

SIAU, J. F. **Transport processes in wood**. New York: Springer Wood Science, 1984. 245p.

SILVA, M. R.; MACHADO, G. O.; DEINER, J.; CALIL JUNIOR, C. Permeability Measurements of Brazilian *Eucalyptus*. **Materials Research**, São Carlos, v. 13. p. 281-286. 2010.

SHINOZAKI, K.; YODA, K.; HOZUMI, K.; KIRA, T. A quantitative analysis of plant form – the pipe model theory I. basic analyses. **Japanese Journal of Ecology**, v. 14, n. 3, p. 97-105. 1964.

TEIXEIRA, R. U. **Efeito da produtividade florestal e permeabilidade da madeira de eucalipto na velocidade de secagem**. 2015. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

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

TOMAZELLO FILHO, M. **Efeito da irrigação e fertilização nas propriedades do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* x *urophylla***. 2006. 146f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba, 2006.

CAPÍTULO II

EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NAS PROPRIEDADES DA MADEIRA DE CLONES DE EUCALIPTO EM CURTA ROTAÇÃO

Resumo: Dentre os fatores condicionantes da produção florestal, destaca-se o espaçamento de plantio, o qual interfere no desenvolvimento da floresta e nas propriedades da madeira. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da área útil proporcionada por diferentes espaçamentos de plantio (3x1, 3x2, 3x3 e 3x4 m) nas propriedades da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos 4 anos de idade. A madeira foi avaliada quanto à densidade básica, massa seca, características anatômicas e químicas e também quanto ao poder calorífico superior. O espaçamento de plantio explicou parte das variações na densidade básica, massa seca, diâmetro e frequência de vasos e espessura de parede das fibras da madeira em pelo menos um dos três clones estudados. Independente do clone, o comprimento e a fração parede das fibras, bem como o teor de extrativos, lignina e de cinzas, e o poder calorífico superior da madeira aos 4 anos de idade não foram influenciados pelo espaçamento de plantio. Mesmo quando atestado significância nas equações de regressão em determinadas propriedades, a variação do valor das mesmas entre os espaçamentos foi bastante discreta, concluindo que, de maneira geral, o espaçamento de plantio não interferiu de forma evidente nas propriedades da madeira dos clones avaliados aos 4 anos de idade.

Palavras-chave: qualidade da madeira, área útil, *Eucalyptus*.

CHAPTER II

EFFECT OF PLANTING SPACING ON WOOD PROPERTIES OF EUCALYPTUS CLONES IN SHORT ROTATION

Abstract: Among the conditioning factors of forest production, stands out the plant spacing, which interferes with the development of the forest and the properties of the wood. The objective of this work was to evaluate the effect of the useful area provided by different planting spacings (3x1, 3x2, 3x3 and 3x4 m) on the wood properties of *Eucalyptus grandis* clones and the *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* hybrid of 4-year-old. The wood was evaluated for basic density, dry mass, anatomical and chemical characteristics and also for the gross calorific value. Planting spacing explained part of the variations in basic density, dry mass, vessel diameter and frequency, and wall thickness of wood fibers in at least one of the three clones studied. Regardless of the clone, the length and fibers wall fraction, as well as the extractive, lignin and ash contents, and the gross calorific value of the wood of 4-year-old were not influenced by planting spacing. Even when attested in the regression equations in certain properties, the variation of their values between the spacings was quite discreet, concluding that, in general, the plant spacing did not interfere with the wood properties of the clones evaluated of 4-year-old.

Keywords: wood quality, useful area, *Eucalyptus*.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os fatores que interferem na qualidade da madeira está o espaçamento de plantio. A distância entre as árvores influencia a qualidade do lenho; a quantidade de árvores por hectare; os custos de implantação; a idade de estagnação do crescimento; as atividades de manejo e colheita, bem como o volume de madeira produzida (SANQUETTA et al, 2003).

O espaçamento de plantio determina a intensidade de competição por recursos entre as árvores, tais como nutrientes, água e luz solar (HARRINGTON et al., 2009; SHMULSKY; JONES, 2011). Em geral, os espaçamentos mais amplos proporcionam maiores diâmetros; menor custo de implantação, em decorrência do número de árvores (FISHWICK, 1976); menor taxa de mortalidade; maior facilidade de mecanização e extração (GUIMARÃES, 1957); menor proporção de árvores dominadas; maior conicidade; maior tortuosidade; ramos mais grossos; e copas mais extensas (COUTO et al., 1977). Os menores espaçamentos, por vezes, caracterizam-se pela maior produção volumétrica por área; galhos menores; menor conicidade do fuste; rápido fechamento do dossel, dificultando o aparecimento de plantas invasoras (FISHWICK, 1976); maior mortalidade das árvores; dificuldade de mecanização; e maiores custos de implantação.

