



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

JORDÃO CABRAL MOULIN

**PRODUÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO DE CURTA ROTAÇÃO EM
POVOAMENTOS ADENSADOS PARA ENERGIA**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2013

JORDÃO CABRAL MOULIN

**PRODUÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO DE CURTA ROTAÇÃO EM
POVOAMENTOS ADENSADOS PARA ENERGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias 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. Marina Donária Chaves Arantes
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre
Coorientador: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2013

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

M926p Moulin, Jordão Cabral, 1988-
Produção de madeira de eucalipto de curta rotação em povoamentos adensados para energia / Jordão Cabral Moulin. – 2013. 61 f. : il.

Orientadora: Marina Donária Chaves Arantes.

Coorientadores: Graziela Baptista Vidaurre ; José Tarcísio da Silva Oliveira.

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

1. Biomassa florestal. 2. Irrigação. 3. Plantio de florestas – Espaçamento. 4. Madeira. 5. Eucalipto – Idade de corte. I. Arantes, Marina Donária Chaves. II. Vidaurre, Graziela Baptista. III. Oliveira, José Tarcísio da Silva. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

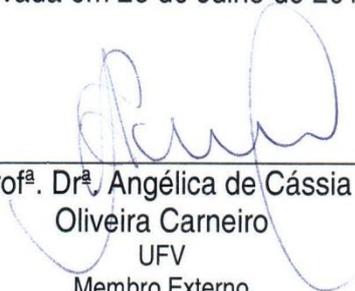
CDU: 630

PRODUÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO DE CURTA ROTAÇÃO EM POVOAMENTOS ADENSADOS PARA ENERGIA

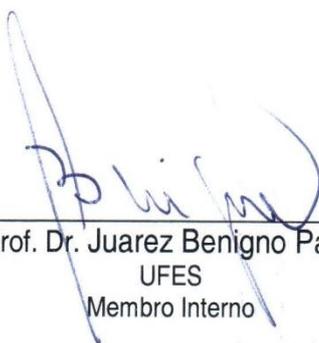
Jordão Cabral Moulin

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

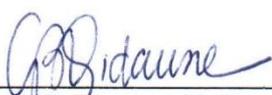
Aprovada em 26 de Julho de 2013.



Prof.ª. Dr.ª. Angélica de Cássia
Oliveira Carneiro
UFV
Membro Externo



Prof. Dr. Juares Benigno Paes
UFES
Membro Interno



Prof.ª. Dr.ª. Graziela Baptista Vidaurre
UFES
Coorientadora



Prof.ª. Dr.ª. Marina Donaria Chaves
Arantes
UFES
Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e perseverança suficiente para a conclusão de mais uma etapa em minha vida.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais – PPGCF da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, por conceder a infraestrutura necessária para a conclusão deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa de estudo.

À Empresa Fibria Celulose S.A., pela doação das árvores, tornando possível o desenvolvimento deste trabalho. Em particular, ao Especialista em Biomassa Energética Eduardo Nogueira Campinhos e Carlos Alberto Forechi, pela disponibilidade, atenção e vontade em contribuir com o trabalho.

Aos meus pais, Onofre e Roseni, pelo carinho e amor, e por tudo o que fizeram para que eu realizasse todas as conquistas em minha vida.

A minha irmã Andressa, pelo carinho e apoio durante todo o trabalho.

A minha orientadora Professora Marina Donária Chaves Arantes, pela orientação, dedicação, compreensão e conhecimentos transmitidos.

Aos Professores Graziela Baptista Vidaurre e José Tarcísio da Silva Oliveira, pelos importantes conselhos ao longo da pesquisa e pelo apoio intelectual.

Aos Professores Angélica de Cássia Oliveira Carneiro e Juarez Benigno Paes, por aceitaram prontamente a participar da Banca Examinadora da Dissertação.

Aos técnicos Elecy, José Geraldo e Gilson Barbosa pelo auxílio que foi importante para a concretização do trabalho.

Aos alunos de graduação que colaboraram para a realização do trabalho, em especial a Letícia Mayara Magnago.

Aos meus amigos de graduação e de mestrado Dercílio Verly, Rafael Bridi, Thiago Leite, Walter Boschetti, Rogy Frigeri, Lorenzo Lube, Tiago Ravani e Lucas Recla, pelos momentos felizes e histórias inesquecíveis. Em particular, aos meus amigos Rafael Amorim Rosa e Brunela Pollastrelli Rodrigues, pela ajuda e disponibilidade ao longo dos anos de convívio.

BIOGRAFIA

Jordão Cabral Moulin, filho de Onofre Breda Moulin e Roseni Prucoli Cabral, nasceu na cidade de Muqui, Estado do Espírito Santo, em 08 de julho de 1988.

Ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo em 2006. Obteve o título de Engenheiro Industrial Madeireiro em 2011.

No mesmo ano, iniciou o curso de Mestrado em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo, concluindo-o em julho de 2013.

SUMÁRIO

RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Florestas energéticas	3
2.2. Influência da idade nas propriedades da madeira de eucalipto	5
2.3. Influência da irrigação nas propriedades da madeira de eucalipto	7
2.4. Influência do espaçamento nas propriedades da madeira de eucalipto	8
3. METODOLOGIA	12
3.1. Caracterização da região e procedência do material	12
3.2. Densidade básica da madeira	15
3.3. Análise anatômica da madeira	15
3.4. Análise química da madeira	16
3.5. Análise estatística dos dados	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Volume do fuste de eucalipto	19
4.2. Densidade básica da madeira	22
4.3. Anatomia da madeira de eucalipto	26
4.3.1. Frequência e diâmetro de vasos	26
4.3.2. Dimensões das fibras	30
4.4. Química da madeira de eucalipto	35
5. CONCLUSÕES	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APÊNDICES	50

Moulin, Jordão Cabral. **Produção de madeira de eucalipto de curta rotação em povoamentos adensados para energia**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro - ES, Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marina Donária Chaves Arantes. Coorientadores: Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre Dambroz e Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira.

RESUMO

Avaliar a influência do espaçamento, irrigação e idade, na produção de madeira, na densidade básica, nas características anatômicas e químicas da madeira de dois clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com idades de seis e 12 meses provenientes de duas regiões, uma irrigada e outra não irrigada, com espaçamentos de 3x0,5; 1,5x2, 3x1; 3x2 e 3x3 m. Foi possível verificar a influência do espaçamento, irrigação e idade nas propriedades da madeira nos clones estudados. O maior volume de madeira foi obtido no clone B com 12 meses na região irrigada e nos espaçamentos adensados. Os maiores valores de densidade foram encontrados no clone A nos espaçamentos amplos, a menor frequência de vaso e os maiores comprimentos de fibra ocorreram nos clones com 12 meses nos menores espaçamentos na região irrigada. Maior espessura da parede foi encontrada no clone A com seis meses na região não irrigada. Maior teor de lignina foi obtido no clone B com 12 meses na região irrigada nos maiores espaçamentos, e o teor de cinzas foi menor no clone A com 12 meses na região não irrigada nos espaçamentos mais amplos.

Palavras chave: Biomassa, irrigação, idade de corte, espaçamento.

Moulin, Jordão Cabral. **Production of short rotation eucalypt wood in dense plantations for energy.** 2013. Dissertation (Master's degree on Forest Science) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro – ES. Adviser: Prof^a. Dr^a. Marina Donária Chaves Arantes. Coadisiers: Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre Dambroz e Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the influence of spacing, irrigation and harvesting age in wood production from 6 and 12-month-old clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* hybrid from irrigated and non-irrigated 3x0.5, 1.5x2, 3x1, 3x2 and 3x3 m spacing plantation. It was possible to verify the influence of spacing, irrigation and age in wood properties. The 12-month-old clone B from irrigated area and condensed spacing had higher wood volume. The clone A from large spacing had highest specific gravity. 12-month-old clones had less vessel frequency. 12-month-old clones from irrigated and smaller spacing area had higher fiber length. Thicker wall was found in 6-month-old clone A from non-irrigated area. 12-month-old clone B from irrigated area and greater spacing had higher lignin content. 12-month-old clone A from non-irrigated area and wider spacing has lower ash content.

Keywords: Biomass, irrigation, harvesting age, spacing.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Florestas Plantadas – ABRAF (2013), o Brasil possui uma vasta área de florestas de eucalipto e pinus, acumulando em 2012 o total estimado de 6.664.812 hectares, a área ocupada por plantios de eucalipto corresponde a 76,6% das florestas plantadas. Visto isto, verifica-se a importância que o gênero *Eucalyptus* possui no Brasil, havendo a necessidade de estudos com objetivo da melhoria de produtividade aliada a qualidade da madeira para sua utilização.

O Brasil é reconhecido não somente como um dos principais países em termos de área de plantações florestais com espécies de eucaliptos, mas como detentor de elevado nível científico-tecnológico nas diversas áreas da eucaliptocultura, pelas pesquisas realizadas nas universidades, institutos de pesquisa e empresas florestais. Dentre as diversas e importantes áreas da pesquisa, cabe destacar as de fisiologia, melhoramento e genética florestal, proporcionando o domínio das técnicas de propagação vegetativa e de obtenção de híbridos, e a de tecnologia de produtos florestais, ampliando as possibilidades da utilização da madeira (ALZATE, 2004).

Os fatores de espaçamento, idade e irrigação podem influenciar na produção e qualidade da madeira para energia, tornando-se importante o estudo dessas técnicas para melhor aplicação das plantações florestais.

Segundo Barcellos et al. (2005), a madeira deve possuir qualidades que atendam às adequadas características relacionadas ao seu uso final. A madeira de eucalipto, por sua versatilidade e produtividade, atende, na maioria dos casos, à necessidade como matéria prima e, principalmente, para utilização em fins energéticos para o País.

O modelo energético atual está direcionado para utilização de petróleo e seus derivados que são fontes de energia não renováveis a curto prazo, causando danos ao ambiente, contribuindo conseqüentemente com o efeito estufa. A utilização de matéria prima alternativa para fins energéticos necessita ainda de pesquisas para alcançar a maior quantidade que um material pode dispor, podendo conduzir às

expectativas confiáveis quanto à qualidade da matéria prima em relação ao seu uso energético.

A definição da matéria prima que maximize a produção de biomassa para fins energéticos é foco de vários estudos para proporcionar informações quanto às principais propriedades da madeira que influenciam as características energéticas, verificando a importância do estudo da influência de diferentes tratamentos silviculturais na produção e qualidade da madeira.

1.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a produção e qualidade da biomassa de dois clones de eucalipto em diferentes espaçamentos e idades, em região irrigada e não irrigada.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar a caracterização dendrométrica das árvores sob diferentes condições de crescimento; analisar a influência do espaçamento, idade e irrigação na densidade básica, análise anatômica da madeira e análise química da madeira.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. FLORESTAS ENERGÉTICAS

De acordo com o Sistema Nacional de Informações Florestais – SNIF (2012), o Brasil possui uma extensa área florestal, sendo a segunda maior do mundo, ficando atrás apenas da Rússia. Pois, foi desenvolvido uma estrutura produtiva de florestas plantadas de eucaliptos e pinus com objetivo de atender mercados do setor madeireiro, como o energético e indústrias de celulose e papel.

As plantações de florestas de eucaliptos e pinus destinadas a fornecer matéria prima para geração de energia resultaram na criação do termo “florestas energéticas”. No Brasil, de todas as florestas plantadas, 38,7% da sua madeira são destinadas para energia, possuindo a capacidade de contribuir para o suprimento energético sustentável dos setores industriais (ABRAF, 2012).

A utilização de florestas para fins energéticos tem ganhado espaço no cenário mundial, por causa dos menores danos causados ao ambiente, em decorrência a sua utilização. Conforme Couto et al. (2004) o ciclo de rotações das florestas são de 5 a 200 anos, o que as tornam fontes renováveis, diferentemente dos combustíveis fósseis, como o petróleo, que o seu ciclo é de 100 a 450 milhões de anos. Somando a menor emissão de enxofre proveniente da biomassa em comparação às fontes de energias fósseis, faz com que, o setor florestal ganhe importância em todo o mundo.

