



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

**LAIRO DAVID FEUCHARD**

**INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO E IDADE DE COLHEITA NA  
QUALIDADE DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA CELULOSE**

JERÔNIMO MONTEIRO-ES

2015

LAIRO DAVID FEUCHARD

**INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO E IDADE DE COLHEITA NA  
QUALIDADE DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA CELULOSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de concentração Tecnologia de Produtos Florestais.

Orientador: Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira

Coorientadora: Dr. Graziela Baptista Vidaurre

JERÔNIMO MONTEIRO-ES

2015

## **Agradecimentos**

A Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais pela oportunidade de cursar o mestrado.

A Fundação de Amparo à pesquisa do Estado do Espírito Santo (FAPES) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

À empresa Suzano Papel e Celulose pela doação das árvores, tornando possível o desenvolvimento deste trabalho, em especial a pesquisadora Marina Valin pela contribuição desde as primeiras etapas do projeto.

Aos meus pais Maria de Lourdes David Feuchard e José Ademir Martins Feuchard e ao meu irmão Lucas David Feuchard pelo apoio incondicional durante todos estes anos.

A minha esposa Joseana Pimentel Furieri, pela paciência, carinho, consideração e apoio.

A minha filha Maria Vitória, que mudou minha vida e minha maneira de ver o mundo, me fazendo descobrir um sentimento que não posso descrever em palavras.

Ao meu orientador professor José Tarcísio pela orientação, paciência e conhecimentos transmitidos durante todos esses anos, são mais de 5 anos trabalhando juntos até chegar neste momento.

A professora Graziela pelo apoio e conselhos dados durante a pesquisa, finalmente está pronto professora.

Aos professores Juarez Benigno Paes, Fabrício Gomes Gonçalves e Angélica de Cássia por fazerem parte da banca examinadora.

Ao técnico do laboratório de química da madeira Gilson Barbosa, ao técnico do Laboratório de Ciência da Madeira José Geraldo e ao funcionário da marcenaria Alberto (Betin), sem a colaboração de vocês não seria possível chegar até aqui.

Ao aluno de doutorado Dercilio Verly pela valiosa colaboração na análise dos dados.

Aos meus companheiros de república: Lucas, Sri, Max, Lucão, Luciano, Jair, Rafael, Jairo, as lembranças e os momentos ao longo desses 7 anos guardarei com carinho para o resto da vida.

Aos meus grandes amigos do NEDTEC e de toda uma vida de graduação e pós-graduação: Allan Ewerton, Pedro Lício, Dercilio Verly, Ana Carolina Boa, Flavio

Cipriano, Pedro Nicó, Brunella Rodrigues, Gilson Barbosa, Tiago Gales, Suelen Martins, Gabriely Bobadilha, Ana Paula Câmara e, Vinicius Tinti.

A todos aqueles que contribuíram para que eu pudesse chegar até esse momento e que por esquecimento não estão citados aqui, meu sincero MUITO OBRIGADO.

## RESUMO

FEUCHARD, Lairó David. **Influência do espaçamento de plantio e idade de colheita na qualidade da madeira de eucalipto para celulose**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro – ES, Orientador: Prof. D. Sc. José Tarcísio da Silva Oliveira. Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. D. Sc. Graziela Baptista Vidaurre.

O gênero *Eucalyptus* tornou-se no Brasil uma importante fonte de matéria-prima para as diversas indústrias de base florestal. As plantações de eucalipto atingiram em 2013 a área plantada de 7,6 milhões de hectares, com crescimento 2,8% em relação ao ano anterior. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes espaçamentos de plantio (3x1, 3x2, 3x3 e 3x4 m) e duas idades (4 e 5 anos), na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Os clones utilizados na pesquisa foram plantados visando atender a indústria de celulose e papel. Foram realizados estudos anatômicos, químicos, da densidade básica e da relação cerne alburno da madeira. A densidade básica da madeira aumentou com o espaçamento de plantio e com a idade de corte de 4 para 5 anos. Os teores de extrativos solúveis em acetona diferiram em relação ao espaçamento de plantio, assim como com a idade de corte. O teor de lignina total apresentou uma tendência de aumento com o aumento da área útil. No estudo anatômico, o diâmetro tangencial e frequência dos vasos apresentaram acréscimo em função da idade. De modo geral foi observada diferença estatística para o comprimento das fibras nos diferentes espaçamentos, verificando aumento com o aumento da área útil de plantio, comportamento semelhante aos valores de fração e espessura da parede. A relação cerne alburno tendeu a aumentar com o aumento do espaçamento, chegando a apresentar aumento de mais de 200% do menor para o maior espaçamento de plantio.

**Palavras chave:** Plantios adensados, curta rotação, densidade básica, propriedades físicas e químicas.

## ABSTRACT

FEUCHARD, Lairó David. **Influence of planting space age in the eucalypt wood quality to pulpwood**. 2015. Dissertation (Master Degree in Forest Science) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro –ES, Adviser: Prof. D. Sc. José Tarcísio da Silva Oliveira. Co-Adviser: Prof<sup>a</sup>. D. Sc. Graziela Baptista Vidaurre.

The genus *Eucalyptus* has become in Brazil an important source of raw material for the various forest-based industries. Eucalyptus plantations reached in 2013 planted area of 7.6 million hectares, with 2.8% growth over the previous year. The objective of this study was to evaluate the influence of different planting spacing (3x1, 3x2, 3x3 and 3x4 m) and two ages (4 and 5 years) in the quality of Eucalyptus clones *urophylla* x *Eucalyptus grandis*. The clones used in the research were planted to meet the pulp and paper industry. Anatomical studies were conducted, chemical, basic density and sapwood/heartwood relationship of wood. The basic wood density increased with the planting spacing and cutting age of 4 to 5 years. Extractives soluble in acetone levels differ in relation to the planting spacing, as well as the age cutting. The total lignin content showed an increasing trend with increasing of spacing. In the anatomical study, the tangential diameter and frequency of vessels showed an increase with the age. In general statistical difference was observed for the length of the fibers in different spacing checking increased with the increase of planting area and similar to the behavior was observed to fraction and wall thickness values. The sapwood/heartwood ratio tended to increase with increasing spacing coming to present increase of over 200% of lowest to highest spacing of planting.

**Key words:** Wood quality, eucalypt planting spacing, cutting age.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 OBJETIVOS .....	2
1.1.1 Objetivo Geral .....	2
1.1.2 Objetivos Específicos .....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 O gênero <i>Eucalyptus</i> .....	3
2.2 Importância do gênero <i>Eucalyptus</i> para a indústria de celulose e papel .....	4
2.3 Influência dos fatores silviculturais na qualidade da madeira de <i>Eucalyptus</i> .....	5
2.4 Influência do espaçamento de plantio na qualidade da madeira .....	6
2.5 Efeito da idade nas propriedades da madeira de <i>Eucalyptus</i> .....	7
2.6 Densidade básica da madeira .....	8
2.7 Anatomia da madeira .....	9
2.8 Relação cerne/alburno .....	10
2.9 Química da Madeira .....	11
3. METODOLOGIA .....	13
3.1 Descrição da área de estudo e procedência do material .....	13
3.2 Amostragem da madeira .....	13
3.3 Densidade básica da madeira .....	14
3.4 Extrativos e lignina .....	15
3.5 Fibras, vasos e fração parede da madeira .....	15
3.6 Relação cerne/alburno .....	16
3.7 Análise estatística dos dados .....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
4.1 Densidade básica da madeira .....	18
4.2 Teores de extrativos e lignina .....	20
4.3 Anatomia da Madeira .....	22
4.4 Relação Cerne Alburno .....	27
5. CONCLUSÕES .....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	30
APÊNDICES .....	37

## 1. INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* no Brasil se tornou uma importante fonte de matéria prima para a indústria florestal. A área plantada com árvores no Brasil atingiu em 2013 7,6 milhões de hectares, crescimento de 2,8% na comparação com 2012. Os plantios de eucalipto representaram 72% desse total, o que evidencia a importância do gênero para as indústrias de base florestal. Entre as empresas florestais, o segmento de celulose e papel está entre as indústrias que mais consumiram a madeira do gênero *Eucalyptus* em 2013, chegando a consumir mais de 70% (Instituto Brasileiro de Árvores – (IBA, 2014).

A boa adaptabilidade e produtividade nas diversas condições edafoclimáticas brasileira são características que fazem do gênero *Eucalyptus* o mais utilizado nas plantações florestais nacionais (RODRIGUES, 2013), no entanto, essa grande utilização se deve também as pesquisas realizadas com o gênero. De acordo com Alzate (2004), os estudos e pesquisas nas áreas de fisiologia, melhoramento e genética florestal fizeram do Brasil um país reconhecido não somente por sua área de floresta plantada, mas também pelo elevado nível científico e tecnológico nas diversas áreas da eucaliptocultura.

As técnicas silviculturais aplicadas em um povoamento florestal agem de forma direta na qualidade da madeira, e os fatores silviculturais como espaçamento de plantio e idade de corte exercem papéis fundamentais no estabelecimento, condução da floresta e custos de produção, uma vez que influenciam a taxa de crescimento das árvores e as práticas de implantação, manejo e colheita (ROCHA, 2011).

Na maioria dos plantios florestais, a escolha do espaçamento entre árvores tem se fundamentado simplesmente no uso final da madeira, negligenciando fatores ecológicos e silviculturais importantes (SHIMOYAMA; BARICHELO, 1980). O espaçamento de plantio possui uma série de implicações silviculturais, tecnológicas e econômicas, com espécies diferentes se comportando de forma distinta dentro de um mesmo espaçamento de plantio.

O espaçamento de plantio e a idade de corte da árvore podem maximizar ou minimizar a produção de madeira, polpa celulósica ou material para bioenergia, por isso o estudo da influência desses fatores silviculturais na qualidade da madeira é



importante, principalmente no que tange uma redução nos custos finais da madeira, com a manutenção de sua qualidade.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Avaliar a influência do espaçamento de plantio e idade de corte na qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar o efeito o efeito da idade de corte das árvores nas propriedades físicas, químicas e anatômicas da madeira de clones de eucalipto para produção de celulose.
- Avaliar o efeito o efeito do espaçamento de plantio nas propriedades físicas, químicas e anatômicas da madeira de clones de eucalipto para produção de celulose.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 O gênero *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, tendo sua origem na Austrália, com exceção do *E. urophylla* e *E. deglupta*. Na literatura estão descritas aproximadamente 700 espécies, com diferentes exigências quanto a fertilidade de solo e tolerância a geada e a seca, o que possibilita o seu plantio em mais de 100 países, todos com importância econômica (Centro de Inteligência em Floresta - Cifloresta, 2014).