Os estudos sobre o efeito do espaçamento nas propriedades da madeira de eucalipto plantado no Brasil concentram-se, especialmente, na densidade básica, possivelmente, por ela influenciar no consumo específico de madeira nas fábricas de celulose; por interferir na qualidade e produtividade do carvão; por relacionar-se com outras propriedades da madeira, além de fácil determinação. Observa-se a carência de trabalhos científicos que relacionem a densidade de plantio de árvores jovens à outras propriedades da madeira.

O espaçamento de plantio tem sido uma ferramenta importante para silvicultura brasileira e mundial, visto que as empresas do setor florestal estão investindo em experimentos adensados e em ciclos curtos de rotação. Contudo, cada espécie, clone ou variedade responde de maneira singular às condições de crescimento impostas pelo espaçamento de plantio, ocasionando variações nas propriedades da madeira. Desta forma, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a influência do espaçamento de plantio nas propriedades da madeira de clones de *Eucalyptus* em curta rotação.

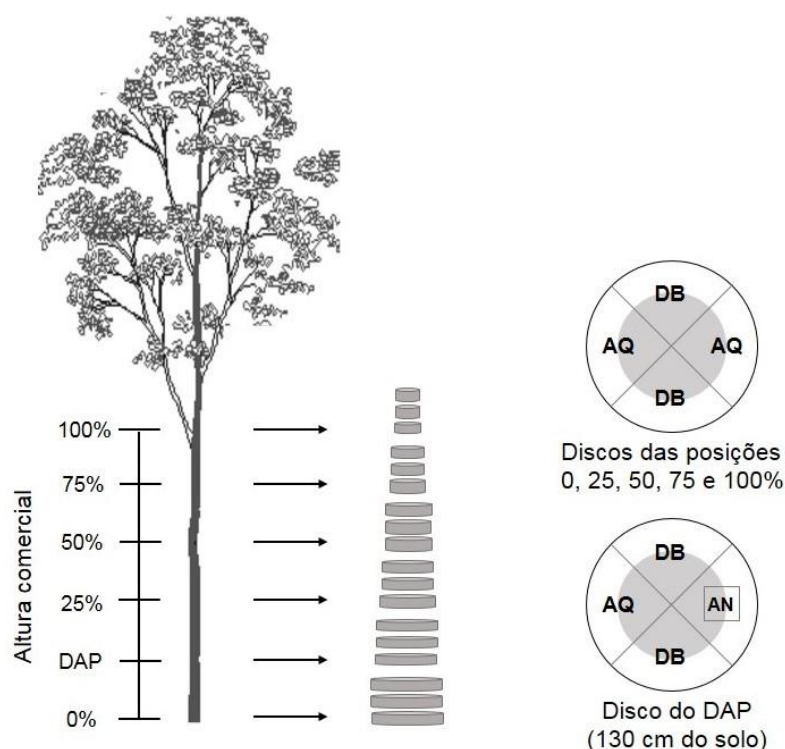
2. METODOLOGIA

Material e amostragem

O material utilizado no estudo foi procedente de dois clones de *E. grandis* e um clone do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* provenientes de plantios experimentais da empresa SUZANO PAPEL e CELULOSE, localizados em Paranapanema, São Paulo, entre as coordenadas 23°23'19" de latitude sul e 48°43'22" de longitude oeste, a uma altitude de 610 metros. A precipitação média anual no espaço temporal do plantio (2010-2014) foi igual a 1300 mm, com temperatura média de 20° C. O solo é classificado como latossolo vermelho.

Os clones foram implantados em quatro espaçamentos (3x1, 3x2, 3x3 e 3x4 m) e 48 árvores foram colhidas, sendo 16 árvores por clone (4 árvores por espaçamento). Após o corte, o volume de madeira de cada árvore foi estimado pelo método de Smalian. De cada árvore foram retirados 18 discos, 3 discos correspondentes a cada posição: 1,3 m do solo (DAP) e 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial (Figura 1).

Figura 1 - Esquema de amostragem das árvores, com demarcação das posições de retirada dos discos e especificações quanto às análises tecnológicas (Densidade Básica – DB; Análise Química – AQ; e Anatomia – AN).



Fonte: o autor.

Propriedades da madeira

Duas cunhas opostas por disco, referente a cada uma das 6 posições ao longo do fuste, foram imersas em água para completa saturação e a densidade básica média foi obtida, segundo a ABNT NBR 11941 (ABNT, 2003). Posteriormente, foi estimada a massa seca de madeira sem casca por árvore e por hectare, utilizando a equação:

$$MS = V \times DB$$

Em que MS: massa seca de madeira (ton); V: volume da árvore sem casca e DB: densidade básica da madeira.

A mensuração dos vasos e fibras foi realizada a partir de amostras (1,0 x 1,5 x 2,0 cm) retiradas dos discos do DAP, na região do cerne periférico. Com auxílio de um micrótomo realizaram-se cortes histológicos transversais nas amostras para determinação do diâmetro e frequência dos vasos. Em seguida, as mesmas amostras foram transformadas em palitos para preparo do macerado para dissociação dos elementos celulares e, então foi feita a mensuração do comprimento e largura das fibras, bem como do diâmetro do lúmen e, indiretamente, a fração parede e a espessura da parede celular, segundo metodologia descrita por Ramalho (1987).