De acordo com Ferreira (2008), o início das plantações de florestas com finalidade energética no Brasil ocorreu no fim da Era Vargas, ocorrida até 1954. A partir desse período o parque siderúrgico nacional começou a utilizar principalmente a tecnologia japonesa no processamento do ferro gusa, havendo a troca do carvão mineral pelo carvão vegetal, o qual difundiu a necessidade de efetivar plantações de florestas energéticas para atender a demanda das siderúrgicas brasileiras.

No Brasil o aumento dessa matéria prima para produção de energia é ocasionado principalmente pelo desenvolvimento de indústrias, como siderurgia a carvão vegetal, agroindústria, indústria cerâmica e de alimentos (ABRAF, 2012).

As energias renováveis são promissoras no mercado nacional e internacional com tendência de oferta e demanda dessa energia crescente, até, pelo menos 2030 (BRASIL, 2007). De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável – ABIBER (2010), as energias renováveis são promissoras no mercado, podendo gerar, conseqüentemente, energia limpa para as atuais e futuras gerações, garantir novos empregos e ajudar no combate mundial às mudanças climáticas, com a redução de emissão de gases de efeito estufa.

O Brasil é responsável por 44,1% da energia renovável de todo o mundo, e 9,7% dessa energia são provenientes da madeira (BRASIL, 2012). Porém, uma das preocupações a nível mundial é a redução da emissão de gases de efeito estufa, com isto, espera-se um incremento no uso de energia renovável e eficiência energética.

A utilização da biomassa florestal para fins energéticos possui argumentos favoráveis para a sua empregabilidade; Couto et al. (2004) citaram três principais pontos que merecem atenção; o ecológico, em que a madeira proveniente de florestas plantadas são denominadas como um recurso renovável, o que a torna uma possibilidade de uso racional para fins energéticos, e assim, reduzir a utilização de combustíveis fósseis, conseqüentemente, também minimizar a emissão de gases de efeito estufa; econômica, considerando o aproveitamento de toda biomassa florestal como matéria prima no processo produtivo, com esse material oferecendo empregos em uma escala maior do que outras fontes energéticas; e social em que a utilização da madeira como material energético produz efeito positivo no desenvolvimento rural, uma vez que permite aos agricultores uma alternativa para obtenção de renda.

Os plantios florestais para produção de biomassa energética em curta rotação têm sido estudado há muito tempo por países da América do Norte, como Estados Unidos, Canadá e também por alguns países Europeus. Essa técnica silvicultural consiste no plantio de espécies de rápido crescimento em menores espaçamentos. Já houve a tentativa de implantação dessa técnica no Brasil na década de 1970, embora, não obteve êxito em função do baixo desenvolvimento da eucaliptocultura clonal (COUTO, 2013).

De acordo com o mesmo autor, com o desenvolvimento dessa cultura no Brasil e a demanda de biomassa para energia, fizeram com que as empresas

brasileiras voltassem a investir neste setor, podendo ser citada, uma empresa do Estado de Tocantins, que realizou um plantio experimental de eucalipto clonal no espaçamento de 3x0,5 m; no Pará, uma plantou eucalipto em uma grande área com espaçamento de 3x1 m; e em São Paulo, outra utilizou espaçamento de 3x0,5 m para plantação de quatro clones, visando a produção de biomassa para suprimento da sua térmica de cogeração de eletricidade.

2.2. INFLUÊNCIA DA IDADE NAS PROPRIEDADES DA MADEIRA DE EUCALIPTO

A produtividade e a qualidade da madeira estão relacionadas à idade de corte das árvores, principalmente quando se trata de espécies de rápido crescimento e de ciclos curtos de rotação (MELLO et al., 1976; GONÇALVES, 2006).

Conforme Palermo et al. (2003), o crescimento de uma árvore ocorre em consequência de fatores bióticos e abióticos, como luz, umidade, fertilidade, competição e micro-organismos, o que ocasiona a variação nas características dos elementos celulares formados na madeira, como a variação do diâmetro, comprimento e espessura da célula, proporção de lenho inicial e tardio, e arranjo dos elementos anatômicos. Assim, quando as árvores são submetidas a diferentes condições de crescimento, podem causar variação nos componentes celulares da madeira, e conseqüentemente nas propriedades tecnológicas.

Os diferentes tipos de células da madeira são responsáveis por desempenharem funções específicas, tornando a madeira um material heterogêneo. A composição química e anatômica da madeira varia entre espécies, e dentro da própria árvore, isso ocorre em função de fatores ambientais, genéticos e idade (TRUGILHO et al. 1996). De acordo com os mesmos autores, algumas das características da madeira, como densidade, dimensões da fibra e composição química sofrem rápida elevação de seus valores no decorrer dos anos, até atingirem

a maturidade (madeira adulta), quando os seus valores permanecem mais ou menos constantes.

Sturion et al. (1988) verificaram o aumento da densidade de 0,489 para 0,529 g.cm⁻³ na idade de 4 para 7 anos respectivamente, na região Rio Branco do Sul, para a madeira de *Eucalyptus viminalis* embora não foi observado influência dos espaçamentos de 1x1, 2x1, 2x1,5, 2,5x1,6, 2x2,5, 3x2 m no aumento da densidade. A tendência de incremento de densidade com a idade também foi encontrado pelos autores Mello et al. (1972), Mello et al. (1976), Trugilho et al. (1996), Rocha (2011), Silva (2011) e Santana et al. (2012).

Conforme Trugilho et al. (1996), a variabilidade da madeira ocorre principalmente pela presença da madeira juvenil, havendo diminuição do gradiente de variação dentro da zona juvenil com o passar do tempo. Oliveira et al. (2010) afirmaram que a madeira juvenil de folhosas possuem características de menor comprimento de fibras, menor comprimento dos elementos de vasos, diâmetro celular menor, paredes celulares mais finas, maiores ângulos fibrilares, maior proporção de fibras, menor proporção de vasos, e teores mais elevados de holocelulose.

No estudo de comprimento de fibra, Bath et al. (1987) no Estado de Kerala, Índia, observaram que o comprimento da fibra aumentou com o acréscimo da idade, sendo para o *Eucalyptus grandis* foi de 0,812; 0,995; 1,086; 1,147 mm para as idades de 3, 5, 7 e 9 anos, respectivamente. Samariha (2011) também encontrou resultado semelhante, ao estudar a madeira de *Eucalyptus camaldulensis* com as idades de 14 e 20 anos no Estado do Sistan, Iran. Obtendo comprimento da fibra maior na idade de 20 anos.

Evangelista et al. (2010), estudaram a estrutura anatômica do *Europhylla* com 6 e 8 anos de idade, e observaram que o comprimento, largura e diâmetro de lume da fibra foi superior para as árvores aos 6 anos, já a espessura da parede foi maior na idade de 8 anos, o mesmo ocorreu para o diâmetro do lume do vaso, embora, com menor frequência de vaso nesta idade.

Na pesquisa realizada com *E. saligna* em espaçamento 3x1,5 m por Trugilho et al. (1996) no Estado de Minas Gerais no município de Bom Despacho, o comprimento e largura da fibra aumentou com o acréscimo da idade, sendo de 12, 24, 36 e 48 meses, porém, ocorreu pouca influência da idade no diâmetro do lume.

Também foi verificado que os teores de cinzas e de extrativo diminuíram com o aumento da idade, o teor de lignina diminuiu até a idade de três anos, havendo um leve aumento para os quatro anos de idade e o teor de celulose aumentou até os três anos, tendo uma suave diminuição até os quatro anos.

Também foi verificada diminuição no teor de cinzas com o aumento da idade no estudo realizado por Moraes (2008), em que o material utilizado foi um clone de *Eucalyptus grandis* e um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, nas idades de 1, 3, 5, 6, 7 e 8 anos. De acordo com o mesmo autor, altos teores de cinzas em árvores jovens ocorrem porque estas possuem metabolismo mais acelerado e demandam maiores quantidades de minerais

Silva (2011) encontrou significativa influência das idades de 4, 5, 6 e 7 anos nos componentes químicos da madeira de um híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*, com aumento dos valores de teor de extrativo e lignina nas maiores idades.

2.3. INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO NAS PROPRIEDADES DA MADEIRA DE EUCALIPTO

De acordo com Haygreen e Bowyer (1989), a irrigação é conhecida como uma estratégia silvicultural, utilizada nas plantações com objetivo de melhorar as condições do local, aumentando a taxa de crescimento da planta e também empregada para suprir a deficiência hídrica de um determinado local, assim, melhorando o potencial de crescimento da árvore.

Para averiguar a influência da irrigação em uma das principais propriedades da madeira, a densidade básica, Downes et al. (2006) estudaram as madeiras de *E. globulus* e *E. nitens* com 8 anos de idade, sendo constatado que as plantas provenientes da região irrigada possuíam menor densidade para ambas as espécies. Em análises realizadas em árvores jovens, Pereira e Araújo (1990) encontraram resultado inferior de densidade na região irrigada para a madeira de *E. globulus* com 11 meses de idade, embora a densidade dessa mesma espécie com 6 meses foi superior na região irrigada. Drew et al. (2009) não observaram diferença

significativa de densidade para a madeira de *E. globulus* na região irrigada e não irrigada, em que a densidade foi avaliada mensalmente, com início aos 33 meses até os 57 meses idade.

Ainda segundo Drew et al. (2009), a espessura da parede celular pode ser influenciada pela disponibilidade de água no solo, ou por outros fatores ambientais, como clima e qualidade do solo. Estes mesmos autores, verificaram na madeira de *E. globulus*, que a largura da fibra foi maior na região irrigada do que na região não irrigada, porém, nessas duas regiões não foi observado diferença significativa para a frequência e dimensões dos vasos.

No estudo realizado por Tomazello Filho (2006), as características das fibras do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* com sete anos e um mês na região irrigada foram de maior diâmetro do lume e menor espessura de parede em comparação as plantas da região não irrigada. Estatisticamente não houve diferença no comprimento da fibra entre as regiões, mas a análise em números absolutos evidenciou que o comprimento da fibra na região irrigada foi superior a outra região, e não foi verificada diferença para dimensão e frequência de vaso entre as duas regiões.

Febuary et al. (1995) analisaram a influência da irrigação nas características dos elementos vasculares da madeira, constatando que o diâmetro e comprimento dos vasos foram superiores na região irrigada para o *E. grandis* e para o híbrido *E. grandis* x *E. camaldulensis*, embora, não houvesse diferença desses elementos para o híbrido *E. grandis* x *E. nitens*. Já a frequência de vaso, no híbrido *E. grandis* x *E. nitens* houve diferença para as duas regiões, sendo superior na região irrigada.

2.4. INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO NAS PROPRIEDADES DA MADEIRA DE EUCALIPTO

A escolha do espaçamento é importante para produção de biomassa florestal, tendo como objetivo proporcionar espaço suficiente para que cada árvore possa se desenvolver ao máximo com a melhor qualidade possível e menor custo.

De acordo com Muller e Couto (2006), o início da utilização de diferentes espaçamentos ocorreu no final da década de 1970 e começo de 1980.

As mudanças nas práticas silviculturais e avanços tecnológicos nas últimas décadas resultaram no aumento da taxa de crescimento das árvores, ao mesmo tempo, a diminuição do tempo de rotação da cultura, que fez com que a proporção de lenho juvenil aumentasse dentro da árvore (TIENNE et al., 2009).

De acordo com Coelho et al. (1970) o silvicultor possui papel significativo na qualidade da madeira produzida, uma vez que o espaçamento é uma variável dentre as que atuam sobre o crescimento em diâmetro da árvore que pode ser controlada pelo manejo. Segundo Silva et al. (2003) a opção pelo modelo de espaçamento deve ser realizada de acordo com a finalidade que o plantio será destinado.