As árvores deste gênero podem se desenvolver em distintas condições ambientais, que vão desde áreas pantanosas, até muito secas, em solos de alta fertilidade, até solos arenosos muito pobres, sendo utilizado em regiões com diferentes níveis de precipitação e temperatura, o que possibilita sua adaptação as diferentes condições de diversos países (ASSIS, 1996). As espécies de eucalipto mais utilizadas mundialmente são o *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. globulus*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. viminalis*, *E. saligna* (ALZATE, 2004).

Devido às boas características de crescimento, aliado a uma qualidade dentro dos parâmetros aceitáveis, as espécies de *E. urophylla* e *E. grandis*, assim como seus híbridos são as mais utilizadas pelas indústrias de celulose no Brasil (LEITE, 2013).

A espécie *E. grandis* é nativo do norte de Nova Gales do Sul e da costa sul de Queensland, na Austrália, distribui-se principalmente entre altitudes de 0 - 300 m, se adaptando muito bem em regiões com precipitação entre 1000 e 1750 mm e valores de temperaturas médias máximas entre 29-32°C (Food and Agriculture of the United Nations - FAO, 2004).

A madeira desta espécie é considerada medianamente leve e fácil de trabalhar em operações de usinagem, possui baixa estabilidade dimensional e de elevada permeabilidade. É uma espécie versátil e indicada para usos múltiplos, apresentando, no entanto, problemas de empenamento, contrações e rachaduras nas operações de desdobro e de secagem (ALZATE, 2004).

A espécie *E. urophylla* possui maior ocorrência no Timor, Flores e outras ilhas da Indonésia. Ocorre em regiões com altitudes que variam de 300 a 3.000 m, e precipitações anuais de 1.000 a 2.000 mm. Espécie de grande potencialidade para

regiões de clima quente e de elevados déficits hídricos, com excepcional crescimento em baixas altitudes, além de boa resistência ao cancro, doença causada pelo fungo *Cryphonectria cubensis*. Para o seu cultivo a temperatura média máxima fica em torno de 32°C, e a mínima entre 8 e 12° (BISON, 2004).

Destacam-se no cenário nacional do segmento de celulose e papel os híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*, pelo rápido crescimento, com ciclos entre 6 e 7 anos de idade e por um bom desempenho na produção da polpa celulósica e papel (BASSA et al. 2007). Como consequência do cruzamento destas duas espécies surgem plantas com um bom crescimento, característica herdada do *E. grandis* e um leve aumento da densidade da madeira, além de melhorias no rendimento e propriedades físicas da polpa celulósica, características provenientes do *E. urophylla* (CARVALHO, 2000).

## **2.2 Importância do gênero *Eucalyptus* para a indústria de celulose e papel**

Em 2013 no Brasil, o consumo de madeira de árvores plantadas para uso industrial foi de 185,3 milhões de metros cúbicos (m<sup>3</sup>), um aumento de quase 2% em relação ao consumo em 2012. O segmento de celulose e papel consumiu neste mesmo ano cerca de 65 milhões m<sup>3</sup> de madeira, sendo 56 milhões m<sup>3</sup> provenientes de madeira de eucalipto. A produção nacional de celulose é predominantemente de madeira de eucalipto, que representa mais de 85% desse total. O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de celulose de fibra curta do eucalipto. A indústria brasileira compõe-se das empresas que produzem celulose e pasta de alto rendimento, sendo a polpa vendida tanto nos mercados doméstico quanto externo ou para ser usada na produção de papel pela própria empresa que a produz (IBA, 2014).

As árvores de eucalipto possuem bons aspectos silviculturais, possuindo de maneira geral, excelente crescimento, fácil plantio com baixa necessidade de poda, pois crescem de maneira retilínea e necessitam de uma área útil menor em comparação às demais árvores de fibra curta (SUZANO, 2009).

De acordo com Bassa et al. (2007), a polpa celulósica da madeira de eucalipto é geralmente empregada na produção de papel de impressão e escrita, pelas vantagens que apresenta sobre a celulose da madeira de coníferas em termos de formação e características superficiais das folhas.

A posição brasileira de destaque no mercado de celulose e papel foi alcançada em grande parte pela elevada produtividade das florestas de eucalipto e pela qualidade da polpa desse gênero. O Brasil é reconhecido mundialmente pelo elevado nível de pesquisa e tecnologias em diversas áreas da eucaliptocultura. Segundo Alves (2011), para o Brasil continuar o crescimento na produção de celulose será indispensável a contínua melhoria de produtividade das florestas clonais de *Eucalyptus* e da qualidade da madeira do gênero.

### **2.3 Influência dos fatores silviculturais na qualidade da madeira de *Eucalyptus***

Pode-se definir qualidade da madeira como um conjunto de fatores ou características físicas, mecânicas, químicas e anatômicas que conferem capacidade à madeira para determinada utilização. Somente com o conhecimento das características e da variabilidade da madeira é possível a elaboração de classes de qualidade e utilizar a madeira da melhor maneira possível.

Segundo Lima (2005), pode-se citar como fatores que influenciam a qualidade da madeira o sítio, idade, espaçamento, fertilização, desbaste desrama, melhoramento genético, colheita e métodos adequados de colheita. O espaçamento de plantio e o desbaste são tratamentos silviculturais que controlam a competição entre árvores, podendo assim influenciar os diversos parâmetros que compõem a qualidade da madeira.

Ressalta-se que a adubação e as características naturais de um solo, são fatores que podem influenciar a qualidade da madeira, pois aplicações de fertilizantes com objetivo de alterar as condições de crescimento são frequentemente associadas com importantes alterações na qualidade da madeira (BARBOSA et al. 2014). Estes mesmos autores realizaram um trabalho para verificar a influência da fertilização na qualidade da madeira de *Eucalyptus spp.* e concluíram que tal tratamento não influenciou significativamente os teores de lignina e extrativos, no entanto influenciou a densidade básica, tendo sido observado um decréscimo nesta propriedade com a fertilização.

A aplicação do desbaste no povoamento pode resultar na produção de árvores de grande porte, se houver melhor distribuição dos fatores de crescimento como água, luz e nutrientes. A capacidade do eucalipto em ocupar o sítio, após o desbaste, possibilita a utilização de sistemas de manejo com redução do mesmo e

de intensidade variando de moderada a pesada, desde que se preservem as árvores de classe dominante (CIPRIANO, 2010).

A desrama deve ser realizada o mais cedo possível, para obter uma madeira isenta ou de nós de pequenas dimensões, o que contribui para a qualidade da madeira. Nos plantios de eucalipto, dependendo do ritmo de crescimento do povoamento a idade em que os ramos estão verdes pode variar de 1,5 a 3 anos e, nessa idade faz-se a primeira desrama (COUTO, 1995; CIPRIANO, 2010).

## **2.4 Influência do espaçamento de plantio na qualidade da madeira**

A maioria dos plantios comerciais de eucalipto no Brasil é implantada para atender a produção de polpa celulósica, chapas de fibras e energia. A madeira é um material complexo e heterogêneo, por isso espera-se que o espaçamento de plantio ideal para a celulose por exemplo, não seja o mesmo indicado para outros segmentos como para energia (BALLONI, 1980).

O espaçamento de plantio pode ter uma série de implicações silviculturais, tecnológicas e econômicas, podendo afetar tanto a qualidade da madeira, bem como as práticas de exploração e manejo florestal, influenciando também os custos de produção (BALLONI, 1980). Para espécies de rápido crescimento, o espaçamento de plantio pode afetar direta e rapidamente a qualidade da madeira produzida, afetando o desenvolvimento e a produtividade das florestas (LELES et al. 1998; BERGER, 2000).

O espaçamento de plantio é um fator silvicultural que atua no crescimento da planta, podendo ser controlado de maneira eficiente pelo produtor, desempenhando um papel importante na obtenção de madeira de boa qualidade (BERGER, 2000).

Em um estudo com *Eucalyptus saligna* com diferentes espaçamentos, Berger 2000, concluiu que árvores dispostas em plantios adensados possuíam menores diâmetros do que aquelas que possuíam maior área. Souza et al. (2010) afirmaram que se o espaçamento for muito reduzido, as árvores não terão recursos suficientes para atender as necessidades do povoamento, no entanto se a densidade de plantio for muito elevada, tais recursos não serão aproveitados de maneira eficiente.

Goulart et al. (2003) em um trabalho com *Eucalyptus grandis*, observaram que espaçamentos maiores não influenciaram a densidade básica, o que contrasta com o encontrado por Berger (2000), que em um trabalho com *Eucalyptus saligna*,

observou o aumento da densidade básica com o aumento do espaçamento de plantio.

Ferreira et al. (2014) concluíram que o espaçamento influenciou no crescimento das árvores, observando que as árvores plantadas no 3,0 x 2,0 m apresentou o maior crescimento para a formação do povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Leles (2001), verificou que os espaçamentos com arranjo 3x2 e 3x3 m são os mais indicados para o estabelecimento de espécies de *Eucalyptus* na região do Cerrado, tendo como base os dados de produção de matéria seca de madeira. Segundo Martins (2008), à medida que as plantas são arranjadas em espaçamentos mais adensados, a contribuição das raízes para a matéria seca total vai diminuindo, no entanto espaçamentos muito amplos devem ser evitados uma vez que ocorre maior alocação de assimilados para raízes em detrimento da produção de madeira.

Tienne et al., (2009) constataram a tendência de aumento no comprimento das fibras conforme se aumentou o espaçamento em clones de *E. urophylla* x *E. grandis* com dois anos de idade. Ferreira et al. (1997) avaliando a influência de diferentes espaçamentos no teor de lignina do *E. dunnii*, observaram que no espaçamento 3 x 3 m o teor de lignina foi menor em relação aos demais. Em seu estudo com *Eucalyptus urophylla* para produção de carvão vegetal, Migliorini et al. (1980) verificaram que a madeira produzida sob espaçamentos mais adensados apresentou aumento na porcentagem de lignina total.