Os teores de extrativos, lignina e cinzas, bem como, o poder calorífico superior (PCS) da madeira foram realizados por meio de uma amostragem composta da árvore. Duas cunhas opostas referentes a cada uma das 6 posições, foram fragmentadas em cavacos, os quais foram moídos e a serragem classificada em peneiras com malha de 40 e 60 *mesh*. Da serragem retida na malha de 60 *mesh* procedeu-se a extração em acetona, segundo a norma TAPPI T280 pm-99 (Tappi Technical Divisions and Committees – TAPPI, 2006). A lignina total foi quantificada após determinação e soma da lignina solúvel, segundo metodologia desenvolvida por Gomide e Demuner (1986) e lignina insolúvel, através da equação descrita por Goldschimid (1971). Para quantificação do teor de cinzas seguiu-se a metodologia descrita pela NBR 8112 (ABNT, 1983) e o poder calorífico superior da madeira conforme diretrizes da NBR 8633 (ABNT, 1983).

Análise estatística dos dados

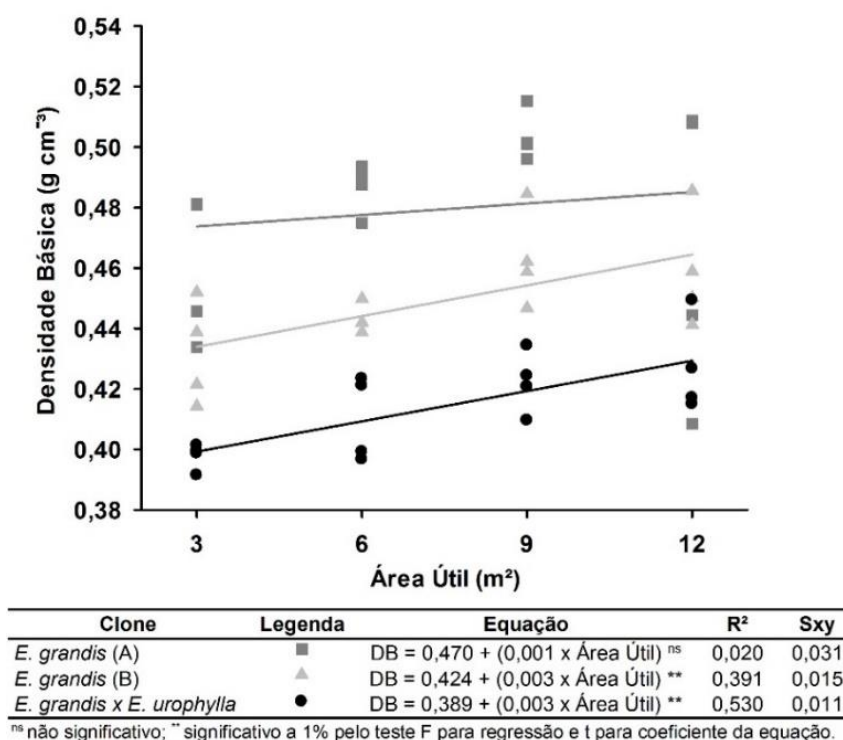
O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram avaliados quanto às pressuposições de variância comum (homocedasticidade) e normalidade dos erros experimentais por meio dos testes de

Cochran e Shapiro-Wilk, respectivamente, ambos utilizando $\alpha = 0,01$. Posteriormente, foram realizadas análises de regressão linear com o propósito de analisar o efeito da área útil (variável independente) de quatro espaçamentos (3 x 1, 3 x 2, 3 x 3 e 3 x 4 m) na densidade básica e massa seca de madeira; diâmetro e frequência de vasos; comprimento, espessura e fração parede das fibras; teor de extrativos, lignina e cinzas e poder calorífico superior da madeira dos três clones de eucalipto. Para cada parâmetro anatômico procedeu-se à 20 medições por amostra e para as análises químicas e do poder calorífico superior as análises foram realizadas em duplicata.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito da área útil, proporcionada pelo espaçamento de plantio, foi significativo pelos modelos ajustados para densidade básica da madeira apenas dos clones *E. grandis* (B) e *E. grandis* x *E. urophylla*, explicando em 39 e 53% a densidade desses clones, respectivamente (Figura 2).

Figura 2 - Equações lineares ajustadas para estimar a densidade básica (DB) da madeira em função da área útil por árvore para os três clones de *Eucalyptus*.



Fonte: o autor.

De modo geral, a densidade básica da madeira foi maior nos espaçamentos mais amplos, com acréscimos, do espaçamento 3x1 para o 3x4 m, de 2,2; 7,0 e 7,5% para *E. grandis* (A), *E. grandis* (B) e *E. grandis* x *E. urophylla*, respectivamente. Apesar das condições semelhantes de desenvolvimento, os incrementos de densidade em virtude do espaçamento de plantio são peculiares a cada material genético.

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).