Conforme Berger (2000), o tipo de espaçamento a ser adotado é realizado muitas vezes de maneira empírica, ou seja, a decisão pela característica do espaçamento a ser aplicado acaba ocorrendo a partir de práticas comuns das regiões, onde será implantada a floresta, podendo ser constatado que, em alguns casos, o espaçamento não é empregado corretamente, e que a sua definição não é realizada em conformidade com o uso final da madeira. Para implantação de uma floresta com características necessárias para atender a um determinado mercado de base madeireira, é necessário à realização de um planejamento para verificar e analisar qual espaçamento deve ser empregado, para que a madeira formada neste plantio possa atender às exigências do mercado.

O espaçamento possui forte relação com as características de crescimento do eucalipto, como na área basal da árvore, o que ocasiona o aumento volumétrico da mesma, além de possuir influência na qualidade da madeira, idade de corte e conseqüentemente nos custos de produção (BRASIL, FERREIRA, 1971; SCHONAU, COETZEE, 1989; SILVA et al., 2003).

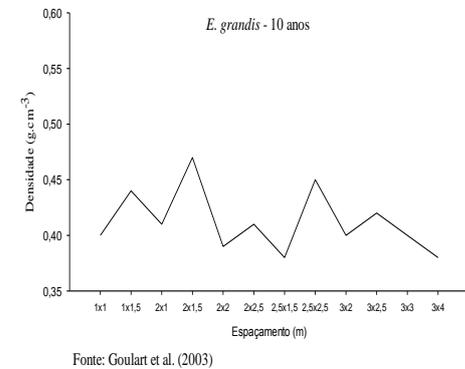
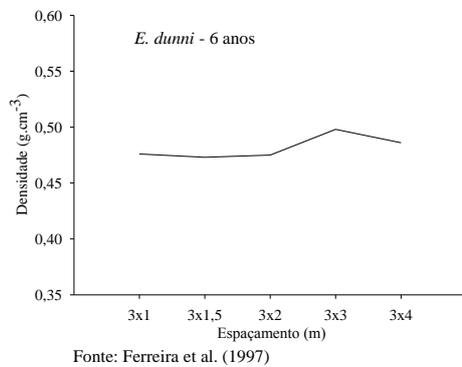
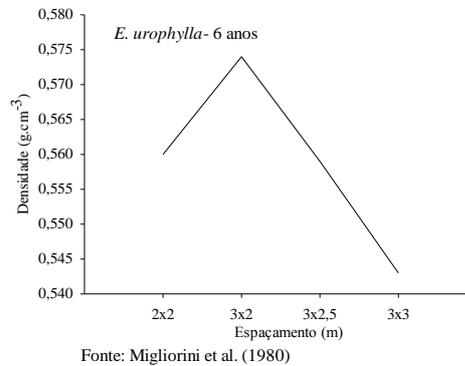
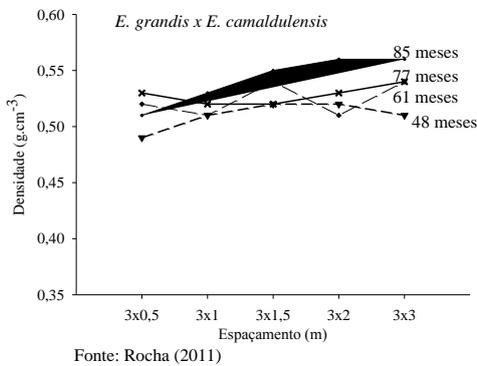
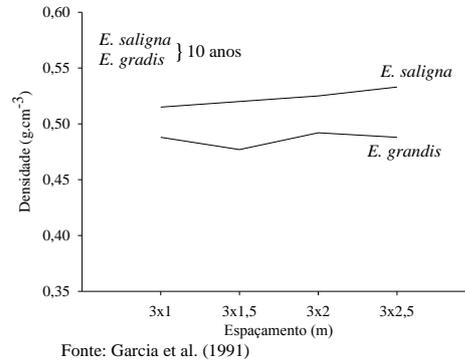
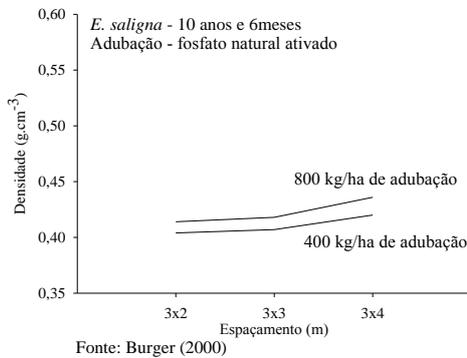
Tienne et al. (2009) verificaram a influência dos espaçamentos 1x1, 2x1, 1,3x1,9, 2x2, 5x2 m no comprimento da fibra da madeira do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* com dois anos, e constataram a tendência de aumento com a ampliação do espaçamento.

No estudo da variação dos componentes químicos da madeira de diferentes espécies de *Eucalyptus* em detrimento de diferentes espaçamentos, Migliorini et al. (1980), Sturion et al. (1988), Ferreira et al. (1997), não encontraram influência do espaçamento no teor de lignina. Ferreira et al. (1997) não verificaram influência do espaçamento no teor de extrativos e teor cinzas.

Para verificar a importância do espaçamento na qualidade da madeira, Ferreira et al. (1997) estudaram a sua influência na densidade da madeira de *E. dunnii*, concluindo que o maior valor de densidade foi proveniente do espaçamento mais amplo, este mesmo resultado também foi obtido por Berger (2000) e Rocha (2011), resultado inverso encontrado por Migliorini et al. (1980) e Garcia et al. (1991). Já Sereghetti (2012) não verificou influência do espaçamento na densidade da madeira do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* com 12 meses de idade. Os resultados dos estudos destes autores podem ser visualizados na Figura 1.

O efeito do espaçamento na produção energética por hectare da madeira foi avaliada por Müller e Couto (2006), foi verificado uma tendência na redução da quantidade de energia por hectare numa idade de 24 meses com o aumento do espaçamento.

Figura 1 – Influência do espaçamento na densidade da madeira de eucalipto, de acordo com estudos de vários autores.



3. METODOLOGIA

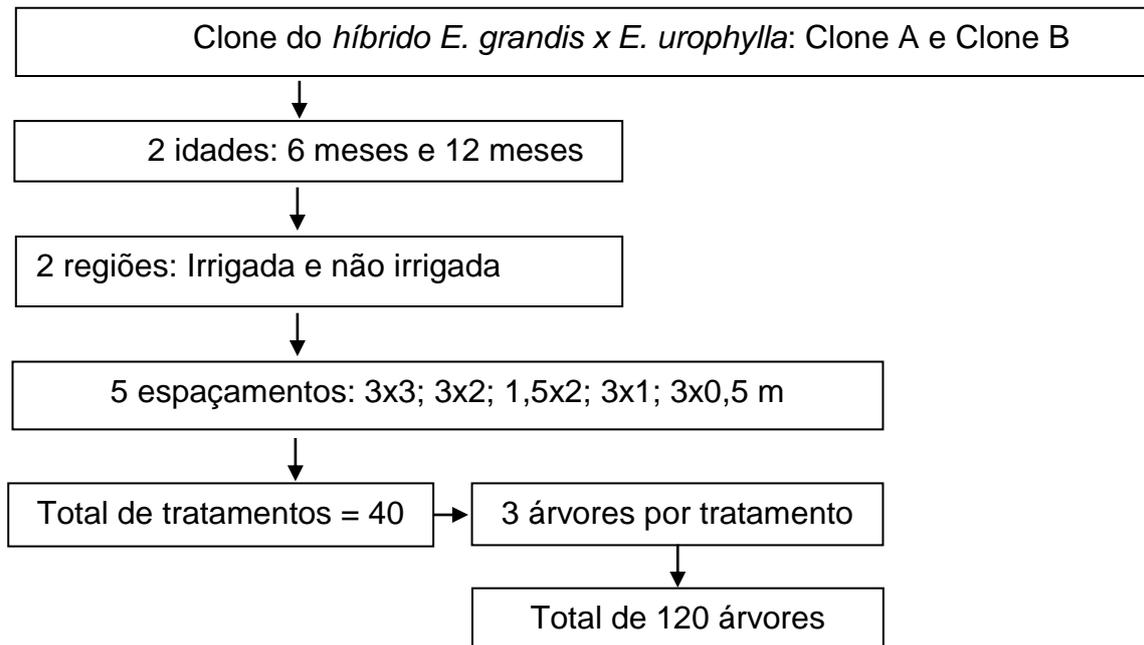
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO E PROCEDÊNCIA DO MATERIAL

Foram utilizados dois clones do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* provenientes da Empresa Fibria Celulose S.A., unidade de Aracruz, Estado do Espírito Santo. A região localiza-se nas coordenadas geográficas a 19°49'15"S de latitude e 40°05'20" W de longitude. O solo da região é classificado como argissolo amarelo típico textura arenosa média fase relevo plano. A temperatura anual mínima e máxima do ar é de 21,11 e 24,89°C respectivamente, com média de 23°C. A precipitação variou de 0,01 a 0,22 mm, com média de 0,12 mm; ambos os dados do clima são durante os 12 meses do experimento (FIBRIA, 2013).

O material em estudo com idade de seis e doze meses foi proveniente do programa de fomento florestal da empresa; plantado em diferentes espaçamentos em duas áreas, uma irrigada e outra não irrigada. As adubações nas diferentes regiões foram realizadas pela empresa; para a área não irrigada, a adubação de cobertura foi efetivada quando as plantas atingiram o mínimo de 70 cm de altura, com a adubação de manutenção realizada oito meses após o plantio, no período chuvoso e com solo úmido. Na região irrigada, as quantidades de fertilizantes recomendadas foram divididas em cinco partes iguais, sendo aplicada nos meses de outubro e dezembro de 2011, fevereiro, abril e junho de 2012; os fertilizantes foram diluídos em água e a aplicação realizada na linha de plantio no início de cada mês.

Foram amostradas três árvores por espaçamento de cada clone, idade e região, sendo, 3 árvores x 5 espaçamentos x 2 clones x 2 idades x 2 regiões, obtendo 120 árvores. Na Figura 2 é esquematizado um organograma com os tratamentos para uma melhor compreensão da pesquisa.

Figura 2 – Organograma dos tratamentos.



Fonte: o autor

No Quadro 1 está o esquema de implantação dos híbridos, nos diversos espaçamentos e diferentes áreas.

Quadro 1 – Esquema de implantação do povoamento para os tratamentos, clones, espaçamentos e irrigação.

Tratamento	Material Genético	Espaçamento (m)	Irrigação (S/I)
1	A	3x3	I
2	B		
3	A	3x2	
4	B		
5	A	3x1	
6	B		
7	A	3x0,5	
8	B		
9	A	1,5x2	
10	B		
11	A	3x3	S
12	B		
13	A	3x2	
14	B		
15	B	3x1	
16	A		
17	A	3x0,5	
18	B		
19	A	1,5x2	
20	B		

I: irrigado; S: não irrigado.

Cada uma das áreas possuíam em média dois hectares. As parcelas estavam em faixa de 7 e 13 linhas de plantas, com três sub-parcelas, onde foi abatida uma árvore em cada sub-parcela em cada idade. Na Figura 3 é visualizada a divisão dos espaçamentos nos dois hectares. Vale ressaltar que a Figura ilustra a região irrigada e a não irrigada, nas duas idades.

Figura 3 – Disposição das parcelas nos diferentes espaçamentos.

100 m	3x3 m 1.111 pl/ha clone A	3x3 m 1.111 pl/ha clone B	3x2 m 1.667 pl/ha clone A	3x2 m 1.667 pl/ha clone B	3x1 m 3.3333 pl/ha clone B	3x0,5 m 6.6666 pl/ha clone A	1,5x2 m 3.3333 pl/ha clone A	1,5x2 m 3.3333 pl/ha clone B
					3x1 m 3.3333 pl/ha clone A	3x0,5 m 6.6666 pl/ha clone B		
	204 m							
	7 linhas	7 linhas	13 linhas	13 linhas				

Fonte: o autor.