## **2.5 Efeito da idade nas propriedades da madeira de *Eucalyptus***

Gonçalves (2006), afirma que a idade das árvores contribui para modificar as características da madeira, influenciando no volume, na forma da árvore e no DAP. Alzate (2004), estudando 37 clones de *Eucalyptus grandis*, 17 de *E. saligna* e 27 para o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, verificou que a porcentagem de casca varia com a idade das árvore. Sturion et al., (1988) estudando o *E. viminalis* observaram o aumento da densidade com aumento da idade de quatro para sete anos. Esta tendência de aumento também foi observada por Moulin (2013), Rocha (2011) e Santana et al., (2012).

Morais (2008) observou correlação entre teor de hemicelulose e idade de corte da árvore. No mesmo trabalho o autor verificou correlação entre o teor de

lignina e a idade da árvore, com os teores de extrativos e cinza apresentando queda com o aumento da idade. Segundo Rocha (2011), de maneira geral, a madeira apresenta uma rápida elevação dos valores de densidade, comprimento de fibra, da fase juvenil até atingirem a maturidade em que os valores não possuem grandes variações, permanecendo mais ou menos constantes na fase adulta.

Comparada à madeira adulta, a juvenil caracteriza-se por sua menor densidade básica, maior ângulo microfibrilar, fibras com menor comprimento, paredes celulares mais finas, maior conteúdo de lignina, menor conteúdo de celulose, menor resistência e rigidez (MCALISTER; CLARCK, 1991).

## **2.6 Densidade básica da madeira**

A densidade da madeira pode variar entre espécies, árvores e até mesmo dentro da mesma árvore. Segundo Burguer e Richter (1991), a variação natural da densidade entre espécies é causada pela quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume ou à quantidade de espaços vazios nela existentes.

Para atingir altos níveis de produção e qualidade, as características tecnológicas da madeira devem ser mais homogênea possível. A uniformidade da densidade é fator importante, essa propriedade influencia tanto o processo de polpação quanto a qualidade da polpa celulósica (FANTUZZI NETO, 2012).

Vale ressaltar que a densidade básica foi se firmando como um índice universal para expressar a qualidade da madeira, sendo essa uma propriedade que se correlaciona com vários aspectos tecnológicos e econômicos. Santos (2010) afirmaram que a densidade básica é referenciada por diversos autores como índice de qualidade da madeira, visto que influencia em outras propriedades da mesma e dos produtos que são gerados.

A densidade básica foi se firmando como um índice universal para expressar a qualidade da madeira, no entanto de acordo com Foelkel et al. (1990), a universalização da densidade não pode e não deve ser absoluta, pois há perigo de se cometer exageros e erros, visto que a densidade é um fator resultante e é a consequência e não a causa da distribuição, tipo e composição dos elementos anatômicos.

A densidade está correlacionada a outros índices de qualidade da madeira, principalmente aos caracteres anatômicos, como porcentual e dimensão dos

elementos de vaso e a química da madeira, como os teores de constituintes primários e secundários (LEITE, 2013).

Santos et al., (2007) observaram que clones com menores densidades básica geraram folhas de papel com valores mais elevados de volume específico e opacidade, sendo indicada para a fabricação de papéis de imprimir e escrever. Já o clone de maior densidade apresentou maior volume específico aparente, ascensão capilar e menor índice de retenção de água quando analisado sem refino, mostrando características mais favoráveis para a fabricação de papéis para fins sanitários.

A densidade interfere diretamente na produtividade do digestor, onde a capacidade de produção aumenta com a utilização de madeira mais densa, no entanto madeiras com menores valores de densidade tendem a ser mais favoráveis à produção de polpa celulósica, uma vez que a necessidade de álcali para cozimento será menor, podendo apresentar melhores valores para rendimento depurado (FANTUZZI NETO, 2012; RODRIGUES, 2013).

## **2.7 Anatomia da madeira**

A anatomia da madeira é uma das características mais importantes para a produção de polpa celulósica, visto que para a fabricação de papel são necessários os elementos estruturais mais abundantes nas árvores de eucalipto que são as fibras (RODRIGUES, 2013).

Segundo Mauri (2010), os parâmetros anatômicos, como porcentagem e dimensão dos elementos anatômicos constituintes do lenho são os mais utilizados na avaliação da qualidade da madeira para a produção de celulose e papel e estão relacionados com a qualidade da polpa. De acordo com Monkfienski (2004), as características mais importantes das fibras na fabricação de papel são largura, comprimento, espessura da parede celular, diâmetro do lúmen, o número de fibras por grama e a massa de fibra por unidade de comprimento (coarseness).

Os elementos de vasos presentes na madeira são fundamentais durante o processo de impregnação dos cavacos durante a etapa de polpação, desde que os mesmos não estejam obstruídos por tilos, gomas, resinas ou óleos-resina (BURGUER; RICHTER, 1991).

Oliveira et al. (2012) estudando o *E. grandis* verificaram que as madeiras que apresentaram os menores diâmetros vasculares foram aquelas com maior



frequência vascular, observando ainda que as regiões com menores altitudes e maiores precipitações foram as que produziram as madeiras com menores diâmetros vasculares e, conseqüentemente maiores frequência desses.

Albino et al. (2012), estudando a influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais em *E. grandis* na qualidade da colagem verificaram que houve correlação entre resistência ao cisalhamento com as seguintes características anatômicas: frequência de vasos, espessura da parede, largura e comprimento da fibra, largura do raio e teor de extrativos totais. Para a percentagem de falhas na madeira houve correlação significativa com a frequência de vasos, espessura do lume da fibra, largura do raio e teor de extrativos totais. Os autores observaram também que, tanto, no sentido radial, quanto, no sentido longitudinal das toras, houve variação da dimensão dos elementos anatômicos, quantidade de extrativos totais, resistência ao cisalhamento e percentagem de falhas na madeira.

## **2.8 Relação cerne/alburno**

O alburno é o lenho ativo das árvores, sendo este transformado em cerne. Para algumas espécies observa-se que a quantidade de tiloses é consideravelmente maior no cerne que no alburno. O cerne tem por função a sustentação da planta, apresentando baixa permeabilidade e alta presença de extrativos, fazendo com que a indústria prefira madeira de alburno para polpação (MAURI, 2010).

A proporção de cerne e alburno varia dentro da própria árvore e, além de outros fatores depende da espécie, idade da árvore, sítio, solo e clima (BURGUER; RICHTER, 1991). Madeiras com maiores teores de cerne são indesejadas para a produção de celulose, uma vez que possuem maiores teores de extrativos provocando dificuldades no cozimento, além de alterações na cor e na densidade. Já as madeiras de alburno são desejadas, visto que possibilita a melhor penetração dos licores durante a polpação, reduzindo também a quantidade de produtos químicos exigidos no branqueamento (LEITE, 2013; MAURI, 2010).

Segundo Gonçalves et al., (2010), a idade das árvores também contribui para modificar as características da madeira, influenciando na quantificação do volume, na forma da árvore, no DAP e nas relações cerne-alburno.

## 2.9 Química da Madeira

A constituição da madeira pode ser dividida em celulose, hemicelulose, lignina, extrativos e de uma pequena fração de inorgânicos. Esses constituintes encontram-se distribuídos nas diversas camadas que compõe o elemento anatômico principal (MONKFIENSKI, 2004; RODRIGUES, 2013). Os autores ainda citam que no processo de polpação química (ácido ou alcalino), a lignina é dissolvida para liberar as fibras constituídas basicamente de holocelulose (celulose e hemicelulose). Existem vários componentes químicos que compõe o lenho da madeira, no entanto, a fração mais significativa da massa da madeira é representada pelos componentes estruturais ou macromoléculas, que são os carboidratos, principalmente celulose e hemiceluloses, e as substâncias fenólicas, especialmente a lignina (SANTOS, 2010).

O conhecimento sobre os constituintes químicos da madeira é importante, pois está diretamente relacionado com as exigências da mesma nos processos de polpação e branqueamento da polpa celulósica. Para Santos (2005), mesmo que a composição química da madeira seja conhecida, é difícil prever com precisão seu comportamento durante o processo de polpação, isso por causa da forma complexa em que os seus componentes estão arrançados, tornando seu comportamento diferente de quando estão isolados. No entanto o conhecimento da composição química em seus componentes principais é importante para interpretar o comportamento da madeira no processo de polpação, assim como determinar a qualidade da polpa.

Madeiras com maiores teores de lignina podem exigir um maior consumo de álcali durante a polpação, gerando conseqüentemente, maiores teores de sólidos para queima na caldeira. Utilizando uma maior quantidade de álcali ocorrerá uma redução do rendimento, queda de viscosidade e resistência física da polpa celulósica, gerando maior quantidade de sólidos para queima em caldeiras de recuperação (SANTOS, 2000; RODRIGUES, 2013).

Além dos componentes estruturais majoritários, celulose, hemicelulose e lignina, a madeira contém inúmeros outros compostos de baixo peso molecular, os chamados componentes estranhos ou extrativos. De acordo com Moraes (2008), os extrativos são removidos durante o processo químico e, altos teores destes compostos conduzem a baixos rendimentos de polpa, com a quantidade residual de

extrativos na polpa podendo ter efeitos nas propriedades de absorção, reduzindo alvura, ou causando os chamados (pitch).

As hemiceluloses são muito hidrofílicas e são as maiores responsáveis pela habilidade da fibra em absorver água, sendo as xilanas a principal hemicelulose presente nas madeiras de eucalipto. Suscetíveis às reações químicas de degradação, as hemiceluloses são menos tolerantes à ação do calor, por causa da presença de hidroxilas expostas conectadas à sua cadeia principal, em decorrência de sua condição amorfa (OLIVEIRA, 2009).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Descrição da área de estudo e procedência do material

O material utilizado no estudo foi procedente de quatro clones (A, B, C, D), de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* provenientes de um teste clonal da empresa SUZANO PAPEL E CELULOSE S.A, localizado na microrregião de Itamarandiba-MG.

Figura 1 – Cidade de Itamarandiba, localizada na microrregião norte do estado de Minas Gerais. Fonte (Google imagens, 2015).



A parcela experimental está localizada no município de Itamarandiba no estado de Minas Gerais inserida na microrregião norte (Figura 1). A precipitação média anual da região é de 1000 mm, com solo classificado como Latossolo Amarelo. Os clones foram plantados em quatro espaçamentos (3x1; 3x2; 3x3; 3x4 m). O material utilizado no estudo foi proveniente de duas idades de colheita das árvores (4 e 5 anos), sendo implantados para serem utilizados na produção de celulose.