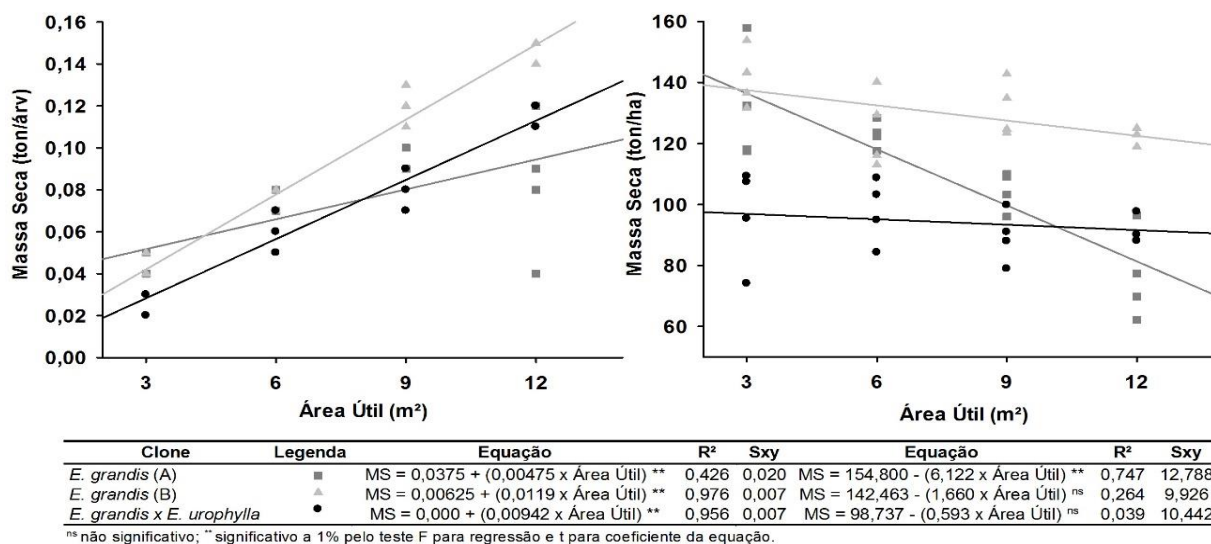
Acréscimos na densidade básica com o aumento do espaçamento também foram observados na madeira de *E. grandis* x *E. camaldulensis* aos 2; 6,5 (PAULINO, 2012) e 7 anos de idade, aproximadamente (ROCHA, 2011; PAULINO, 2012); e *E. saligna* aos 10,5 anos de idade (BERGER, 2000). Todavia, a densidade básica apresentou tendência de diminuir com o aumento da área útil em *E. urophylla* aos 9 anos de idade (MIGLIORINI et al., 1980) e *E. grandis* aos 10 anos de idade (GARCIA et al., 1991). Não se observou influência do espaçamento entre as árvores na densidade da madeira de *E. alba*, *E. saligna* e *E. grandis* aos 5 anos de idade (BRASIL et al., 1971); *E. grandis* x *E. camaldulensis* aos 4, 5 e 6 anos, aproximadamente (ROCHA, 2011; PAULINO, 2012) e *E. benthamii* aos 6 anos (BENIN, 2014).

Segundo Panshin e de Zeeuw (1980) em espécies de folhosas de porosidade difusa, a taxa de crescimento das árvores, influenciada pelo espaçamento de plantio, exerce pouco efeito na densidade da madeira, o que é comprovado neste estudo bem como nos citados acima, sendo a variação máxima na densidade menor que 10% entre os espaçamentos de plantio.

A massa seca de madeira é também um parâmetro relevante principalmente quando a madeira é destinada à produção de energia, de polpa e papel e de chapas de fibras (TRUGILHO, 2009), sendo desejável uma maior quantidade de massa seca por área ao final do ciclo de rotação. A quantidade de massa seca de madeira por árvore foi significativamente influenciada pelo espaçamento, independente do clone avaliado, sendo os coeficientes de determinação do *E. grandis* (B) e do *E. grandis* x *E. urophylla* mais expressivos do que o coeficiente do *E. grandis* (A) (Figura 3). Ressalta-se que essa mesma tendência foi encontrada para a densidade básica. Os espaçamentos mais amplos proporcionaram uma maior quantidade de massa seca

individual, em função dos maiores valores de densidade básica e de volume de madeira observados.

Figura 3 - Equações lineares ajustadas para estimar a massa seca (MS) de madeira em função da área útil por árvore para os três clones de *Eucalyptus*.



Fonte: o autor.

Observaram-se acréscimos de 111,8; 247,1 e 318,3% na massa seca de madeira por árvore do espaçamento 3x1 para o 3x4 m em *E. grandis* (A); *E. grandis* (B) e *E. grandis* x *E. urophylla*, respectivamente. Esses valores se devem aos incrementos volumétricos de cada material genético.

O maior espaçamento entre as árvores proporcionou maior quantidade de massa seca por árvore devido ao maior crescimento individual em diâmetro e altura, enquanto os menores espaçamentos contribuíram para a maior quantidade de massa seca por hectare, em virtude da maior frequência de indivíduos na área.