Após derrubadas, as árvores foram submetidas à cubagem rigorosa, para o cálculo do volume individual, por meio do método de Smalian. A altura comercial (Hc) foi considerada até o diâmetro mínimo de 5 cm, com casca. Adicionalmente, foram medidas as espessuras da casca para a determinação dos volumes com e sem casca, além das estimativas de incremento volumétrico das árvores.

Para caracterização da madeira foram retirados seis discos com 2,5 cm de espessura, nas posições de 1,30 m do solo, e a 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial da árvore, os quais foram utilizados para determinação da densidade básica. Para realização da análise anatômica da madeira, utilizou-se amostra obtida na base da árvore e para análise química da madeira foi utilizado uma amostra composta dos discos obtidos ao longo do fuste da árvore.

3.2. DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA

Para a determinação da densidade básica, nas árvores de seis e doze meses de idade foi utilizado o disco inteiro em função das pequenas dimensões do tronco das árvores.

Os corpos de prova foram dispostos em um dessecador e saturados com água sob vácuo para auxiliar o processo de saturação. Depois de saturadas, as amostras tiveram seus volumes obtidos por deslocamento de água (VITAL, 1984) em uma balança com precisão. As amostras foram secas ao ar durante três dias e conduzidas a uma estufa a 103 ± 2 °C até massa constante, ou, massa seca, sendo determinada a densidade básica das mesmas, ao utilizar o valor obtido da relação da massa seca da amostra e seu volume saturado. Após a obtenção da densidade básica em cada posição foi realizado a densidade básica pela média ponderada, pelo emprego do volume dos toretes das secções obtidas, Equação 1.

$$DbmP = \frac{(DBm_{(0-25\%)} \times V_{(0-25\%)}) + \dots + (DBm_{(75-100\%)} \times V_{(75-100\%)})}{V_{(0-25\%)} + V_{(25-50\%)} + V_{(50-75\%)} + V_{(75-100\%)}} \quad (1)$$

em que:

DbmP: Densidade básica média ponderada (g.cm^{-3});

DBm: Densidade básica média entre as posições 0 e 25; 25 e 50; 50 e 75; 75 e 100 (g.cm^{-3}); e

V: Volume das seções entre as posições 0 e 25; 25 e 50; 50 e 75; 75 e 100% (m^3).

3.3. ANÁLISE ANATÔMICA DA MADEIRA

Para realização das mensurações de vaso e fibra na madeira, utilizou-se o disco obtido da base das árvores. Na mensuração dos vasos, foram retirados blocos

de madeira, que foram amolecidos em água quente e fixados em micrótomo de deslize para obtenção de cortes anatômicos de espessura variando de 18 a 20 μm do plano transversal, e preparados em lâminas temporárias, com uso de glicerina e água. De posse das lâminas, foram realizadas fotomicrografias com auxílio de uma câmera fotográfica acoplada a um microscópio. Os parâmetros foram mensurados nas fotos a partir de um software analisador de imagem Axion-vision sendo à frequência vascular em poros/ mm^2 e os diâmetros dos vasos em μm .

Para mensuração das fibras, as mesmas foram dissociadas da madeira pelo método proposto por Nicholls e Dadswell descrito por Ramalho (1987). Para mensuração das fibras e vasos seguiu-se a Comissão Panamericana de Normas Técnicas – COPANT (1974).

Para a realização do macerado, foram preparadas lascas de madeira, as quais foram transferidas para tubos contendo solução macerante (ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio, na proporção 1:1) . Após serem lacrados, os tubos foram conduzidos para a estufa e permaneceram a uma temperatura de 60 °C por 48 horas. Posteriormente, o macerado foi lavado, colorido com safranina e realizada a preparação das lâminas em glicerina para obtenção das fotomicrografias contendo as fibras dissociadas. Após a realização das fotomicrografias, as fibras foram medidas pelo mesmo software analisador de imagens descrito na mensuração de vaso.

Foram realizadas 40 repetições para mensuração da frequência dos vasos (n° vasos. mm^2) e 20 para o seu diâmetro. Na mensuração do comprimento, largura e diâmetro do lume das fibras foram realizados 20 repetições para cada componente. A espessura de parede da fibra da madeira foi obtida pela subtração do diâmetro da fibra com o diâmetro do lume, e o resultado dividido por dois.

3.4. ANÁLISE QUÍMICA DA MADEIRA

Para a quantificação dos extrativos, realizou-se uma amostragem compostas dos discos obtidos ao longo do fuste de cada árvore. A madeira foi triturada em um

moinho tipo Willey para redução da dimensão da amostra, e peneirada, para utilização do material que passou pela peneira de 40 “mesh” e ficou retido na de 60 “mesh”.

A quantificação dos extrativos foi realizada conforme especificações da Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel – ABTCP M/68 (1968) e Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI - T204-05-76, 1998). Foram utilizados 2g secos de serragem em três tipos diferentes de solventes. Primeiramente, a extração foi realizada em álcool:tolueno (1:2) por 6 hora, em seguida, as mesmas amostras foram submetidas à extração em álcool por 4 horas e, finalmente, em água quente durante 1 hora e 30 minutos. Após as extrações as amostras foram secas em estufa a 103 ± 2 °C até massa constante, e pesada para determinação da solubilidade dos extrativos pela diferença de massa.

Após a remoção dos extrativos da madeira, foram pesados 0,3 g de serragem secas para a quantificação da lignina. Nas amostras foram adicionados 3 mL de ácido sulfúrico a 72%, mantidas em banho-maria a $30 \pm 0,2$ °C por 1 hora. Após este período as amostras foram diluídas em 1 L de água destilada e depositadas em um frasco fechado hermeticamente, com tampa de borracha e lacre de alumínio, sendo levadas para autoclave com água a 118 °C durante 1 hora. Depois de retiradas da autoclave, as amostras foram filtradas em um filtro de vidro sinterizado, porosidade 2 com camada de óxido de alumínio em fibras, e inseridos na estufa à temperatura de 103 ± 2 °C, até massa constante, para posterior pesagem e determinação da lignina insolúvel (GOMIDE e DEMUNER, 1986). O teor de lignina solúvel em ácido sulfúrico foi determinado por meio da espectrofotometria, sendo utilizada a equação descrita por Goldschimid (1971). A lignina total foi determinada como sendo a soma das ligninas solúvel e insolúvel.

O teor de cinzas foi realizado de acordo com a ABTCP M 11/77 (1977). Utilizaram-se cinco gramas secos de madeira, que foram alocados em um cadinho de porcelana para posteriormente serem conduzidos à mufla mantida a 575 °C por ± 6 horas. Inicialmente, os cadinhos foram dispostos na mufla com tampa, após a carbonização das amostras, as tampas foram retiradas e os mesmos permaneceram na mufla até a combustão total das amostras, quando se certificou que somente as cinzas restavam no fundo do recipiente. Após este procedimento, as amostras foram

retiradas da mufla e alocadas em um dessecador para o resfriamento e posterior pesagem para determinação do teor de cinzas.

3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Para a região irrigada e não irrigada foi realizada uma análise inicial para cada área, sendo 20 tratamentos e 3 repetições no delineamento inteiramente casualizado, considerando os 20 tratamentos como um fatorial de 2 clones x 2 idades x 5 espaçamentos.

Posteriormente foi realizada uma análise conjunta considerando as duas regiões, uma vez que a interação entre os quatro fatores foi significativa ($P < 0,05$), não atendeu as necessidades para interpretação dos resultados. Assim, optou-se em ignorar a estrutura fatorial, sendo assim, as médias dos 40 tratamentos comparadas pelo teste de Skott-knott em nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. VOLUME DO FUSTE DE EUCALIPTO

Os valores médios de diâmetro da árvore a 1,30 m do solo (DAP), volumes de madeira e massa seca dos dois clones nas diferentes idades, espaçamentos e região irrigada e não irrigada podem ser visualizados na Tabela 1.

Os valores de diâmetro a 1,30 m do solo, volume e massa seca por hectare diferiram estatisticamente ($P < 0,05$). O DAP diminuiu com o adensamento do espaçamento. Em média, os diâmetro dos clones A e B foram menores aos 6 meses que aos 12 meses de 46,6% e 44,91% respectivamente.

O maior volume foi do clone B com 12 meses no espaçamento de plantio 1,5x2 m na região irrigada, sendo 55,02 m³ de madeira por hectare. Comparando os dois clones com a mesma idade, espaçamento e região, foi observado que os valores de volume do clone B foram superiores aos do clone A.

O volume de madeira por área aumentou com o adensamento do espaçamento para todas as condições de crescimento (Figura 4). Isto ocorreu por causa do maior número de árvores por área em menores espaçamentos, sendo o mesmo comportamento observado por Coelho et al. (1970), Balloni e Simões (1980), Haygreen e Bowyer (1989), Berger et al. (2002), Müller e Couto (2006), e Morais (2006), que estudaram diferentes espécies e idades de *Eucalyptus*.

O volume de madeira por área foi maior na região irrigada nos dois clones e duas idades. O aumento de volume ocasionado pela irrigação é explicado por Haygreen e Bowyer (1989), ao afirmarem que a irrigação possui papel de potencializar a taxa de crescimento das plantas. Tomazello Filho (2006) obteve resultado semelhante, com maior produção em volume na área irrigada que na área não irrigada para a madeira do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* com idade de sete anos e um mês.

Tabela 1 – Valores médios de diâmetro a 1,30 do solo, volume e massa seca de madeira por hectare dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.

Clone	Idade (meses)	Espaçamento (m)	DAP (cm)	Volume (m ³ /ha com casca)	Massa seca (Kg/ha)	Região
A	6	3x3	3,40 d	2,84 j	798,87 i	Irrigada
			2,20 e	1,40 j	807,13 i	Não irrigada
		3x2	2,95 d	3,67 j	1174,95 i	Irrigada
			1,67 e	2,54 j	1222,33 i	Não irrigada
		3x1	2,33 e	6,29 i	2068,23 h	Irrigada
			2,55 e	4,96 j	2130,26 h	Não irrigada
	1,5x2	1,61 e	3,96 j	2291,78 h	Irrigada	
		1,89 e	6,05 i	2319,04 h	Não irrigada	
	3x0,5	1,94 e	8,35 h	4356,93 g	Irrigada	
		2,58 e	7,09 i	4485,76 g	Não irrigada	
	12	3x3	6,76 c	16,88 g	5368,67 f	Irrigada
			4,83 c	7,97 h	2516,12 h	Não irrigada
		3x2	6,37 a	23,02 f	7400,96 e	Irrigada
			5,03 c	15,40 h	4789,64 f	Não irrigada
		3x1	5,26 b	32,23 e	10220,21 d	Irrigada
			4,73 c	24,48 f	7415,34 e	Não irrigada
	1,5x2	4,59 c	25,25 f	7251,27 e	Irrigada	
		5,14 c	29,43 e	9315,08 d	Não irrigada	
3x0,5	3,32 d	23,48 f	6794,29 e	Irrigada		
	3,50 d	24,99 f	7052,28 e	Não irrigada		
B	6	3x3	2,97 d	3,17 j	641,43 i	Irrigada
			3,29 d	2,14 j	608,59 i	Não irrigada
		3x2	2,66 e	3,67 j	931,88 i	Irrigada
			2,43 e	3,63 j	910,15 i	Não irrigada
		3x1	2,50 e	5,01 j	2126,86 h	Irrigada
			2,25 e	6,52 i	2103,78 h	Não irrigada
	1,5x2	2,96 d	8,90 h	1885,03 h	Irrigada	
		2,31 e	8,17 h	1873,47 h	Não irrigada	
	3x0,5	2,34 e	9,87 h	3804,76 g	Irrigada	
		2,53 e	10,06 h	3766,51 g	Não irrigada	
	12	3x3	8,13 a	29,68 e	9586,45 d	Irrigada
			6,43 b	17,52 g	5329,87 f	Não irrigada
		3x2	7,29 a	35,64 d	11505,20 c	Irrigada
			6,25 b	24,43 f	7037,80 e	Não irrigada
		3x1	4,87 c	30,43 e	8772,74 d	Irrigada
			5,37 c	37,28 d	10873,85 c	Não irrigada
	1,5x2	6,16 b	55,02 a	16639,35 a	Irrigada	
		3,99 d	49,91 b	15315,65 b	Não irrigada	
3x0,5	4,01 d	41,32 c	11640,61 c	Irrigada		
	5,92 b	40,10 c	11276,77 c	Não irrigada		