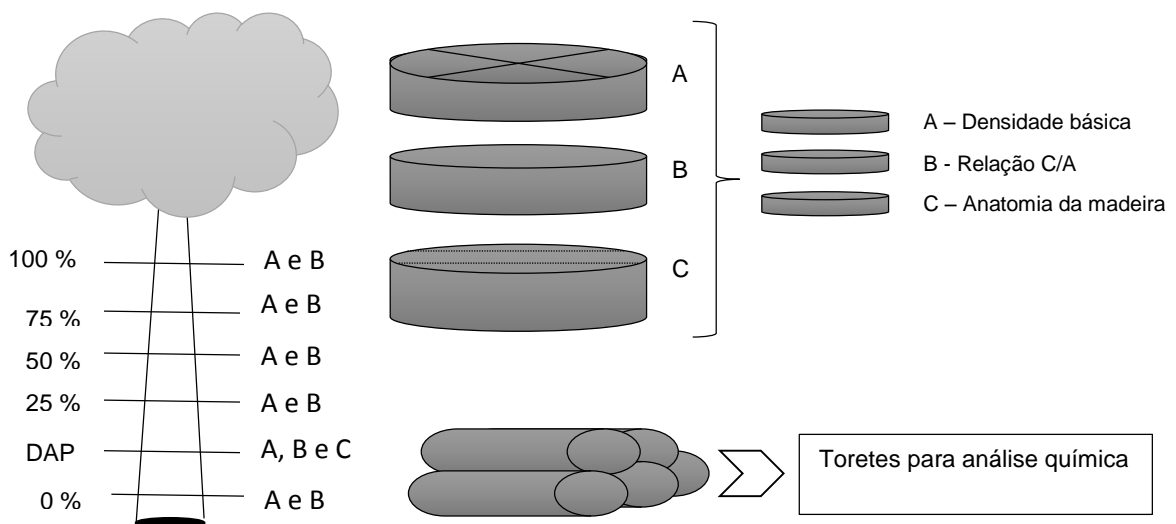
#### 3.2 Amostragem da madeira

Para escolha das árvores que seriam colhidas foi determinado o diâmetro médio das mesmas, nas parcelas experimentais, utilizando os dados de inventário florestal, sendo utilizado este valor médio na escolha das árvores. Para cada idade foram abatidas 64 árvores, sendo 16 árvores para cada tratamento, totalizando 128 árvores.

Foram retirados discos de madeira no diâmetro a altura do peito (DAP) e nas posições de 0% (base), 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial da árvore, num total de 13 discos de madeira por árvore.

Nos discos identificados na Figura 3 com a letra A, foram retiradas amostras em forma de cunha para a determinação da densidade básica. Para os discos identificados com a letra B foram medidos o diâmetro do disco e de cerne para determinação da relação cerne-alburno (C/A). O disco identificado com a letra C foi retirado apenas no DAP, sendo destinado para a realização dos estudos anatômicos. O esquema de amostragem da árvore pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 – Esquema de amostragem das árvores de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.



### 3.3 Densidade básica da madeira

A densidade básica média da madeira foi determinada a partir de cunhas opostas retiradas ao longo do sentido longitudinal do tronco, adotando os critérios do método de imersão descritos conforme a Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2003).

As cunhas de madeira foram mantidas imersas em água até que estivessem completamente saturadas para determinação do seu volume. Em seguida, as amostras foram secas em estufa à temperatura de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , até atingirem massa

constante para determinação da massa seca do material, em uma balança de precisão de 0,01g.

### **3.4 Extrativos e lignina**

Os toretes retirados ao longo do tronco de cada árvore foram transformados em cavacos e posteriormente homogeneizados dando origem em amostras compostas. Os cavacos depois de secos foram transformados em palitos para em seguida serem triturados e transformados em serragem em moinho do tipo Willey, sendo selecionada para a análise a serragem que passou pela peneira de 40 e ficou retida na de 60 mesh. A partir da serragem de madeira foi realizada determinação de extrativos em acetona, segundo a norma TAPPI 280 pm-99.

Para determinação da lignina insolúvel foram utilizadas as recomendações descritas por Gomide e Demuner, 1986.

Para a determinação da fração solúvel da lignina, foi utilizada equação descrita por (GOLDSHIMID, 1971). A fração total de lignina constituiu a soma dos teores solúvel e insolúvel.

### **3.5 Fibras, vasos e fração parede da madeira**

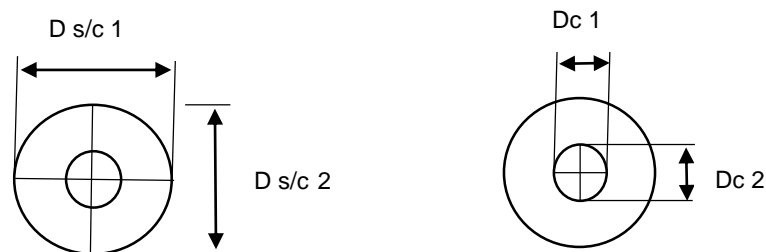
Para a realização da análise das fibras e dos vasos da madeira foram utilizados os procedimentos da Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas – COPANT (1974). As mensurações dos elementos de vasos e das fibras foram realizadas a partir de cortes histológicos na madeira e da dissociação dos elementos celulares, respectivamente, a partir de amostras de madeira retiradas da região de transição de cerne para alburno dos discos localizados na altura do DAP.

A dissociação dos elementos anatômicos para a mensuração das fibras foi realizada de acordo com o método proposto por Nicholls e Dadswell, descrito por Ramalho (1987).

### 3.6 Relação cerne/alburno

Foi determinado o diâmetro total dos discos sem casca ( $Ds/c$ ) e também do cerne ( $Dc$ ) utilizando uma régua graduada. O  $Dc$  e  $Ds/c$  foram obtidos a partir do maior e menor diâmetro de cada disco, o esquema de medição pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3 – Esquema ilustrativo da medição do diâmetro total do disco ( $Ds/c$ ) e diâmetro do cerne  $Dc$ .



As dimensões mensuradas nos discos  $Ds/c$  e  $Dc$  foram utilizadas para a determinação da área total do disco ( $As/c$ ), área do Cerne ( $AC$ ) e área do alburno ( $AA$ ). A relação cerne/alburno foi calculada com base na relação de áreas. No cálculo da  $As/c$  e  $AC$  foi utilizado o diâmetro médio, conforme as equações descritas abaixo.

$$As/c = \frac{\pi \times D^2 s/c}{40.000} \quad (1)$$

Em que:

$As/c$ : Área sem casca, em  $m^2$ ;

$Ds/c$ : Diâmetro sem casca, em  $cm$ .

$$AC = \frac{\pi \times D^2 c}{40.000} \quad (2)$$

Em que:

$AC$ : Área do cerne, em  $m^2$ ;

$Dc$ : Diâmetro do cerne, em  $cm$ .

$$AA = As/c - AC \quad (3)$$

Em que:

AA: Área do alburno, em m<sup>2</sup>;

As/c: Área total disco, em m<sup>2</sup>;

AC: Área do cerne, em m<sup>2</sup>.

$$\text{Relação } C/A = \frac{AC}{AA} \quad (4)$$

Em que:

AA: Área do alburno, em m<sup>2</sup>;

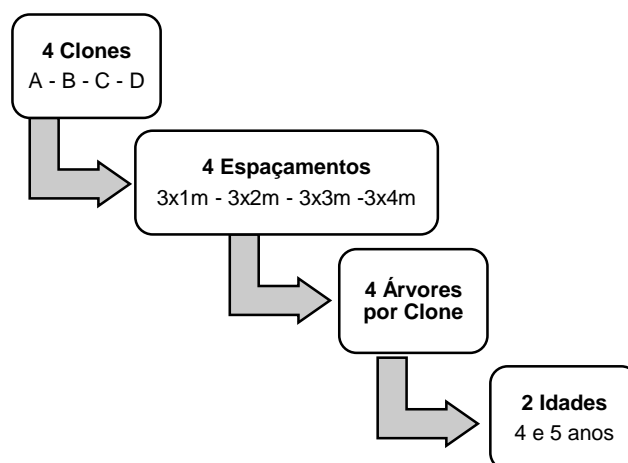
AC: Área do cerne, em m<sup>2</sup>.

### 3.7 Análise estatística dos dados

A análise estatística foi realizada para cada clone individualmente. Para cada clone foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com arranjo fatorial, em que foram analisados os seguintes fatores: idade, com dois níveis e espaçamento, com quatro níveis, constituindo um fatorial (4x2), sendo quatro repetições Figura 4.

Na análise e avaliação dos ensaios foi empregado o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), para os fatores e interação detectados como significativos pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ).

Figura 4 – Resumo dos tratamentos utilizados.





## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Densidade básica da madeira

De acordo com a análise de variância houve efeito da idade de corte das árvores e do espaçamento de plantio nos valores médios da densidade básica da madeira para os clones A, B, C e D.

Tabela 1 – Valores médios da densidade básica da madeira em g.cm<sup>-3</sup>, de clones de *E. urophylla* x *E. grandis* por espaçamento e idade

Clone	Idade (anos)	Espaçamento (m)			
		3x1	3x2	3x3	3x4
A	4 (0,45) b	0,43 C	0,45 B	0,48 A	0,48 A
	5 (0,46) a				
B	4	0,46 C	0,48 B	0,49 AB	0,50 A
	5				
C	4	0,39 Ba	0,42 Aa	0,42 Aa	0,43 Aa
	5	0,39 Ba	0,43 Aa	0,43 Aa	0,43 Aa
D	4	0,46 C	0,48 B	0,50 A	0,51 A
	5				

Para cada clone, mesmas letras maiúsculas na linha (espaçamento), mesmas letras minúsculas na coluna (idade) não diferem estatisticamente entre si, a 5% pelo teste de Tukey.

Observa-se para todos os clones uma tendência de aumento da densidade com o aumento da área útil de plantio. No entanto não foram observadas diferenças estatísticas entre os espaçamentos 3x3 e 3x4m para a densidade básica da madeira independente do clone. Observa-se que os valores de densidade no espaçamento mais adensado (3x1m) diferiram estatisticamente do espaçamento menos adensado (3x4m).