A área útil explicou de forma significativa, aproximadamente, 75% da produção de massa seca de madeira por hectare para o *E. grandis* (A), uma vez que a maior quantidade de massa seca por área concentrou-se nos espaçamentos mais adensados, corroborando com o encontrado para *E. grandis* x *E. urophylla* com idade aproximada de 3 anos (TORRES et al., 2016); *E. grandis* x *E. camaldulensis* aos 4, 5, 6 e 7 anos, aproximadamente (ROCHA, 2011) e *E. grandis* aos 10 anos de idade (GOULART et al., 2003; GARCIA et al., 1991).

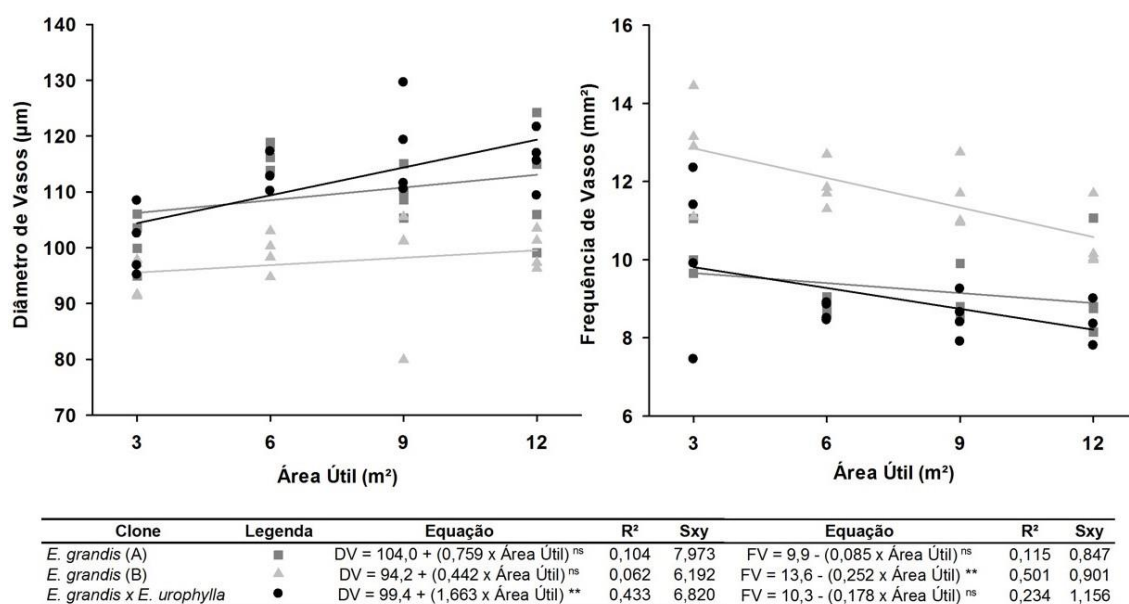
Dos parâmetros anatômicos da madeira, apenas o diâmetro e a frequência de vasos e a espessura de parede das fibras foram influenciados pelo espaçamento de

plântio em pelo menos um dos três clones avaliados. O comprimento e a fração parede das fibras não foram suscetíveis à mudança de espaçamento em nenhum dos três clones.

Os vasos compõem uma das principais células que formam a madeira, sendo responsáveis pelo transporte de líquidos na árvore e, com o crescimento, as plantas aumentam sua capacidade de condução de água e sais minerais, acarretando em alterações no diâmetro e frequência dos vasos (TOMAZELLO FILHO, 1987).

O diâmetro de vasos apresentou tendência de aumento, para os três clones, à medida que aumentou o espaçamento de plântio entre as árvores, no entanto, foi significativo somente para o clone *E. grandis* x *E. urophylla*, explicando 43% dessa variação (Figura 4), com acréscimo de 15% do espaçamento 3x1 para o 3x4 m. De maneira geral, Feuchard (2015) também verificou acréscimo de 3,3% no diâmetro de vasos do espaçamento 3x1 para o 3x4 m em *E. grandis* x *E. urophylla* entre 4 e 5 anos.

Figura 4 - Regressão linear para estimar o diâmetro (DV) e frequência (FV) dos vasos em função da área útil por árvore (m²) para os três clones de *Eucalyptus*.