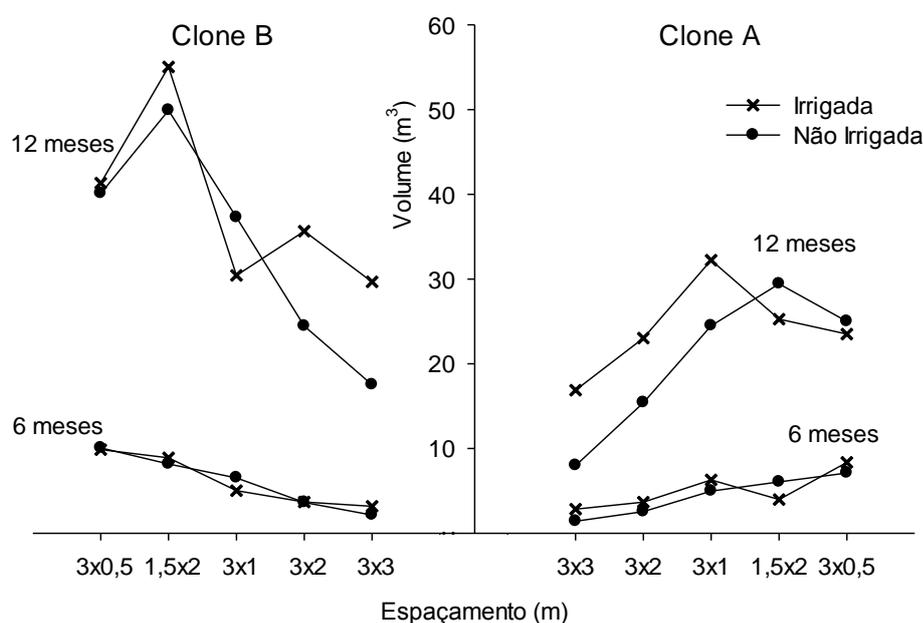
As médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Skott-knott em nível de 5% de probabilidade. * Não significativo pelo teste de Skott-knott (P>0,05).

Fonte: o autor.

A maior diferença de volume entre a região irrigada e não irrigada ocorreu no espaçamento mais amplo (3x3 m) em que o volume do clone A aos 6 e 12 meses na região irrigada foi superior 50,4 e 52,7%, respectivamente, à região não irrigada.

Comportamento semelhante foi observado para o clone B, sendo que o volume foi 32,2% e 40,9% superior na região irrigada para as duas idades respectivamente. Observa-se que os valores médios de massa seca por hectare seguiram a mesma tendência do volume por hectare.

Figura 4 – Valores médios de volume de madeira do fuste por hectare ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) em dois clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* para diferentes, idades, espaçamentos, idades e regiões.



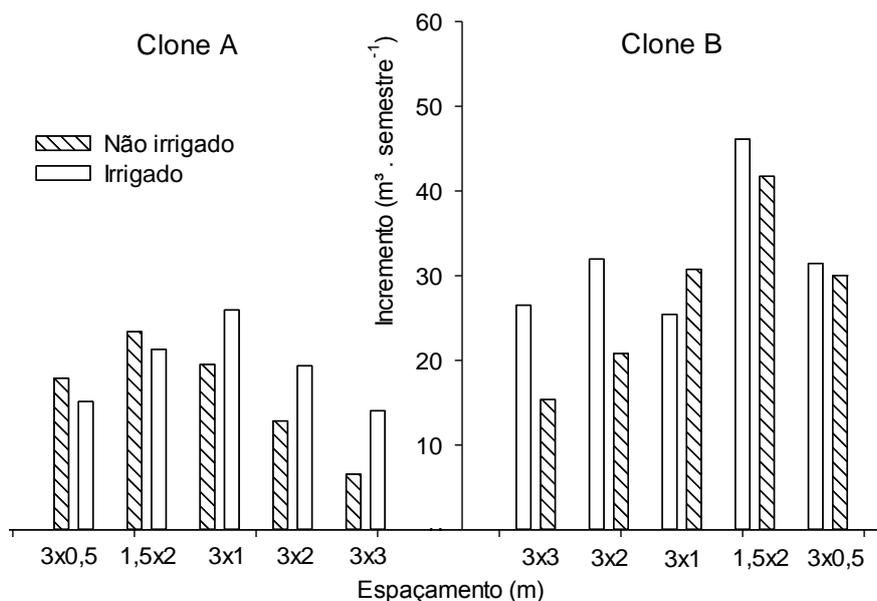
Fonte: o autor.

O comportamento do incremento semestral ($\text{m}^3 \cdot \text{semestre}^{-1}$) em relação aos diferentes espaçamentos e regiões pode ser visualizado na Figura 5. O incremento, assim como o volume, nos diferentes espaçamentos dos dois clones nas regiões irrigadas foram superiores aos da região não irrigada, com exceção nos espaçamentos 3x0,5 e 1,5x2 m do clone A e no espaçamento 3x1 m do clone B, em que o incremento foi maior na região não irrigada.

Com o aumento do espaçamento de plantio os valores de incremento médio semestral de volume por hectare nas duas regiões decresceram. Esta mesma tendência foi observada por Oliveira et al. (2009), que avaliaram o clone do híbrido *E.camadulensis* x *E. urophylla* com idades de 18, 27, 38 e 51 meses, nos

espaçamentos 3,33x2; 3,33x3 e 5x2 m. Quenó (2009) também verificou essa tendência para o clone de um híbrido *E. grandis* x *E. camadulensis* com 2 anos nos espaçamentos 3x0,5; 3x0,75; 3x1; 3x1,5; 3x2; 3x2,5 e 3x3 m.

Figura 5 – Incremento semestral ($\text{m}^3 \cdot \text{semestre}^{-1}$) em relação aos diferentes clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, espaçamentos e regiões.



Fonte: o autor.

4.2. DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA

Na Tabela 2 estão os valores médios de densidade básica média ponderada dos clones nas diferentes idades, espaçamentos e regiões. Os valores médios de densidade variaram estatisticamente ($P < 0,05$).

Os valores médios de densidade do clone A foram superiores aos do clone B, tendo os maiores valores do clone A nos espaçamentos 3x3 e 3x2m, independente da idade e irrigação. Segundo Barcellos et al. (2005), quanto maior a densidade da madeira, maior o seu potencial energético, logo a maior densidade do

clone A foi nos espaçamentos mais amplos, variaram de 0,39 a 0,41g.cm⁻³, sendo esses superiores aos 0,35 g.cm⁻³ obtidos por Sereghetti (2012) para *E. urophylla* x *E. grandis* com 12 meses de idade no espaçamento 3x2 m em região não irrigada no município de Sarapuí, SP.

Tabela 2 – Valores médios da densidade básica da madeira dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* com diferentes idades, espaçamentos e regiões.

Clone	Idade (meses)	Espaçamento (m)	Densidade (g.cm ⁻³)	Região
A	6	3x3	0,40 a	Irrigada
			0,40 a	Não irrigada
		3x2	0,39 a	Irrigada
			0,41 a	Não irrigada
		3x1	0,34 b	Irrigada
			0,39 a	Não irrigada
	1,5x2	0,38 a	Irrigada	
		0,39 a	Não irrigada	
	3x0,5	0,36 b	Irrigada	
		0,37 a	Não irrigada	
	12	3x3	0,41 a	Irrigada
			0,40 a	Não irrigada
		3x2	0,40 a	Irrigada
			0,38 a	Não irrigada
3x1		0,38 a	Irrigada	
		0,37 b	Não irrigada	
1,5x2	0,35 b	Irrigada		
	0,39 a	Não irrigada		
3x0,5	0,35 b	Irrigada		
	0,35 b	Não irrigada		
B	6	3x3	0,35 b	Irrigada
			0,33 b	Não irrigada
		3x2	0,34 b	Irrigada
			0,33 b	Não irrigada
		3x1	0,39 a	Irrigada
			0,35 b	Não irrigada
	1,5x2	0,34 b	Irrigada	
		0,34 b	Não irrigada	
	3x0,5	0,34 b	Irrigada	
		0,34 b	Não irrigada	
	12	3x3	0,36 b	Irrigada
			0,35 b	Não irrigada
		3x2	0,37 b	Irrigada
			0,34 b	Não irrigada
3x1		0,34 b	Irrigada	
		0,34 b	Não irrigada	
1,5x2	0,34 b	Irrigada		
	0,34 b	Não irrigada		
3x0,5	0,34 b	Irrigada		
	0,35 b	Não irrigada		

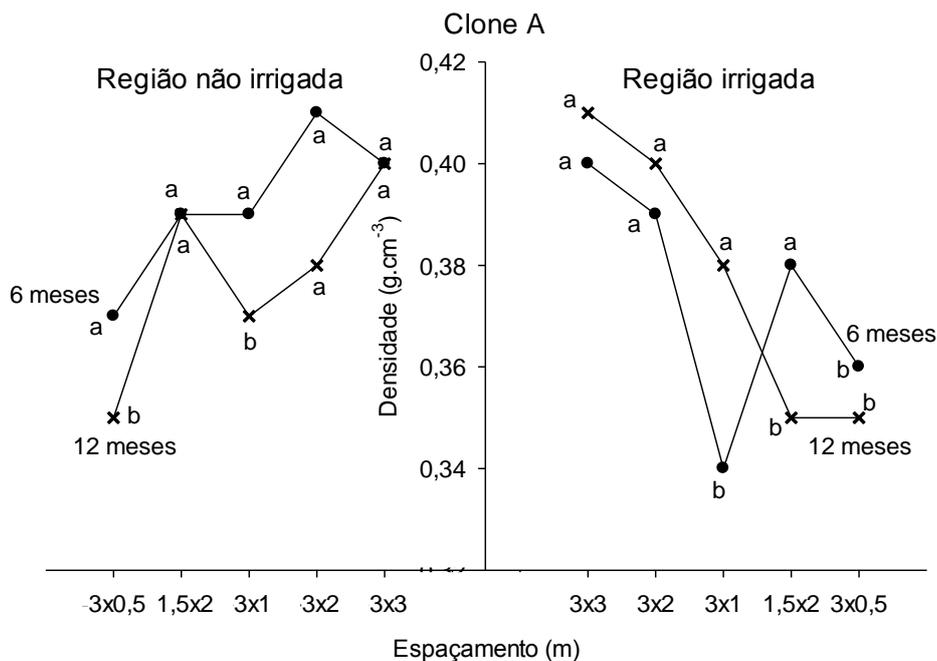
As médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Skott-knott em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

Conforme Benson (1963), a alta competição por água, luz e nutrientes entre as árvores de folhosas pode resultar na baixa densidade da madeira. Ferreira et al. (1997) estudaram *E. dunni* com 72 meses e Rocha (2011) o *E. grandis* x *E. camadulensis* com 85 meses também encontraram maiores valores de densidade da madeira nos espaçamentos mais amplos. Migliorini et al. (1980) analisaram o *E. urophylla* com 72 meses e obtiveram resultados distintos, em que a densidade diminuiu nos maiores espaçamentos. Já Sereghetti (2012) não verificou influência do espaçamento na densidade da madeira do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* com 12 meses de idade.

A densidade da madeira nas duas idades para o clone A em cada região e espaçamento é ilustrado na Figura 6. Observa-se que nos espaçamentos mais densos foram obtidos madeiras com menores valores de densidade. Comparando as duas idades em cada região, verificou-se que a densidade da madeira aos seis meses foi superior na região não irrigada, e na região irrigada a densidade foi superior na idade de 12 meses, com exceção nos espaçamentos de plantio 1,5x2 e 3x0,5 m.