O aumento nos valores de densidade da madeira com o aumento do espaçamento de plantio também foi observado por Moulin (2013) em clones de *E. urophylla* x *E. grandis* aos 6 e 12 meses de idade e por Berger (2000) em *E. saligna* aos 126 meses.

Rocha (2011) estudando um híbrido de *E. grandis* x *E. camaldulensis* observou que os valores de densidade básica aos 48, 61 e 77 meses de idade, independente do espaçamento utilizado, não apresentaram diferenças significativas entre si, no entanto apresentaram tendência de aumento com o aumento do espaçamento de plantio. Aos 85 meses de plantio, verificou que o espaçamento

influenciou significativamente a densidade básica da madeira, aumento com o aumento da área útil.

Goulart et al. (2003) pesquisando a madeira de *E. grandis* e Benin (2014) trabalhando com *E. benthamii*, observaram que espaçamentos maiores não influenciaram a massa específica básica, apesar da densidade apresentar tendência de aumento com o aumento da área útil.

Migliorini et al. (1980) estudando a madeira de *E. urophylla* aos 72 meses observaram diminuição da densidade nos espaçamentos mais amplos.

O aumento da densidade com o aumento do espaçamento de plantio, pode estar relacionado a uma menor competição entre árvores (ROCHA, 2011). Nos menores espaçamentos a densidade populacional é maior por unidade de área, ocasionando uma maior competição entre plantas por luz, água e nutrientes no solo. Souza et al. (2010), afirmam que se o espaçamento for muito reduzido, as árvores não terão recursos suficientes para atender as necessidades do povoamento.

Oda et al. (1990) citado por Berger (2000) levanta a hipótese que o aumento da densidade com o espaçamento seja decorrente da maior espessura das camadas de madeira formadas recentemente nas árvores com maior área útil. Devido a competição, após uma determinada idade, as árvores pertencentes aos espaçamentos mais adensados possuem uma menor proporção de madeira adulta, tendo como consequência menores densidades em relação as árvores plantadas em espaçamentos maiores.

O parâmetro idade não foi significativo para os clones B e D e, para os clones A e C observa-se tendência de aumento da densidade básica com o aumento da idade, sendo que para o clone D as médias nos espaçamentos não diferiram estatisticamente. No entanto para os 4 clones, observa-se tendência de aumento da densidade básica em função da idade de 4 para 5 anos.

Sette Jr et al., (2012) também encontraram correlações positivas entre idade e densidade, observando aumento dessa propriedade com o aumento da idade para clones de *E. grandis* aos 24, 48 e 72 meses. O aumento significativo da densidade básica com o incremento da idade também foi observado por Moulin (2013) para o híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*, Carneiro et al. (2014) para o *E. grandis* e o híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*, Santana et al. (2013) e por Morais (2008) para o *E. grandis* e o híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*.

## 4.2 Teores de extrativos e lignina

O espaçamento de plantio de modo geral influenciou os teores de extrativos solúveis em acetona da madeira de *E. urophylla* x *E. grandis*. Para o clone B, o teste de Tukey não foi significativo a 5% de probabilidade, tanto para a idade quanto para o espaçamento (apêndice 2). Nota-se uma tendência de aumento no teor de extrativos com o aumento do espaçamento, para os 4 clones.

Trabalhando com *E. grandis* e *E. urophylla* x *E. grandis* com 6 diferentes idades de corte (1, 3, 5, 6, 7, 8 anos) Morais (2008) observou redução no teor de extrativos até os 5 anos, sendo não significativa estatisticamente, no entanto com tendência de aumento após os cinco anos de idade, devido ao processo de cernificação. Morais (2008) observou que o teor de extrativos tendeu a aumentar com a idade.

Silva et al., (2005) em *E. grandis* com 10, 14, 20 e 25 anos, constataram um aumento do teor de extrativos com o aumento da idade, tendendo a estabilizar a partir dos 20 anos de idade.

O teor de extrativos, de modo geral foi influenciado pela idade, no entanto, não foi observada diferença estatística para todos os espaçamentos estudados, seguindo tendência de aumento com o aumento da idade.

Tabela 2 – Valores médios para os teores de extrativos solúveis em acetona na madeira de clones de *E. urophylla* x *E. grandis*, por espaçamento e idade

Clone	Idade (anos)	Espaçamento (m)			
		3x1	3x2	3x3	3x4
A	4	1,29 bB	1,04 bB	1,19 aB	1,96 bA
	5	2,84 aA	2,94 aA	1,48 aB	2,57 aA
B*	4	1,16	1,71	1,76	1,76
	5	1,43	1,36	1,36	1,54
C	4	1,58 bB	2,03 aB	2,32 aAB	2,82 aA
	5	2,37 aAB	2,60 aAB	2,87 aA	2,05 aB
D	4	2,10 aA	1,69 aA	1,06 aB	1,62 aA
	5	1,46 bA	1,47 aA	1,44 aA	1,88 aA

Para cada clone, mesmas letras maiúsculas na linha (espaçamento), mesmas letras minúsculas na coluna (idade) não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Tabela 3 – Valores médios para a lignina total na madeira de clones de *E. urophylla* x *E. grandis*, por espaçamento e idade

Clone	Idade (anos)	Espaçamento (m)			
		3x1	3x2	3x3	3x4
A	4	30,90 bA	30,21 bA	31,38 bA	32,63 aA
	5	34,34 aB	35,95 aB	39,43 aA	35,41 aB
B	4	32,694 aA	32,96 aA	33,685 aA	31,439 bA
	5	32,739 aB	33,92 aAB	35,870 aA	34,504 aAB
C	4 (32,62) b	34,01	34,71	34,61	34,26
	5 (36,81) a				
D	4 (31,57) b	33,68 B	33,43 B	32,66 B	35,53 A
	5 (34,50) a				

Para cada clone, mesmas letras maiúsculas na linha (espaçamento), mesmas letras minúsculas na coluna (idade) não diferem estatisticamente entre si, a 5% pelo teste de Tukey.

Os valores do teor de lignina total na madeira foram afetados pelo espaçamento de plantio, sendo este comportamento uma tendência para todos os clones com exceção do clone C, em que o parâmetro espaçamento e a interação espaçamento x idade não foi significativa. No menor espaçamento foi observado o menor teor de lignina total e no espaçamento 3x3 m os maiores valores, com exceção do clone A aos 4 anos e do clone D, em que foi observado o maior teor de lignina na maior área útil.

Em estudo com árvores de *E. grandis* e *E. urophylla* x *E. grandis*, com idade variando de um a oito anos, Morais (2008) observou correlação entre idade e lignina, com essa correlação mostrando tendência de queda do teor de lignina com aumento da idade da árvore. De acordo com Moulin (2013) e Rocha (2011) o teor de lignina tende a diminuir com o aumento da idade, pois árvores mais jovens possuem maior quantidade de madeira juvenil.

Diferente do que foi encontrado por Moulin (2013), Rocha (2011) e Morais (2008), foi observado tendência geral de aumento do teor de lignina total com o aumento da idade de corte da árvore. Para os clones A e B, em todos os espaçamentos foi observado aumento do teor de lignina total com a idade. Nos clones C e D, verifica-se aumento respectivamente de 11 e 9% no teor de lignina com o aumento da idade.

Trugilho et al. (1996) estudando a madeira de *E. saligna* com 12, 24, 36 e 48 meses, observaram uma tendência de estabilização nos valores de lignina com o aumento da idade. As variações das propriedades da madeira dentro do lenho

juvenil tenderam a diminuir com o aumento da idade, provavelmente devido ao aumento da proporção do lenho adulto.

Silva et al. (2005) observaram também, tendência de aumento do teor de lignina total em relação a idade, sendo que o teor de lignina total apresentou menor influência da idade quando se tem maior proporção de lenho adulto.

### 4.3 Anatomia da Madeira

Os valores médios para diâmetro e frequência dos vasos para os diferentes clones de eucalipto em função do espaçamento e idade de corte são apresentados nas Tabela 4 e 5.

Tabela 4 – Valores médios para diâmetro dos vasos em micrometros dos clones de *E. urophylla* x *E. grandis*, por espaçamento

Clone	Espaçamento (m)			
	3x1	3x2	3x3	3x4
A	92,58 C	102,29 B	115,13 A	109,02 AB
B	103,07 B	102,50 B	116,35 A	114,05 A
C	100,20 B	103,28 AB	106,78 AB	111,37 A
D	95,130 B	102,06 AB	105,40 A	109,34 A

Mesmas letras maiúsculas na linha (espaçamento) não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância pelo teste de Tukey.

O espaçamento de plantio não influenciou significativamente o diâmetro do vaso para todos os clones. Para os clones A e B, os maiores valores de diâmetro foram observados no espaçamento 3x3m, diferente do que aconteceu com os clone C e D, no qual os maiores diâmetros foram encontrados no espaçamento 3x4m. Nota-se uma tendência geral de aumento do diâmetro do vaso com o aumento do espaçamento de plantio para todos os quatro clones avaliados.

Moulin (2013), também observou aumento do diâmetro do vaso com o aumento da área útil. Madeiras com maiores diâmetros de vaso tendem a apresentar menores valores de densidade.

De acordo com Leite (2013), os vasos exercem papel fundamental na impregnação dos cavacos. Os elementos de vaso são muito importantes no processo de polpação, pois ajudam na impregnação dos cavacos pelo licor de cozimento, sendo importante que estes não estejam obstruídos, o que pode afetar negativamente no processo de impregnação. No entanto vale ressaltar que, vasos muito grandes podem trazer prejuízos para a qualidade final do produto, como por

exemplo para papéis de imprimir, em que vasos de diâmetro grande tendem a ser arrancados da superfície da folha durante a impressão.

Tabela 5 – Valores médios para frequência dos vasos por milímetro quadrado dos clones de *E. urophylla* x *E. grandis*, por espaçamento

Clone	Espaçamento (m)			
	3x1	3x2	3x3	3x4
A	14,81 A	13,77 AB	11,89 B	11,90 B
B	16,00 AB	16,26 A	14,20 AB	14,15 B
C*	13,46	12,36	12,16	11,65
D	17,83 A	17,27 A	14,79 B	13,90 B

Mesmas letras maiúsculas na linha (espaçamento) não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância pelo teste de Tukey. \*Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os valores médios de frequência de vaso das madeiras para os clones A, B e D diferiram estatisticamente em função da variação do espaçamento. Para o clone C, a variação da frequência dos vasos em função do espaçamento não foi significativa. De maneira geral observa-se tendência de queda da frequência de vaso com o aumento do espaçamento. Nota-se que tanto para o clone A com quanto para o D o maior valor dessa propriedade se deu no espaçamento 3x1m e a menor frequência no espaçamento 3x4 m, sendo essa diferença significativa.