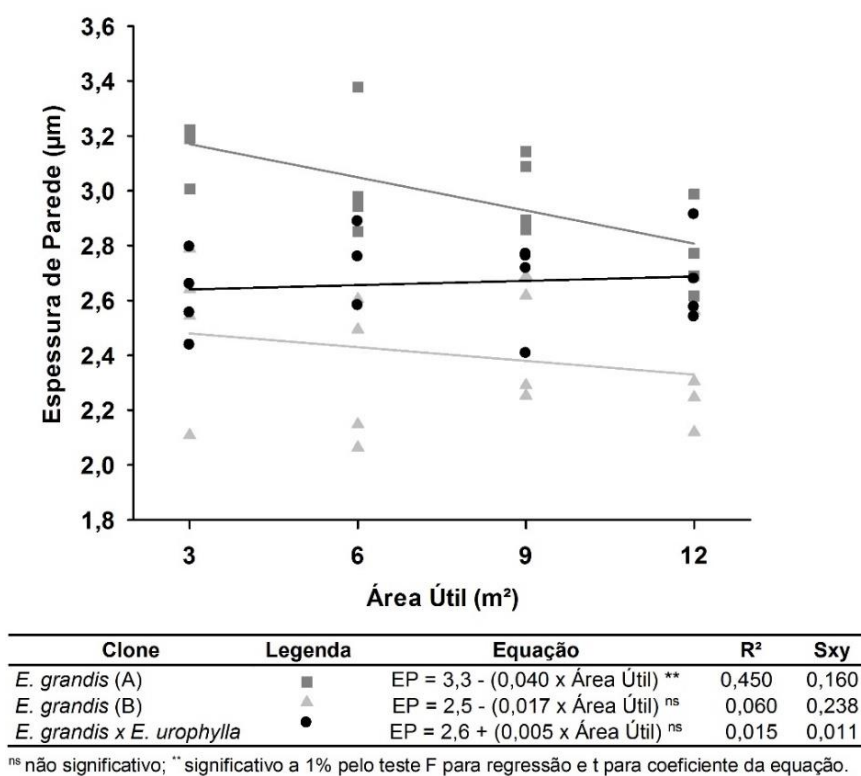
Fonte: o autor.

A frequência de vasos tendeu a diminuir com o aumento do espaçamento de plântio para os três clones, sendo significativo o efeito da área útil apenas na madeira do clone *E. grandis* (B), explicando 50% da variação, com redução de 18,8% do espaçamento 3x1 para o 3x4 m. Tendência de decréscimo da frequência de vasos em

16,8%, em média, com aumento da área útil também foi observada por Feuchard (2015) em *E. grandis* x *E. urophylla* entre 4 e 5 anos.

A variação na espessura de parede das fibras do *E. grandis* (A) foi explicada em 45% pela área útil, mas para os demais clones não se observou efeito do espaçamento para essa variável. Nas madeiras dos clones *E. grandis* (A) e (B) a espessura de parede tendeu a decrescer com o aumento da área útil entre as árvores, enquanto no híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* houve acréscimo de 2,8% nos valores do espaçamento 3x1 para o 3x4 m (Figura 5).

Figura 5 - Regressão linear para estimar a espessura de parede (EP) em função da área útil por árvore (m²) para os três clones de *Eucalyptus*.



Fonte: o autor.

A espessura da parede celular está ligada a fatores genéticos e ambientais, assim como à idade da árvore (SILVA et al., 2007) e, por vezes, pode relaciona-se à densidade básica da madeira, o que não foi observado neste estudo. A área de vasos, bem como a percentagem de parênquima também podem causar efeito na densidade (KLOCK et al., 2006), explicando os resultados encontrados.

Feuchard (2015) não constatou variação significativa da espessura de parede em razão do espaçamento de plantio para três dos quatro clones avaliados de *E.*

grandis x *E. urophylla* aos 4 e 5 anos de idade, sendo que o clone C apresentou a maior variação do espaçamento 3x1 para o 3x4 m, com redução de 9,6%.

Não foi observada nenhuma alteração significativa no comprimento e na fração parede das fibras em função do espaçamento entre as árvores, independente do clone.

Diferenças significativas no comprimento das fibras em relação ao espaçamento de plantio foram encontrados na literatura para a madeira de *E. urophylla* x *E. grandis*, de apenas 2 anos de idade, com aumento de 2,7% do espaçamento 1x1 para o 2x2 m (TIENNE et al., 2009) e de, em média, 6% do espaçamento 3x1 para o 3x4 m no mesmo híbrido, para a madeira entre 4 e 5 anos (FEUCHARD, 2015).

De acordo Gonzalez et al. (1986) a fração parede (FP) relaciona-se à rigidez das fibras e valores superiores a 40% admite-se que as fibras são extremamente rígidas, pouco flexíveis e com reduzido potencial de ligação. Neste estudo, a percentagem de FP variou entre 26 e 36%, portanto, formaria um papel mais denso e com melhores resistências, resultado de uma satisfatória união fibra-fibra. Um padrão desuniforme e não significativo de variação na fração parede em função do espaçamento de plantio também foi observado por Feuchard (2015), sendo os maiores valores encontrados geralmente no espaçamento 3x3 metros, aos 4 e 5 anos de idade.

A morfologia das fibras varia entre e dentre árvores, podendo ser influenciada por fatores genéticos e silviculturais, bem como, pela alteração da idade de corte da madeira (ZOBEL; BUIJTENEN, 1989). Contudo, a idade jovem do material estudado (4 anos) não permitiu distinção anatômica da madeira ao variar o espaçamento de plantio entre as árvores, atestando pouco ou nenhum efeito do mesmo sobre os parâmetros dos vasos e fibras da madeira.