Figura 6 – Valores médios de densidade da madeira do clone A do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nos diferentes espaçamentos e idades, na região irrigada e não irrigada.



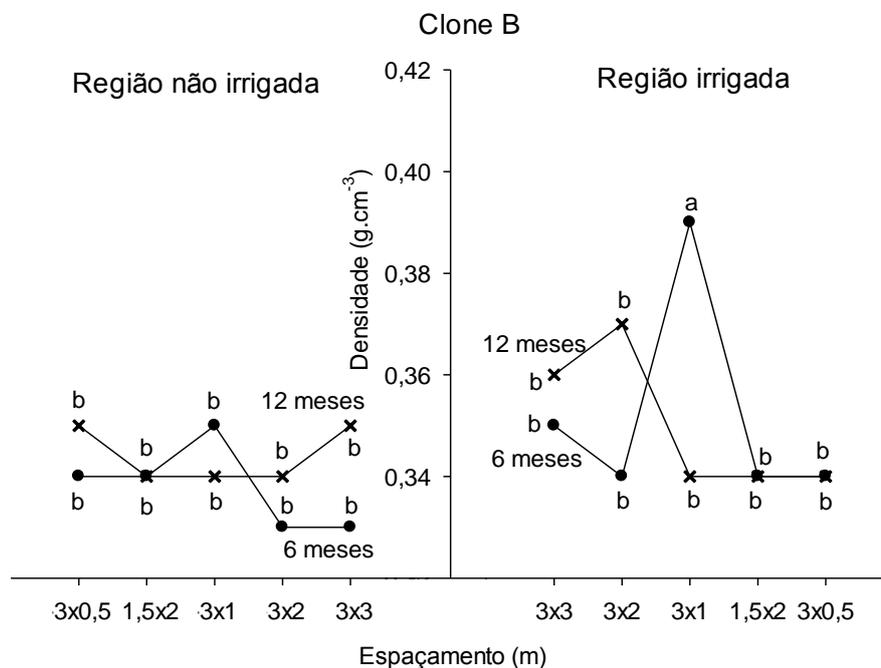
Fonte: o autor.

Na Figura 7 podem ser visualizados os valores de densidade entre as idades do clone B em cada região e espaçamento. Ao analisar em números absolutos, aos 12 meses a densidade da madeira foi superior na região não irrigada, com exceção nos espaçamentos 1,5x2 e 3x1 m. Na região irrigada, os maiores valores foram provenientes dos espaçamentos 3x3 e 3x2 m com 12 meses e no espaçamento 3x1 m com seis meses, no restante dos espaçamentos, as densidades foram semelhantes.

De acordo com Trugilho et al. (1996), em algumas características da madeira, como a densidade, ocorre rápida elevação de seus valores com o decorrer do tempo até atingirem a maturidade (madeira adulta), quando os seus valores permanecem mais ou menos constantes. Esta elevação de densidade foi verificada para o clone A na região irrigada, e no clone B na região não irrigada. Nos estudos do Sturion et al. (1988) com *E. viminalis* com 4 e 7 anos, Mello et al. (1972) o *E. saligna*, *E. grandis*, *E. alba* ambos com idade de 5 e 7 anos, Mello et al. (1976) o *E. urophylla*, *E. saligna*, *E. grandis* com 7 e 9 anos, Santana et al. (2012) o clone do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, com 34, 48, 61, 74 e 86 meses, Rocha (2011) o clone do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* com 48, 61, 77 e 85 meses e Silva (2011) o *E. grandis* x *E. urophylla* com 4, 5, 6 e 7 anos, também encontraram maiores valores de densidade nas árvores mais velhas.

Ao verificar a densidade da madeira do clone B nas duas regiões, observou-se que na região irrigada foram obtidos os maiores valores médios (Figura 7). Embora Downes et al. (2006) estudaram a densidade da madeira do *Eucalyptus globulus* aos oito anos e obtiveram resultado inverso ao do clone B, sendo a densidade inferior na região irrigada. Já Drew et al. (2009) não observaram diferença da densidade na madeira avaliada mensalmente no período de 33 a 57 meses do *E. globulus* entre a região irrigada e não irrigada. Pereira e Araújo (1990) encontraram resultado inferior de densidade na região irrigada para a madeira de *E. globulus* com 11 meses de idade e nesta mesma espécie com idade de seis meses foi obtido resultado inverso, em que a densidade foi maior na região irrigada.

Figura 7 – Valores médios de densidade da madeira do clone B do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nos diferentes espaçamentos e idades, na região irrigada e não irrigada.



Fonte: o autor.

Os valores de densidade variaram de 0,33 a 0,41 g.cm⁻³ entre os diversos tratamentos estudados, sendo estes relativamente baixos para produção de carvão vegetal, uma vez que Carneiro et al. (2012) afirmaram que a madeira de eucalipto deve possuir densidade mínima de 0,50 g.cm⁻³ para produção de carvão, desta forma, a madeira dos clones aos 6 e 12 meses ainda não possuem qualidade adequada para tal utilização.

4.3. ANATOMIA DA MADEIRA DE EUCALIPTO

4.3.1. Frequência e diâmetro de vasos

Os valores médios de frequência e diâmetro de vaso diferiram estatisticamente ($P < 0,05$). Estes resultados podem ser visualizados na Tabela 3. Foi

verificado os menores valores de frequência de vaso nos dois clones com idade de 12 meses nas duas regiões, com exceção do espaçamento 3x0,5 m para o clone A na região irrigada e para o clone B nas duas regiões. Não foi verificada grandes diferenças entre os dois clones nos mesmos espaçamentos, idades e regiões, como também, não foi observada variação da frequência de vaso em função dos espaçamentos.

Verifica-se maior frequência de vaso nos clones com seis meses de idade. Evangelista et al. (2010) também verificaram maior frequência de vaso nas árvores mais jovens, sendo estudado o *Eucalyptus urophylla* com 72 e 96 meses.

A frequência de vaso da madeira entre a região irrigada e não irrigada, tem poucas variações, sendo que para o clone A aos seis meses houve variação apenas nos espaçamentos 3x3 e 3x2 m, em que a frequência de vaso foi menor na região irrigada para o espaçamento 3x3 m e maior no 3x2 m.

February et al. (1995) verificaram na madeira de *E. grandis* e no híbrido do *E. grandis* x *E. camaldulensis*, que a frequência de vaso não variou entre a região irrigada e não irrigada, e no híbrido do *E. grandis* x *E. nitens* foi observado maior frequência dos vasos na região não irrigada, sem diferença de diâmetro do vaso. Tomazello Filho (2006) e Drew et al. (2009) também não verificaram influência da irrigação na frequência de vasos.

Em função da análise dos resultados, verifica-se pouca influência da irrigação e espaçamento na frequência de vasos na madeira dos dois clones nas duas idades.

Tabela 3 – Valores médios da frequência e diâmetro de vaso na madeira dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.

Clone	Idade (meses)	Espaçamento (m)	Frequência de vaso (nº. de vasos/mm ²)	Diâmetro de vaso (µm)	Região
A	6	3x3	14,59 b	56,18 d	Irrigada
			16,08 a	73,35 c	Não irrigada
		3x2	17,68 a	56,75 d	Irrigada
			14,79 b	68,05 c	Não irrigada
		3x1	15,33 a	69,66 c	Irrigada
			15,71 a	70,15 c	Não irrigada
	1,5x2	16,53 a	63,44 d	Irrigada	
		15,41 a	70,61 c	Não irrigada	
	3x0,5	18,80 a	61,49 d	Irrigada	
		16,28 a	71,08 c	Não irrigada	
	12	3x3	13,41 b	81,69 b	Irrigada
			12,57 b	61,38 d	Não irrigada
		3x2	13,48 b	73,69 c	Irrigada
			12,51 b	60,84 d	Não irrigada
3x1		12,44 b	73,92 c	Irrigada	
		12,20 b	65,23 d	Não irrigada	
1,5x2	11,95 b	78,44 b	Irrigada		
	14,01 b	71,95 c	Não irrigada		
B	6	3x3	16,21 a	68,40 c	Irrigada
			15,35 a	80,63 b	Não irrigada
		3x2	14,71 b	63,20 d	Irrigada
			15,89 a	79,92 b	Não irrigada
		3x1	17,47 a	62,62 d	Irrigada
			16,99 a	76,30 b	Não irrigada
	1,5x2	13,85 b	72,89 c	Irrigada	
		13,85 b	72,88 c	Não irrigada	
	3x0,5	16,73 a	69,64 c	Irrigada	
		17,59 a	73,65 c	Não irrigada	
	12	3x3	11,40 b	90,88 a	Irrigada
			13,63 b	71,29 c	Não irrigada
		3x2	11,71 b	83,06 b	Irrigada
			12,44 b	71,52 c	Não irrigada
3x1		14,01 b	83,87 b	Irrigada	
		13,71 b	70,22 c	Não irrigada	
1,5x2	12,89 b	79,01 b	Irrigada		
	13,65 b	72,39 c	Não irrigada		
3x0,5	16,36 a	81,45 b	Irrigada		
	15,36 a	73,52 c	Não irrigada		

As médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Skott-knott em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

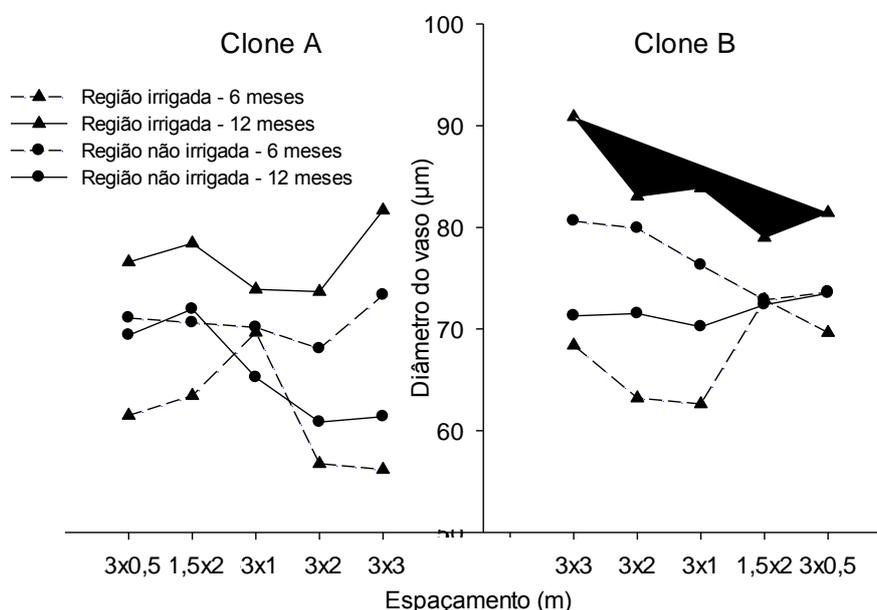
Os valores médios de frequência e diâmetro de vaso variaram estatisticamente ($P < 0,05$), verifica-se que o maior diâmetro de vaso foi do clone B

aos 12 meses no espaçamento 3x3 m da região irrigada. De acordo com Santos et al. (2012) maiores diâmetros de vaso implica em menor densidade da madeira.

Pode-se visualizar na Figura 8 que os valores de diâmetro de vaso diminuíram com o adensamento do espaçamento para o clone A aos 12 meses na região não irrigada, como também para o clone B aos seis meses na região não irrigada e aos 12 meses na região irrigada.

No clone B foi verificado maior diâmetro do vaso que o clone A. Verificou-se que o diâmetro do lume foi superior na região não irrigada para os dois clones aos seis meses, na região irrigada o resultado foi superior para os dois clones aos 12 meses. Tomazello Filho (2006) estudou o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* com idade de 85 meses e Drew et al. (2009) analisaram mensalmente no período de 33 a 57 meses o *E. globulus*, não observaram diferença significativa no diâmetro do vaso na região irrigada e não irrigada.