O parâmetro idade não influenciou significativamente o diâmetro e frequência dos vasos (ver apêndices) por isso não foi apresentado nas Tabelas 4 e 5 respectivamente. No entanto, de maneira geral os clones não apresentaram uma tendência de comportamento em função da idade, sendo que para alguns clones a frequência e o diâmetro dos vasos aumentaram com a idade, para outros esse comportamento foi inverso.

Em estudo realizado por Silva et al. (2007), trabalhando com *E. grandis* com diferentes idades (10, 14, 20 e 25 anos), concluíram que o diâmetro dos vasos mostrou-se positivamente correlacionados com a idade.

Evangelista (2007) não observou influência significativa da idade de corte na frequência dos vasos, no entanto verificou numericamente uma menor frequência com a diminuição da idade para *E. urophylla* e *E. camaldulensis* aos 6, 8 e 10 anos. Já Sette Jr et al. (2012), observaram em árvores de *E. grandis* aos 24, 36 e 72 meses, diminuição na frequência dos vasos com o aumento da idade.

As Tabelas 6 e 7 apresentam os valores de mensurações de comprimento e espessura de paredes das fibras para os clones estudados nas respectivas idade e espaçamentos.

Tabela 6 – Valores médios para comprimento de fibra em micrometros, dos clones de *E. urophylla* x *E. grandis*, por espaçamento e idade

Clone	Idade	Espaçamento (m)			
		3x1	3x2	3x3	3x4
A	4	832,11 B	887,81 A	913,85 A	929,93 A
	5				
B	4	828,65 aB	919,86 aA	924,88 aA	928,65 aA
	5	861,36 aB	874,02 aAB	926,13 aA	910,63 aAB
C*	4	732,71	754,45	745,76	763,60
	5	762,51	748,19	750,70	743,87
D	4 (850,02) B	855,22 B	865,38 B	909,62 A	885,20 AB
	5 (907,69) A				

Mesmas letras maiúsculas na linha (espaçamento), mesmas letras minúsculas na coluna (idade) não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância pelo teste de Tukey. \*Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se que para todos os clones o comprimento de fibra tende a aumentar como aumento da área útil de plantio. No clone C os parâmetros idade e espaçamento não foram significativos pelo teste de Tukey a 5% de significância (apêndice 3). Tienne (2009) estudando híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis* aos dois anos de idade nos espaçamentos 1x1; 2x1; 1,3x1,9; 2x2 e 5x2 m, verificou que com o aumento do espaçamento de plantio, houve um aumento no comprimento das fibras, tendo observado no espaçamento 2x2m o maior comprimento e no 1x1m o menor comprimento de fibra. Moulin (2013) também observou um maior comprimento de fibra com o aumento do espaçamento.

Para o clone D e para o clone B com 5 anos de idade, observou-se que para ambos os clones no espaçamento 3x3m o maior comprimento de fibra e no espaçamento 3x1m foi encontrado a menor comprimento.

Analisando a influência do parâmetro idade no comprimento das fibras observa-se que ele foi significativo apenas para os clone B e D da Tabela 6. Nota-se um aumento no comprimento das fibras com o aumento da idade de 4 para 5 anos. No entanto considerando os 4 clones, não se observou tendência de queda ou aumento do comprimento de fibra em função da idade.

Moulin (2013) em clones de *E. urophylla* x *E. grandis* com 6 e 12 meses de idade e Silva et al., (2007) para *E. grandis* com (10, 14, 20 e 25 anos), também

verificaram um aumento do comprimento da fibra com o aumento da idade. Para Tomazello Filho (1987), o aumento no comprimento das fibras em detrimento da idade, é resultado do aumento do comprimento das células que as originam, denominadas iniciais fusiformes. De maneira geral, a madeira apresenta uma elevação no comprimento da fibra da fase juvenil até atingirem a maturidade, onde os valores tendem a permanecer constantes (ROCHA, 2011).

Tabela 7 – Valores médios para espessura da parede da fibra dos clones de *E. urophylla* x *E. grandis*, por espaçamento e idade

Clone	Idade (anos)	Espaçamento (m)			
		3x1	3x2	3x3	3x4
A	4 (3,97) B	4,02 B	4,07 B	4,43 A	4,15 B
	5 (4,36) A				
B*	4	3,77	3,78	4,56	3,93
	5				
C	4 (4,09) A	4,06	4,00	3,88	3,67
	5 (3,83) B				
D	4	3,95 aA	3,58 bA	4,03 aA	4,10 aA
	5	4,10 aA	4,33 aA	4,24 aA	4,15 aA

Mesmas letras maiúsculas na linha (espaçamento), mesmas letras minúsculas na coluna (idade) não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância pelo teste de Tukey. \*Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na Tabela 7 observa-se que para o clone B os parâmetros idade e espaçamentos não foram significativos, para o clone C somente o parâmetro idade foi significativo. A espessura da parede da fibra tendeu a aumentar com o espaçamento de plantio, para o clone A e para o clone D aos 5 anos de idade a maior espessura de parede foi observada no espaçamento 3x3m.

Evangelista (2007), em *E. urophylla* e *E. camaldulensis*, observou queda na largura das fibras e diâmetro do lume com o aumento da idade de 6 para 10 anos. O autor também observou aumento da espessura da parede da fibra com o aumento da idade de 6 para 10 anos.

De modo geral, a espessura de parede tendeu a aumentar com a idade, com exceção do clone C em que foi observado queda. Sette Jr. (2007) estudando árvores de *E. grandis*, também encontrou aumento da espessura de parede em função do aumento da idade de 4 para 6 anos.

Madeiras com maiores espessuras de parede tendem a apresentar maiores densidades, esse comportamento foi observado neste trabalho, em que nos



espaçamentos maiores foi observado maiores densidade e maiores espessuras de parede.

Tabela 8 – São apresentados os valores médios da fração de parede das fibras em %, para os clones nas diferentes idade e espaçamentos

Clone	Idade (anos)	Espaçamento (m)			
		3x1	3x2	3x3	3x4
A	4	38,01 ABa	37,71Bb	42,35 Aa	41,93 ABa
	5	38,99 ABa	43,10 Aa	43,71 Aa	37,95 Bb
B*	4	41,83	41,87	44,01	45,16
	5	42,71	44,51	45,14	44,05
C*	4	41,90	38,64	39,85	39,70
	5	37,61	38,85	37,78	41,20
D	4 (43,10) b	44,31	43,29	46,38	45,63
	5 (46,70) a				

Mesmas letras maiúsculas na linha (espaçamento), mesmas letras minúsculas na coluna (idade) não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância pelo teste de Tukey. \*Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se na Tabela 8, que os parâmetros idade e espaçamento não foram significativos para os clones B e C, já para o clone D apenas o parâmetro idade foi significativo (ver apêndices). Não foi observado tendência de queda ou aumento no valor da fração parede em função do espaçamento de plantio. Nota-se que de modo geral, o valor de fração parede foi superior a 40% na maioria dos espaçamentos, inclusive para os clones em que os parâmetros idade e espaçamento não foram significativos.

Quando a percentagem de fração parede for maior que 40%, as fibras serão extremamente rígidas, pouco flexíveis e haverá dificuldades na interligação das mesmas. As fibras com fração parede elevadas vão dar origem a papéis com volume específico aparente alto, já que durante a formação do papel, seu grau de colapso é menor do que os das fibras com frações de paredes menores (Santos, 2010; Silva Jr et al. 1996).

Os valores de fração parede das fibras tenderam a aumentar em função da idade de 4 para 5 anos, comportamento observado para todos os clones. A madeira contendo fibras com maior valor de fração parede vai dar origem a um papel mais volumosos e com menores resistências a tração, alongamento, estouro e dobras, devido a maior rigidez das fibras (MENEGAZZO, 2012).

#### 4.4 Relação Cerne Alburno

De modo geral, nota-se uma tendência de aumento da relação C/A com o aumento do espaçamento, com exceção do clone C aos 4 anos de idade em que se observou um decréscimo nesta propriedade com o aumento da área útil, sendo sua variação observada na Tabela 9. A variação em porcentagem desta em relação pelo espaçamento variou de 50% para o clone A, chegando a 214% para o clone B aos 4 anos de idade, sendo observado decréscimo de 5% apenas para o clone C aos 4 anos de idade.

Para todos os clones a relação C/A aumentou significativamente de 4 para 5 anos, sendo observado maior valor desta propriedade aos 5 anos de idade. Evangelista (2007) também observou menores valores de relação C/A em madeiras com menores idades.

Tabela 9 – Valores médios da relação cerne/alburno e diâmetro a altura do peito (DAP) para clones de *E. urophylla* x *E. grandis* por espaçamento e idade

Clone	Idade (anos)	Espaçamento (m)			
		3x1	3x2	3x3	3x4
A	4 (0,22 b)	0,30 C	0,40 AB	0,34 BC	0,45 A
	5 (0,53 a)				
B	4	0,14 aC	0,21 bBC	0,36 aAB	0,40 bA
	5	0,21 aC	0,45 aB	0,48 aB	0,66 aA
C	4	0,23 aA	0,17 aA	0,20 bA	0,22 bA
	5	0,27 aB	0,29 aB	0,52 aA	0,49 aA
D	4 (0,25) b	0,22 B	0,37 A	0,40 A	0,45 A
	5 (0,46) a				

Para cada clone, mesmas letras maiúsculas na linha (espaçamento) e minúscula na coluna (idade) não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância pelo teste de Tukey.

A relação C/A deste trabalho apresentou variação entre 0,13 a 0,66, sendo estes valores menores do que os encontrados por Evangelista (2007) que observou variação desta propriedade entre 0,8 a 1,1 em clones de *E. urophylla* aos 6 anos de idade, Pereira (2012) que verificou variação de 0,49 a 1,01 para *Eucalyptus spp.* com 7,5 anos e, Mauri (2010) que observou relação C/A variando de 0,60 a 1,34 para o *E. urophylla* x *E. grandis* aos 6 anos.