A área útil não influenciou os teores de extrativos, lignina, cinzas e o poder calorífico superior da madeira de eucalipto aos 4 anos de idade e, os valores médios, por clone, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios dos teores de extrativos, lignina e cinzas e do poder calorífico superior da madeira dos três clones de *Eucalyptus*.

Clone	Extrativos (%)	Lignina (%)	Cinzas (%)	PSC (kcal/kg)
<i>E. grandis</i> (A)	1,17	27,30	0,42	4381
<i>E. grandis</i> (B)	1,23	28,25	0,48	4431
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,94	27,94	0,62	4397

Souza (2012) estudou o efeito do espaçamento de plantio na qualidade da madeira de *E. grandis* e *E. urophylla* x *E. grandis*, com idade aproximada de 4,5 anos, e também não verificou efeito significativo no teor de extrativos e lignina, mas observou influencia no teor de cinzas, com acréscimo de 23% do espaçamento 3x3 para o 9x2 m, o que pode estar associado à maior disponibilidade de nutrientes e água no solo, devido à menor competição entre as árvores no espaçamento menos adensado.

Rocha (2011) também não encontrou efeito do espaçamento no teor de extrativos de *E. grandis* x *E. camaldulensis*, com idade aproximada de 7 anos, mas observou influencia no teor de lignina, sendo os maiores valores encontrados nos espaçamentos mais amplos, provavelmente pelo incremento em altura das árvores proporcionado pela maior área útil, apresentando assim maior quantidade de lenho juvenil, o qual possui, de modo geral, maior percentual de lignina.

A área útil também não causou efeito no poder calorífico da madeira de *E. urophylla* x *E. grandis* aos 2,5 anos de idade (SARTÓRIO, 2014) e em *E. grandis* x *E. camaldulensis* aos 7 anos (ROCHA, 2011).

Os resultados ora conflitantes com outros autores podem ser justificados por fatores que atuam conjuntamente com o espaçamento de plantio, tais como: idade das árvores, material genético, local de crescimento (fatores edafoclimáticos) e outros tratamentos silviculturais, como a adubação.

4. CONCLUSÃO

De maneira geral, o espaçamento de plantio não interferiu de forma significativa nas propriedades da madeira dos 3 clones avaliados aos 4 anos de idade.

Mesmo quando atestado significância nas equações de regressão em determinadas propriedades (densidade básica, massa seca, espessura de parede das fibras e diâmetro e frequência de vasos) a variação desses valores entre os

espaçamentos foi discreta, sendo observado na produção de massa seca por árvore o efeito mais expressivo do espaçamento de plantio.

O comprimento e a fração parede das fibras, bem como o teor de extrativos, lignina e de cinzas, e o poder calorífico superior da madeira aos 4 anos de idade não foram influenciados pelo espaçamento de plantio em nenhum dos três materiais genéticos. Possivelmente, na idade de avaliação (quatro anos), a competição entre indivíduos ainda não tenha atingido intensidade suficiente ao ponto de alterar essas características da madeira.

Por fim, a baixa influência do espaçamento de plantio nas propriedades da madeira aos 4 anos para os 3 clones estudados permite ao silvicultor a implantação de florestas em espaçamentos reduzidos, de modo a maximizar o uso da terra, caso seja economicamente viável e operacionalmente possível. Vale ressaltar que neste estudo não foi feita uma análise econômica, impossibilitando a indicação de um espaçamento ideal.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8112**: Carvão vegetal – análise imediata, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8633**: Carvão vegetal - Determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro. 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11941**: madeira – determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.

BENIN, C. C. **Efeito do espaçamento na produção, variáveis dendrométricas e propriedades da madeira de *Eucalyptus benthamii***. 2014. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2014.

BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw, *E. saligna* Smith e *E. grandis* Hill Ex-Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento. **IPEF**, Piracicaba, n. 2/3, p. 129-149, 1971.

COUTO, L., BRANDI, R. M., CONDÉ, A. R. et al. Influência do espaçamento no crescimento do *Eucalyptus urophylla*, de origem híbrida, cultivado na região de Coronel Fabriciano, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 1, n. 2, p.57-71, 1977.

FEUCHARD, L. D. **Influência do espaçamento de plantio e idade de colheita na qualidade da madeira de eucalipto para celulose**. 2015. 42f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2015.