Figura 8 – Valores médios de diâmetro do vaso na madeira dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nos diferentes espaçamentos e idades, na região irrigada e não irrigada.



Fonte: o autor.

Observa-se que na região não irrigada, os maiores valores médios diâmetro do lume do vaso foram nos clones aos seis meses. Para a região irrigada verificou-se o inverso, ou seja, o diâmetro dos vasos foram superiores nos clones aos 12

meses. Já Evangelista et al. (2010), não verificaram diferença significativa entre as idades de 6 e 8 anos para o *Eucalyptus urophylla*.

4.3.2. Dimensões das fibras

Na Tabela 4 estão os valores médios de comprimento (C), largura (L), diâmetro do lume (DL) e espessura da parede (EP) das fibras para os clones nas diferentes idades, espaçamentos e regiões. Os valores médios de comprimento e espessura da parede das fibras diferiram estatisticamente, a largura e diâmetro do lume da fibra não variou estatisticamente.

Os maiores valores de comprimento de fibra foram obtidos pelo clone A aos 12 meses nos espaçamentos 3x3 e 3x1 m na região irrigada e no espaçamento 3x0,5 m para o mesmo clone e idade na região não irrigada; no clone B, os maiores valores foram provenientes da idade de 12 meses nos espaçamentos 3x3, 3x2 e 3x0,5 m da região irrigada, e na região não irrigada os maiores valores foram nos espaçamentos 1,5x2 e 3x0,5 m.

Os valores médios do comprimento de fibra tenderam a aumentar com o adensamento do espaçamento, exceto na idade de 12 meses e para o clone A no espaçamento 3x3 m na região não irrigada, aos seis meses. Essa mesma tendência foi observada para os clones aos 12 meses na região não irrigada, embora o comprimento de fibra tenha diminuído nos menores espaçamentos na região irrigada. Estes resultados podem ser visualizados na Figura 9.

Tienne et al. (2009) verificaram tendência de aumento dos valores do comprimento da fibra com a ampliação dos espaçamentos, para o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* aos dois anos nos espaçamentos de 1x1; 2x1; 1,3x1,9; 2x2 e 5x2 m. Essa tendência foi observada no presente estudo somente para os clones de 12 meses na região irrigada.

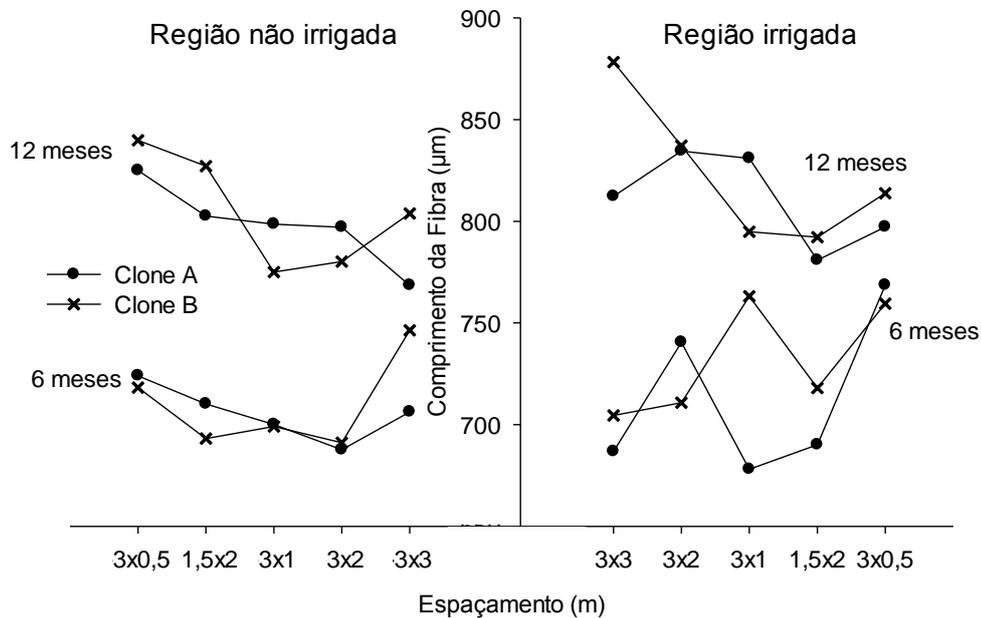
Tabela 4 – Valores médios dos parâmetros das fibras da madeira dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.

Clone	Idade (meses)	Espaçamento (m)	C (µm)	L (µm)*	DL (µm)*	EP (µm)	Região
A	6	3x3	686,83 c	19,43	11,66	3,88 a	Irrigada
			706,18 c	18,79	11,32	3,73 a	Não irrigada
		3x2	740,40 c	19,10	11,78	3,66 a	Irrigada
			687,66 c	19,76	12,36	3,70 a	Não irrigada
		3x1	678,04 c	19,18	12,12	3,53 b	Irrigada
			700,09 c	19,45	11,89	3,78 a	Não irrigada
	1,5x2	690,10 c	18,97	11,94	3,52 b	Irrigada	
		710,12 c	19,39	11,49	3,95 a	Não irrigada	
	3x0,5	768,60 b	19,64	12,21	3,71 a	Irrigada	
		723,98 c	19,79	12,18	3,80 a	Não irrigada	
	12	3x3	812,34 a	19,43	12,22	3,61 b	Irrigada
			768,49 b	18,20	11,33	3,43 b	Não irrigada
		3x2	834,57 a	18,15	10,97	3,59 b	Irrigada
			797,11 b	18,67	11,68	3,49 b	Não irrigada
		3x1	830,99 a	19,35	12,23	3,56 b	Irrigada
			798,62 b	19,01	12,33	3,34 b	Não irrigada
	1,5x2	780,96 b	19,55	12,36	3,59 b	Irrigada	
		802,62 b	18,78	12,49	3,15 b	Não irrigada	
3x0,5	797,22 b	19,40	11,98	3,71 a	Irrigada		
	825,02 a	19,17	12,47	3,35 b	Não irrigada		
B	6	3x3	704,50 c	19,30	11,80	3,75 a	Irrigada
			746,33 c	20,09	12,42	3,84 a	Não irrigada
		3x2	710,77 c	19,14	11,46	3,84 a	Irrigada
			691,09 c	20,22	12,69	3,77 a	Não irrigada
		3x1	763,13 b	18,76	11,48	3,64 a	Irrigada
			699,06 c	19,82	11,31	4,26 a	Não irrigada
	1,5x2	718,00 c	19,76	12,64	3,56 b	Irrigada	
		693,18 c	19,16	11,81	3,68 a	Não irrigada	
	3x0,5	759,45 b	20,66	12,48	4,09 a	Irrigada	
		718,17 c	19,89	11,55	4,17 a	Não irrigada	
	12	3x3	878,32 a	19,62	12,93	3,34 b	Irrigada
			803,85 b	19,41	12,74	3,34 b	Não irrigada
		3x2	837,20 a	19,51	12,48	3,51 b	Irrigada
			780,21 b	19,47	12,84	3,31 b	Não irrigada
		3x1	794,87 b	19,02	12,08	3,47 b	Irrigada
			775,07 b	18,92	12,31	3,31 b	Não irrigada
	1,5x2	792,23 b	20,21	13,28	3,47 b	Irrigada	
		827,17 a	19,21	11,83	3,69 a	Não irrigada	
3x0,5	813,84 a	20,31	12,94	3,68 a	Irrigada		
	839,82 a	19,47	11,68	3,90 a	Não irrigada		

As médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Skott-knott em nível de 5% de probabilidade. * Não significativo pelo teste de Skott-knott ($P > 0,05$).

Fonte: o autor.

Figura 9 – Valores médios do comprimento das fibras dos clones do híbrido *E. grandis x E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.



Fonte: o autor.

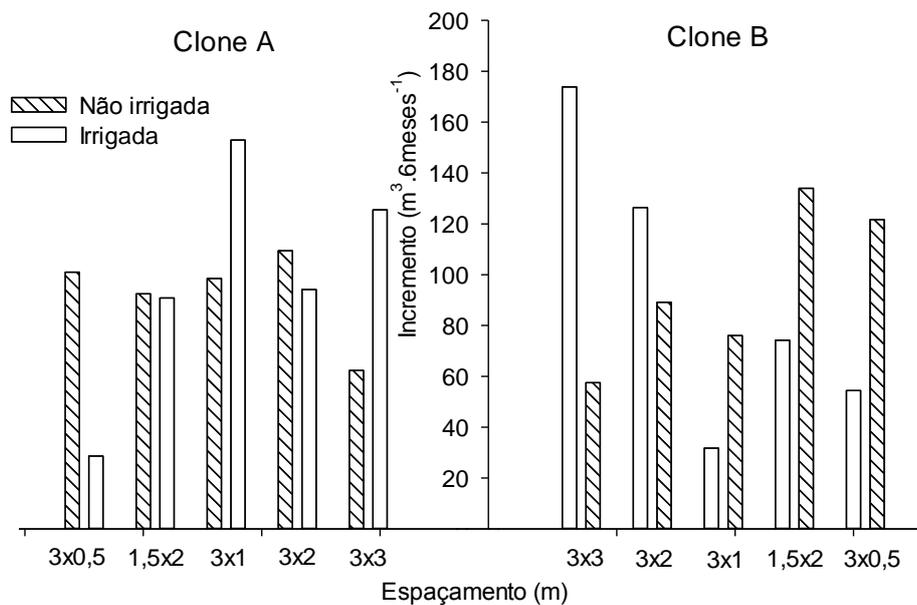
De forma geral observou-se maiores valores de comprimento de fibra na região irrigada. Ao comparar o comprimento da fibra entre as regiões, em cada espaçamento e idade, verificou-se em números absolutos que os maiores valores do comprimento da fibra na madeira do clone B aos seis meses foi maior na região irrigada, com exceção do espaçamento 3x3 m. Nos clones com 12 meses, o comprimento da fibra também foi maior na região irrigada nos espaçamentos 3x3, 3x2 e 3x1 m no clone A e menor no espaçamento 3x0,5 m.

No clone B, também aos 12 meses, os valores foram maiores na região irrigada nos espaçamentos 3x3 e 3x2 m e menor no espaçamento 1,5x2 m. Tomazello Filho (2006) não encontrou variação significativa para o comprimento da fibra entre a região irrigada e não irrigada, embora a análise tenha sido realizada na madeira do híbrido *E. grandis x E. urophylla* com idade de sete anos e um mês. Para a análise em números absolutos, observou que o comprimento da fibra na região irrigada foi superior ao da região não irrigada.

Os valores médios do comprimento da fibra diferiram estatisticamente, sendo superior na idade de 12 meses. Bath et al. (1987) e Samariha (2011) também verificaram que o comprimento de fibra aumentou com o acréscimo da idade. De

acordo com Trugilho et al. (1996) pode ocorrer aumento nas dimensões das fibras com o decorrer dos anos. Embora em média o incremento semestral ($\text{m}^3 \cdot \text{semestre}^{-1}$) foi maior no clone A, (Figura 10).

Figura 10. Incremento semestral ($\text{m}^3 \cdot \text{semestre}^{-1}$) de comprimento da fibra nos diferentes clones, espaçamentos e regiões.



Fonte: o autor.

Observa-se na Figura 10 o comportamento do incremento semestral do comprimento de fibra dos dois clones nas duas regiões. O incremento na região irrigada foi maior que na região não irrigada para o clone A no espaçamento 3x3 e 3x1 m e o mesmo comportamento ocorreu no clone B nos espaçamentos 3x3 e 3x2 m. Verificou-se que os maiores incrementos da região irrigada ocorreram nos espaçamentos mais amplos, com exceção do espaçamento 3x2 m do clone A.