No processo de produção do carvão vegetal, buscam-se menores valores de relação C/A, pois, de acordo com Pereira (2012) esta relação afeta a etapa inicial do processo de produção de carvão vegetal, etapa caracterizada pela secagem da

madeira. Para o processo de polpação menores valores dessa propriedade também são desejados, uma vez que maiores percentuais de cerne não são desejados, haja vista as características desta madeira, como obstrução dos elementos anatômicos e um aumento no teor de extrativos.

## 5. CONCLUSÕES

O parâmetro idade e espaçamento influenciaram significativamente as propriedades estudadas.

A densidade básica, tendeu a aumentar com o espaçamento e com a idade.

Os teores de extrativos em acetona foram influenciados pelo espaçamento de plantio apresentando tendência de aumento com o aumento da idade.

Os valores de lignina total apresentaram acréscimo com o aumento da idade.

O diâmetro tangencial do vaso e a frequência apresentaram aumento, com o aumento do espaçamento de plantio.

O comprimento das fibras foi influenciado significativamente pelos diferentes espaçamentos, não apresentando tendência de acréscimo ou queda em função da idade.

A relação cerne/alburno, apresentou acréscimo com o aumento da idade e do espaçamento.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALBINO, V. C. S.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na qualidade da colagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, n.4, v.22, p.803-801, 2012.

ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 185, p. 201-209, 1996.

ALVES, I. C. N.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; SILVA, D. H. Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de celulose Kraft. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.1, p.167-174, 2011.

ALZATE, S. B. A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *e. saligna* e *E. grandis* x *urophylla***. 2004. 133f. Tese (Doutorado Recursos florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BASSA, A. G. M. C.; SILVA, F. G.; SACON, V. M. Mistura de madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Pinus taeda* para produção de celulose Kraft através do processo Lo-Solids®. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.75, p.19-29, 2007.

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **Instituto de Pesquisas e Estudos florestais**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p.1-16, 1980.

BARBOSA, B. M; COLODETTE, J. L.; CABRAL, C. P. T.; GOMES, F. G. B.; SILVA, V. P. Efeito da fertilização na qualidade da madeira de *Eucalyptus spp*. **Revista Scientia Forestalis**, v.42, n.101, p.29-30, mar.2014.

BENIN, C. C. **Variáveis dendométricas e propriedades e propriedades da madeira de *Eucalyptus benthamii***. 2014. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2014.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilidade**. 2000. 160f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

BISON, O. **O melhoramento de eucalipto visando à obtenção de clones para a indústria de celulose**. 2004. 182p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

BURGER, L. M; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.

CARMO, F. C. A. **Avaliação da desrama e seleção de árvores para produção de madeira de eucalipto para serraria**. 2010. 21f. Monografia – Universidade Federal do Espírito Santo, Jeronimo Monteiro. 2010.

CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis x urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. 2000. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, A. F. N. M.; CASTRO, R. V. O.; FERREIRA, L. P.; DAMASIO, R. A.; VITAL, B. R. Potencial energético da madeira de *Eucalyptus sp* em função da idade e de diferentes materiais genéticos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.2, p.375-381, 2014.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTAS – CIFLORESTA. **Eucalipto**. 2014. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=eucalipto>>. Acesso em 14 set. 2013.

COUTO, H. T. Z. Manejo de florestas e suas utilizações em serraria. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, 1985. **Anais**. Piracicaba: IPEF; IPT; IUFRO; ESALQ, 1995, p.20-30.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. **Descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira**. São Paulo, 1974.

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 Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

FANTUZZI NETO, H. **Qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose Kraft**. 2012, 105p, Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. **El eucalipto em la repoblación forestal**. Roma, 1981. 747p.

FERREIRA, D. H. A. A.; LELES, P. S. S.; MACHADO, E. C.; ABREU, A. H. M.; ABILIO, F. M. Crescimento de clones de em diferentes espaçamentos. **Revista Floresta**, Curitiba, v.44, n. 3, p. 431-440, 2014.

FERREIRA, G. W.; GONZAGA, J. V.; FOEKEL, C. E. B.; ASSIS, T. F.; FOEKEL, C. E. B. **Estrutura da Madeira**. Belo Oriente: Cenibra. 1977. 84p.

FOELKEL, C. E. B.; MORA, E.; MENOCELLI, S. Densidade básica: sua verdadeira utilidade de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. In: 6º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRA, 22 A 27 DE setembro, 1990, campos do Jordão, **Anais...** Campos do Jordão, 190. 9.719-728.

GOLDSHIMID, O. Ultraviolet spectre. In: SARKANEN, K. V., LUDWING, C. H. **Lignins: Occurrence, formation, structure and reactions**. New York: J. Wiley, p. 241 – 298, 1971.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B.J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klarsen modificado. **O papel**, São Paulo, v.47, n.8, p. 36-38, 1986.

GONÇALVES, F. G. **Avaliação da qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* para produtos sólidos**. 2006. 167f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. 2006.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T.; SILVA, G. F.; NAPPO, M. ELOI.; TOMAZELLO FILHO, M. Parâmetros dendrométricos e correlações com propriedades tecnológicas em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.947-959, 2010.

GOULART. M.; HASELEIN, C.R.; HOPPE, J. M.; FARIAS, J. A.; PAULESKI, D. T. Massa específica básica e massa seca da 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.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBA. **Anuário estatístico**: ano base 2013. Brasília, DF: IBA, 2014.

LELES, P. S. S. dos.; REIS, G. G; REIS, M. G. F.; MORAIS, E. J. Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região do cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 22, n. 1, p. 41-50, 1998.

LELES, P. S. S. dos.; REIS, G. G; REIS, M. G. F.; MORAIS, E. J. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob

diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, n.59, p. 77-87, 2001.

LEITE, T. B. **Qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* cultivados em cinco regiões do estado de Minas Gerais para produção de celulose**. 126f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2013.

LIMA, I. L. **Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2005, 137p, Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MAURI, R. **Anatomia e densidade do lenho de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, com variação de altitude e de topografia, no estado de Minas Gerais**. 105p, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2010.

MARTINS, R. J. **Efeito do espaçamento e arranjo do plantio do eucalipto na capacidade operacional e custo da colheita com colhedora florestal**. 2008, 84p, Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MCALISTER, R.; CLARK. A. Effect of geographic location and seed source on the bending of juvenile and mature Loblolly Pine. **Forest Productions Journal**, v.41, n. 9, p.39-41, 1991.

MENEGAZZO, M. **Características morfológicas de celuloses branqueadas de *Pinus* e *Eucalyptus* em analisador óptico automático de fibras**. 2012, 65p, Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônômicas) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2012.

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**. Piracicaba, n. 104, 1980.

MORAIS, P. H. D. **Efeito da idade da madeira de eucalipto na sua química e polpabilidade e braqueabilidade e propriedades físicas da polpa**. 2008. 79f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008.

MONKIFIENSKI, A. **Importância relativa da densidade básica e da constituição química da madeira de *Eucalyptus spp.* no rendimento, branqueabilidade e**



**qualidade da polpa Kraft.** 153f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

MOULIN, J. C. **Produção de madeira de eucalipto de curta rotação em povoamentos adensados para energia.** 2013. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2013.

OLIVEIRA, J. G. L.; OLIVEIRA, J. T. S.; ABAD, J. I. M.; SILVA, A. G.; FIEDLER, N. C.; VIDAURE, G. B. Parâmetros quantitativos da anatomia da madeira de eucalipto que cresceu em diferentes locais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 3, 2012.

OLIVEIRA, R. M. **Utilização de técnicas de caracterização de superfícies de madeiras tratadas termicamente.** 2009. 123p. Tese (Doutorado) – Instituto de física da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

PEREIRA, B, L. C. **Qualidade da madeira de Eucalyptus para a produção de carvão vegetal.** 2012, 91f, Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2012.

RAMALHO, R. S. **O uso do macerado no estudo anatômico de madeiras.** Viçosa: UFV, 1987.

RODRUGUES, B. P. **Qualidade d o lenho de árvores de clone de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla sob estresse abiótico e o impacto na produção de celulose.** 90p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2013.

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, 2011.

SANTANA, W. M.; CALEGARIO, N.; ARANTES, M. D. D.; TRUGILHO, P. F. Efeito da idade e da classe diamétrica nas propriedades da madeira de *eucalyptus* clonal. **Revista Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2012.

SANTOS, R. C. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto.** 2010, 122p, Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SANTOS, S. R.; SANSÍGOLO, C. A. Influência da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* na qualidade da polpa branqueada. **Ciência Florestal**. V.17, n.1, p.53-63. 2007.

SANTOS, S. R. **Influência da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo Kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada.** 2005, Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SANTOS, C. R. **Métodos não-convencionais para determinação de celulose como parâmetro de seleção de árvores matrizes visando a produção de polpa Kraft-AQ.** 2000, 117f, Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SETTE Jr, C. R.; OLIVEIRA, I. R.; TOMAZELLO FILHO, M. YAMAJI, F. M.; LACLAU, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.6, p.1183-1190,2012.

SHIMOYAMA, V. R. de S.; BARRICHELO, L. E. G. Densidade básica da madeira, melhoramento e manejo florestal. **Instituto de Pesquisa Florestais**, Piracicaba, v.6, n.20. p.1-22, 1989.

SILVA, J. C.; MATOS, J. L. M.; OLIVEIRA, J. T. SILVA.; EVANGELISTA, W. V. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n.3, p. 455-460, 2005.

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 *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden.** *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.31, n.6, p.1081-1090, 2007.

SOUZA, G. C.; SILVA, J. V; CONSTA, C. C. Efeito dos tratamentos silviculturais na produtividade e na qualidade da madeira em plantações de *Eucalyptus* spp. **Revista Agroambiental**, 2010.

SUZANO PAPEL E CELULOSE. **Visão Geral do Setor.** 2009. Disponível em <http://suzano.foinvest.com.br/modulos/doc.asp?arquivo=00406030.wan&doc=ian37.doc&language=ptb>. Acesso em: 25 mar. 2015.

TAPPI - TECHNICAL DIVISIONS AND COMMITTEES. **TAPPI test methods**, Atlanta: Tappi Press, 1998.

TIENNE, D. L.C.; OLIVEIRA, J. N.; PALERMO, G. P. M.; SOUZAM J. S.; LATORRACA, J. V. F. Influência do espaçamento no ângulo das microfibrilas e comprimento de fibras de clone de eucalipto. **Revista Florestal Latino Americana**, v. 24, n.1, p. 67-83, 2009.