- FISHWICK, R.W. Estudos de espaçamentos e desbastes em plantações brasileiras. **Brasil Florestal**, Brasília, v.7, n.26, p.13-23, 1976.
- GARCIA, C.H.; CORRADINE, L., ALVARENGA, S.F. **Comportamento florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos**. Piracicaba: IPEF, 1991. (Circular Técnica, 179).
- GOLDSCHIMID, O. "Ultraviolet spectra," in **Lignins**, K. V. Sarkanen and C. H. Ludwing, Eds., pp. 241–266, Wiley Interscience, New York, 1971.
- GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O Papel**, São Paulo, v. 47, n. 8, p. 36-38, 1986.
- GONÇALEZ, J. C.; GOMIDE, J. L.; VITAL, B. R. Estudos tecnológicos da madeira de brotações de *Eucalyptus grandis* para produção de celulose Kraft. **Revista Árvore**, Viçosa, v.10, n.1, p.1-15, 1986.
- GOULART, M.; HASELEIN, R.; HOPPE, J. M.; FARIAS, J. A.; PAULESKI, D. T. Massa específica básica e massa seca de madeira de *Eucalyptus grandis* sob o efeito do espaçamento de plantio e da posição axial no tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 167-175, 2003.
- GUIMARÃES, R.F. Ensaio de espaçamentos em *Eucalyptus saligna*, para produção de lenha. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, v.9, n.9, p.144-172, 1957.
- HARRINGTON, T. B.; HARRINGTON, C. A.; DEBELL, D. S. Effects of planting spacing and quality site on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). **Forest Ecology and Management**, New York, v. 258, p. 18-25, 2009.
- KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da Madeira**. 3.ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005. 81p.
- MELLO, H. A.; SIMÕES, J. W.; FERREIRA, C. A.; BRASIL, U. M. Influência do espaçamento e da idade de corte na produção de madeira de eucalipto em solo de cerrado. **IPEF**, Piracicaba, n.13, p.143-162, 1976.
- MIGLIORINI, A. J.; BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Influência das práticas silviculturais na produção de carvão vegetal. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, n. 104, 1980.
- PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4. ed., New York, USA: McGraw – Hill Book Company, 1980. 722p.
- PAULINO, E. J. **Influência do espaçamento e da idade na produção de biomassa e na rotação econômica em plantios de eucalipto**. 2012. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.
- RAMALHO, R. S. **O Uso de macerado no estudo anatômico de madeira**. Viçosa, MG: UFV, 1987.4p.

ROCHA, M. F. V. **Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* para energia**. 2011. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

SANQUETTA, C. R.; MORA, A. L.; BORSATO, R.; VIDAL, M. A. S.; PEIXOTO A. M. M.; CHIARANDA, R. Efeito do espaçamento de plantio em reflorestamentos de *Pinus taeda* L. em Jaguariaíva - PR. **Acadêmica**, Curitiba, v.1, n. 1, p. 55-61, 2003.

SARTÓRIO, I. P. **Avaliação e modelagem do crescimento de florestas energéticas de eucalipto plantadas em diferentes densidades**. 2014. 136f. Mestrado (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SHMULSKY, R.; JONES, P. D. **Forest Products and Wood Science an introduction**. 6. ed. Wiley-Blackwell Inc. 2011. 496p.

SILVA, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; OLIVEIRA, J. T. S.; CASTRO, V. R. Influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *E. grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1081-1090, 2007.

SOUZA, F. M. L. **Estudo comparativo da madeira e polpação de *Eucalyptus urophylla* e do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* em dois modelos silviculturais**. 2012. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012.

TAPPI, “Acetone extractives of wood and pulp,” **TAPPI Standard Methods T280 pm-99**, Technical Association of The Pulp and Paper Industry (TAPPI), Atlanta, Ga, USA, 2006.

TIENNE, D. L. M.; OLIVEIRA, J. N.; PALERMO, G. P. M.; SOUSA, J. S.; LATORRACA, J. V. F. Influência do espaçamento no ângulo das microfibrilas e Comprimento de fibras de clone de eucalipto. **Revista Forestal Latinoamericana**, Mérida, v. 24, n. 1, p. 67-83, 2009.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenoides*. **IPEF**, Piracicaba, v. 36, p. 35-42, 1987.

TORRES, C. M. M. E.; OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C.; JACOVINE, L. A. G.; NETO, S. N. O.; CARNEIRO, A. C. O.; TORRES, C. M. M. E. Estimativas da produção e propriedades da madeira de eucalipto em sistemas agroflorestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 137-148, 2016.

TRUGILHO, P. F. Densidade básica e estimativa de massa seca e de lignina na madeira em espécies de *Eucalyptus*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1228-1239, 2009.

6. CONCLUSÃO GERAL

De maneira geral, o espaçamento de plantio não afetou significativamente as propriedades da madeira.

Os valores de densidade básica, massa seca, diâmetro e frequência de vasos e espessura de parede das fibras foram, em parte, explicados pelo espaçamento de plantio. O mesmo não causou nenhum efeito na relação C/A; percentagem e permeabilidade de cerne e alburno; comprimento e fração parede das fibras; teores de extrativos, lignina e cinzas, bem como no poder calorífico superior da madeira dos três materiais genéticos estudados aos 4 anos de idade. Possivelmente, na jovem idade de avaliação, a competição entre os indivíduos ainda não tenha atingido intensidade suficiente ao ponto de alterar essas características da madeira.

A baixa interferência do espaçamento de plantio neste estudo, permite ao silvicultor o plantio adensado em rotações reduzidas, caso seja economicamente viável e operacionalmente possível.