TOMAZELLO FILHO. Variação Radial da densidade básica em estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenioides*. **Instituto de Pesquisa Florestal**, n.36, p.35-42, 1987.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-mecânicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Revista Cerne**, v.2, n.1, p97-111, 1996.

## **APÊNDICES**

## Apêndice 1. Anovas das propriedades para o clone A

## Apêndice 1.1 Tabela da anova do comprimento de fibra para o clone A

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	93	93	0,10 ns
Espaçamento	3	4427	14709	15,69 **
Idade*espaçamento	3	5414	1805	1,93 ns
Resíduo	24	22499	937	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

## Apêndice 1.2 tabela da anova da espessura de parede da fibra para o clone A

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	0,22	1,22	31,14**
Espaçamento	3	0,78	0,26	6,62**
Idade*espaçamento	3	0,33	0,11	2,81ns
Resíduo	24	0,94	0,04	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

## Apêndice 1.3 tabela da anova do diâmetro do vaso para o clone A

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	8,20	8,20	0,21 ns
Espaçamento	3	2240	19,30	19,30**
Idade*espaçamento	3	124,20	1,07	1,07 ns
Resíduo	24	928,30		
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

## Apêndice 1.4 tabela da anova frequência do vaso para o clone A

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	1,61	1,61	0,74 ns
Espaçamento	3	50,02	16,67	7,62 **
Idade*espaçamento	3	1,50	0,50	0,23 ns
Resíduo	24	52,50	2,18	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 1.5 tabela da anova do teor de extrativos para o clone A

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	9,47	9,47	208,75 **
Espaçamento	3	3,86	1,29	26,35 **
Idade*espaçamento	3	3,45	1,15	25,35 **
Resíduo	24	1,09	0,05	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 1.6 tabela da anova do teor de lignina total para o clone A

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	200,29	138,44	138,44 **
Espaçamento	3	12,08	8,35	8,35 **
Idade*espaçamento	3	11,44	7,91	7,91 **
Resíduo	3	1,45		
Total	24			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 1.7 tabela da anova da relação C/A para o clone A

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	0,74	0,74	198,28 **
Espaçamento	3	0,09	0,03	8,75 **
Idade*espaçamento	3	0,03	0,01	2,80 ns
Resíduo	24	0,09	0,003	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 1.8 tabela da fração parede para o clone A

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	6,18	6,18	1,62 ns
Espaçamento	3	80,91	26,97	7,08 **
Idade*espaçamento	3	88	29,33	7,71 **
Resíduo	24	91,36	3,81	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 1.9 tabela da densidade para o clone A

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	0,0008	0,0008	6,46 **
Espaçamento	3	0,0179	0,0059	44,42 **

Idade*espaçamento	3	0,0002	0,0000	0,65 ns
Resíduo	24	0,0002		
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 2. Anovas das propriedades para o clone B.

Apêndice 2.1 tabela do comprimento de fibra para o clone B

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	447	447	0,74 ns
Espaçamento	3	32225	10742	17,66 **
Idade*espaçamento	3	6548	2183	3,59 **
Resíduo	24	14598	608	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 2.2 tabela da Espessura de parede para o clone B

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	0,27	0,27	0,44 ns
Espaçamento	3	3,40	1,14	1,90 ns
Idade*espaçamento	3	1,25	0,42	0,69 ns
Resíduo	24	14,34	0,59	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 2.3 tabela do Diâmetro do vaso para o clone B

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	56,3	56,3	0,99 ns
Espaçamento	3	1255,5	418,5	7,41 **
Idade*espaçamento	3	482,1	160,7	2,85 ns
Resíduo	24	1354,7	56,4	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 2.4 tabela da frequência do vaso para o clone B

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	1,18	1,18	0,52 ns
Espaçamento	3	31,00	10,33	4,55 **
Idade*espaçamento	3	7,31	2,38	1,05 ns
Resíduo	24	54,46	2,27	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 2.5 tabela do teor de extrativos para o clone B

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	0,25	0,25	2,52
Espaçamento	3	0,56	0,18	1,86
Idade*espaçamento	3	0,58	0,19	1,92
Resíduo	24	2,41		
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 2.6 tabela do teor de lignina total para o clone B

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	21,38	21,28	22,17 **
Espaçamento	3	20,39	6,80	7,08 **
Idade*espaçamento	3	10,08	3,36	3,50 **
Resíduo	24	23,03	0,96	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 2.7 tabela da relação C/A para o clone B

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	0,25	0,25	55,79 **
Espaçamento	3	0,54	0,18	39,81 **
Idade*espaçamento	3	0,05	0,02	3,74 **
Resíduo	24	0,10	0,00	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 2.8 tabela da fração parede para o clone B

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	6,24	6,24	1,04
Espaçamento	3	31,05	10,35	1,73
Idade*espaçamento	3	14,19	4,73	0,79
Resíduo	24	143,53	5,98	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).



Apêndice 2.9 tabela da Densidade para o clone B

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	0,0004	0,0004	3,55 ns
Espaçamento	3	0,0083	0,0027	21,83 **
Idade*espaçamento	3	0,0002	0,0000	0,66 ns
Resíduo	24	0,0030		
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 3. Anovas das propriedades do clone C.

Apêndice 3.1 tabela do comprimento de fibra para o clone C

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	38	0,04	0,04 ns
Espaçamento	3	195	0,007	0,07 ns
Idade*espaçamento	3	2643	0,89	0,09 ns
Resíduo	24	23677		
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 3.2 tabela da espessura da parede da fibra para o clone C

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	0,51	0,51	11,53 **
Espaçamento	3	0,18	0,06	1,39 ns
Idade*espaçamento	3	0,17	0,05	1,25 ns
Resíduo	24	1,06	0,04	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 3.3 tabela do diâmetro do vaso para o clone C

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	130,40	13,40	2,24 ns
Espaçamento	3	552,40	184,10	3,17 **
Idade*espaçamento	3	113,60	37,90	0,65 ns
Resíduo	24	1393,60	58,10	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 3.4 tabela da frequência do vaso para o clone C

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	0,73	0,73	0,44
Espaçamento	3	13,94	4,65	2,80
Idade*espaçamento	3	3,78	1,26	0,71
Resíduo	24	39,82	1,66	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 3.5 tabela do teor de extrativos para o clone C

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	0,65	0,65	5,94 **
Espaçamento	3	1,66	0,55	5,02 **
Idade*espaçamento	3	3,02	1,00	9,17 **
Resíduo	24	2,64	0,11	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 3.6 tabela do teor de lignina total para o clone C

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	101,59	101,59	63,44 **
Espaçamento	3	2,51	0,84	0,52 ns
Idade*espaçamento	3	2,26	0,75	0,47 ns
Resíduo	24	38,43	1,650	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 3.7 tabela da relação C/A para o clone C

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	0,29	0,29	93,64 **
Espaçamento	3	0,12	0,04	12,93 **
Idade*espaçamento	3	0,10	0,03	10,82 **
Resíduo	24	0,07	0,00	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 3.8 tabela da fração parede para o clone C

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	10,76	10,76	1,55 ns
Espaçamento	3	16,02	5,34	0,77 ns
Idade*espaçamento	3	39,16	13,05	1,88 ns
Resíduo	24	166,37	6,93	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 3.9 tabela da densidade para o clone C

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	0,0001	0,0001	2,25 ns
Espaçamento	3	0,0092	0,0030	42,99 **
Idade*espaçamento	3	0,0006	0,0002	3,15 **
Resíduo	24	0,0017	0,0000	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 4. Anovas das propriedades para o clone D.

Apêndice 4.1 tabela do comprimento de fibra para o clone D

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	26603	26603	31,51 **
Espaçamento	3	13815	4605	5,45 **
Idade*espaçamento	3	2378	793	0,94 ns
Resíduo	24	20264	884	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 4.2 tabela da espessura de parede da fibra para o clone D

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	0,67	0,67	14,89 **
Espaçamento	3	0,17	0,59	1,31 ns
Idade*espaçamento	3	0,58	0,19	4,26 **
Resíduo	24	1,09	0,04	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 4.3 tabela do diâmetro do vaso para o clone D

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	10,80	10,80	0,33 ns
Espaçamento	3	870,70	290,20	8,89 **
Idade*espaçamento	3	71,00	23,70	0,73 ns
Resíduo	24	783,50	32,60	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 4.4 tabela da frequência do vaso para o clone D

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	5,24	5,24	4,19 ns
Espaçamento	3	86,54	28,84	23,08 **
Idade*espaçamento	3	2,13	0,71	0,57 ns
Resíduo	24	29,98		
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 4.5 tabela do teor de extrativos para o clone D

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	0,02	0,02	0,42
Espaçamento	3	1,41	0,47	8,63
Idade*espaçamento	3	1,31	0,43	7,98
Resíduo	24	1,31		
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 4.6 tabela do teor de lignina total para o clone D

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Idade	1	228,29	228,29	249,08 **
Espaçamento	3	35,56	11,85	12,93 **
Idade*espaçamento	3	5,88	1,96	2,14 ns
Resíduo	24	22,00	0,92	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 4.7 tabela da relação C/A para o clone D

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Graus de liberdade</b>	<b>Soma dos quadrados</b>	<b>Quadrado médio</b>	<b>F</b>
Idade	1	0,36	0,36	74,67 **
Espaçamento	3	0,24	0,08	16,96 **
Idade*espaçamento	3	0,04	0,01	2,88 ns
Resíduo	24	0,11	0,00	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 4.8 tabela da Fração parede para o clone D

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Graus de liberdade</b>	<b>Soma dos quadrados</b>	<b>Quadrado médio</b>	<b>F</b>
Idade	1	103,86	103,86	13,53 **
Espaçamento	3	45,35	15,12	1,97 ns
Idade*espaçamento	3	2,61	0,87	0,11 ns
Resíduo	24	184,16	7,67	
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).

Apêndice 4.9 tabela da densidade para o clone D

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Graus de liberdade</b>	<b>Soma dos quadrados</b>	<b>Quadrado médio</b>	<b>F</b>
Idade	1	0,0004	3,74	3,74 ns
Espaçamento	3	0,0011	34,60	34,60 **
Idade*espaçamento	3	0,0004	1,36	1,36 ns
Resíduo	24	0,00246		
Total	31			

\*\*significativo ( $p \leq 0,01$ ). ns = não significativo ( $p > 0,05$ ).