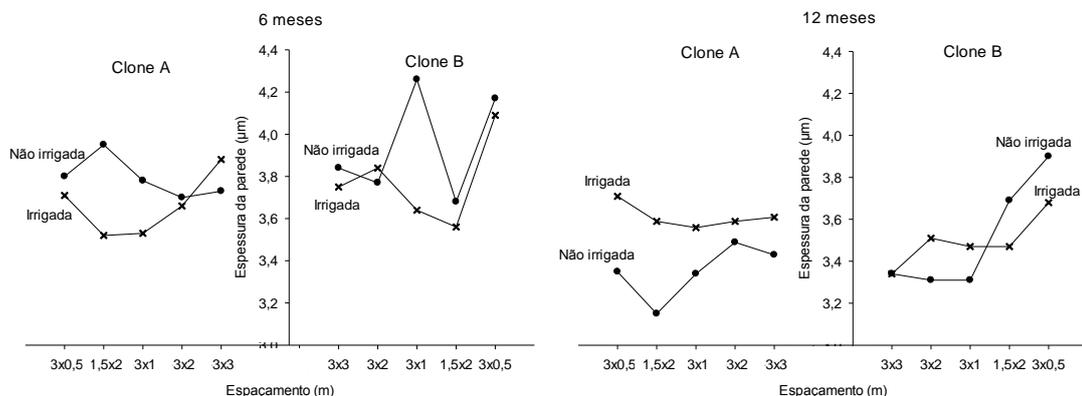
Os resultados para a largura da fibra e diâmetro do lume não variaram entre a região irrigada e não irrigada. Evangelista et al. (2010) encontraram maiores valores de largura da fibra e diâmetro do lume no *E. urophylla* na menor idade, sendo analisado aos 6 e 8 anos. Drew et al. (2009) encontraram maiores valores de largura da fibra na madeira de *E. globulus* na região irrigada que na região não irrigada; sendo analisada mensalmente no período de 33 a 57 meses. Tomazello

Filho (2006) obtiveram maiores valores de diâmetro do lume das fibras do *E. grandis* x *E. urophylla* com 85 meses na região irrigada.

Conforme Vital (1984) a espessura da parede da fibra possui tendência de aumentar com a maturidade da árvore, embora isso não tenha sido constatado no presente trabalho, e a espessura da parede da fibra nos clones de seis meses foram superiores aos de 12 meses. Evangelista et al. (2010) analisaram a madeira de *Eucalyptus urophylla* com 6 e 8 anos e também obtiveram maiores valores de espessura de parede da fibra nas árvores mais velhas.

Na Figura 11 visualiza-se os valores médios de espessura da parede das fibras dos clones nas duas idades, regiões e espaçamentos. Ao comparar a espessura da parede entre o clone A e B na mesma idade, espaçamentos e regiões, observou-se, em números absolutos que a espessura da parede do clone B com seis meses foi superior ao do clone A, com exceção para o espaçamento 3x3 m na região irrigada e o 3x2 m na região não irrigada. Já nos clones com 12 meses, a espessura da parede do clone A foi superior ao clone B nas duas regiões, com exceção do espaçamento 1,5x2 e 3x0,5 m da região não irrigada. Tomazello Filho (2006) também obteve menores valores de espessura de parede na região irrigada para a madeira de *E. grandis* x *E. urophylla*, aos 85 meses de idade.

Figura 11 – Valores médios da espessura da parede das fibras dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* com diferentes idades, espaçamentos e regiões.



Fonte: o autor.

No clone A, com seis meses, verifica-se que os valores médios de espessura diminuíram de 3,80 a 3,73 μm dos menores aos maiores espaçamentos da região não irrigada. Já na região irrigada os valores aumentaram nos espaçamentos mais amplos. Nesse mesmo clone aos 12 meses, os valores pouco variaram entre os espaçamentos na região irrigada, com exceção no espaçamento 3x0,5 m. Na região não irrigada, os valores de do clone A aos 12 meses tenderam a aumentar com a ampliação do espaçamento. No clone B aos seis meses não houve influência dos espaçamentos nos valores de espessura de parede. Neste mesmo clone com 12 meses, os valores médios de espessura da parede aumentaram com o adensamento do espaçamento.

4.4. QUÍMICA DA MADEIRA DE EUCALIPTO

Na Tabela 5 estão os valores médios dos teores de extrativos (Ext), lignina total (Lig), holocelulose (Holo) e cinzas (Cz) dos clones nas diferentes idades, espaçamentos e regiões, os quais diferiram estatisticamente em nível de 5% de probabilidade.

De maneira geral os maiores valores de teor de extrativos ocorreram nos clones da região não irrigada e com idade de seis meses, não sendo verificadas influências dos espaçamentos. Segundo Klock et al. (2005), os extrativos da madeira possuem em sua composição fenóis, que contribuem positivamente para o poder calorífico, a madeira com maior teor de extrativos foi o clone B aos seis meses no espaçamento 3x2 m da região não irrigada.

Observou-se que o valor médio de teor de extrativo foi superior na região não irrigada para todos os tratamentos, com exceção do clone B com 12 meses nos espaçamentos 3x3 e 1,5x2 m. Verifica-se, ainda, que ocorreu um aumento no teor de extrativos com a diminuição do espaçamento para ambos os clones aos 12 meses nas duas regiões.

Tabela 5 – Valores médios de teor lignina total, extrativos, holocelulose e cinzas dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.

Clone	Id (meses)	Esp (m)	Ext (%)	Lig (%)	Holo (%)	Cz (%)	Região
A	6	3x3	3,49 c	30,08 a	66,43 b	1,48 a	Irrigada
			4,46 b	30,55 a	65,00 b	1,29 b	Não irrigada
		3x2	3,51 c	30,57 a	65,91 b	1,15 c	Irrigada
			4,15 b	28,15 b	67,70 a	1,19 c	Não irrigada
		3x1	3,22 d	28,92 b	67,86 a	1,11 c	Irrigada
			4,26 b	30,47 a	65,27 b	1,38 a	Não irrigada
	1,5x2	3,70 c	28,64 b	67,66 a	1,23 b	Irrigada	
		4,48 b	29,81 b	65,71 b	1,59 a	Não irrigada	
	3x0,5	3,58 c	27,80 b	68,62 a	1,45 a	Irrigada	
		4,11 b	27,85 b	68,04 a	1,35 b	Não irrigada	
	12	3x3	2,76 d	29,43 b	67,82 a	0,93 d	Irrigada
			2,58 e	28,99 b	68,43 a	0,77 e	Não irrigada
		3x2	2,40 e	29,13 b	68,47 a	0,61 e	Irrigada
			2,41 e	30,67 a	66,92 b	0,66 e	Não irrigada
		3x1	2,22 e	29,19 b	68,59 a	0,67 e	Irrigada
			3,11 d	28,89 b	67,99 a	1,14 c	Não irrigada
	1,5x2	2,83 d	29,19 b	67,98 a	1,19 c	Irrigada	
		3,43 c	29,78 b	66,79 b	0,78 e	Não irrigada	
3x0,5	3,67 c	29,83 b	66,49 b	0,64 e	Irrigada		
	4,19 b	29,04 b	66,77 b	1,00 d	Não irrigada		
B	6	3x3	3,88 c	29,80 b	66,32 b	1,54 a	Irrigada
			3,23 d	30,40 a	66,37 b	1,43 a	Não irrigada
		3x2	3,68 c	30,33 a	65,99 b	1,33 b	Irrigada
			5,64 a	29,61 b	64,76 b	1,44 a	Não irrigada
		3x1	3,22 d	28,65 b	68,12 a	1,01 d	Irrigada
			4,36 b	29,48 b	66,16 b	1,54 a	Não irrigada
	1,5x2	3,81 c	29,88 b	66,30 b	1,44 a	Irrigada	
		4,36 b	29,65 b	65,99 b	1,59 a	Não irrigada	
	3x0,5	2,42 e	28,60 b	68,98 a	1,58 a	Irrigada	
		4,27 b	32,21 a	63,53 b	1,57 a	Não irrigada	
	12	3x3	2,58 e	30,24 a	67,18 a	1,09 d	Irrigada
			2,12 e	31,42 a	66,46 b	0,95 d	Não irrigada
		3x2	2,42 e	30,78 a	66,80 b	0,72 e	Irrigada
			2,57 e	32,28 a	65,16 b	0,88 d	Não irrigada
		3x1	2,81 d	29,65 b	67,54 a	0,80 e	Irrigada
			3,48 c	30,85 a	65,67 b	1,06 d	Não irrigada
	1,5x2	2,99 d	30,65 a	66,36 b	1,14 c	Irrigada	
		2,71 e	30,77 a	66,51 b	0,86 d	Não irrigada	
3x0,5	3,05 d	30,23 a	66,71 b	0,84 e	Irrigada		
	3,52 c	29,74 b	66,74 b	1,26 b	Não irrigada		

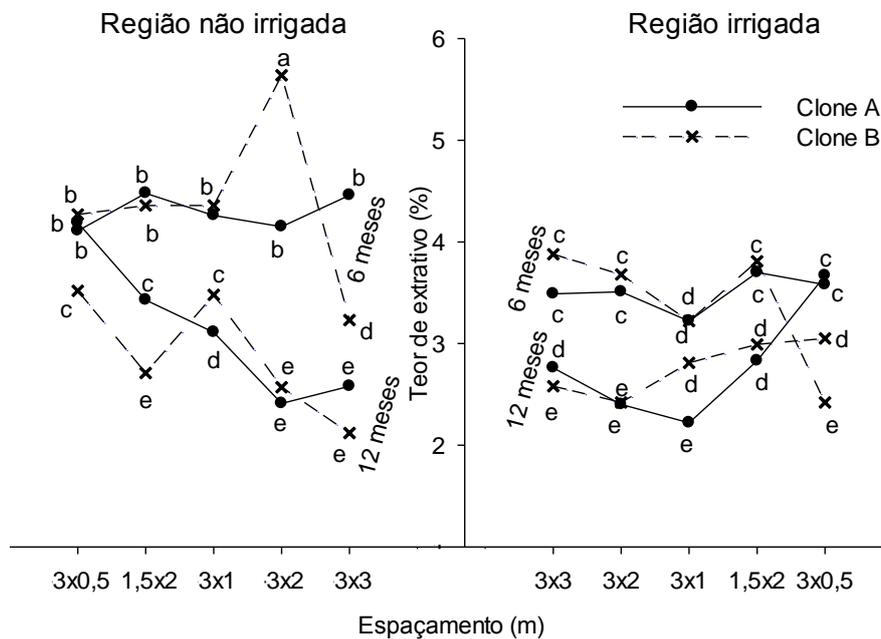
As médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Skott-knott em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

Ao analisar a variação dos valores médios de teor de extrativos entre os clones A e B de mesma idade, espaçamentos e regiões, verificou-se (Figura 12), pouca variação entre os clones, e os valores do clone A aos seis meses foram

superiores ao do clone B no espaçamento 3x3 m da região não irrigada e inferior no espaçamento 3x2 m, nesta mesma região. Para o clone A aos 12 meses na região irrigada, o teor de extrativos foi superior nos espaçamentos 3x3 e 3x0,5 m, e inferior no espaçamento 3x1 m. Neste mesmo clone e idade na região não irrigada, os maiores valores de teor de extrativos foram no espaçamento 1,5x2 e 3x0,5 m.

Figura 12 – Valores médios do teor de extrativos na madeira dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.



Fonte: o autor.

Ao comparar os teores de extrativos entre as duas idades de cada clone nos mesmos espaçamentos e regiões; aos seis meses foram superiores aos 12 meses, com exceção do clone B no espaçamento 3x0,5 m da região irrigada. Trugilho et al. (1996) obtiveram uma leve redução do teor de extrativos com o aumento da idade de 1 para 4 anos. Embora Silva (2011) estudou árvores com 4, 5, 6 e 7 anos para o clone do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, e o teor de extrativos aumento com o acréscimo da idade, Santana et al. (2012) também encontraram o mesmo resultado que o do Silva (2011) para o clone do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, com 34, 48, 61, 74 e 86 meses. Essa tendência de aumento do teor de extrativos com a idade

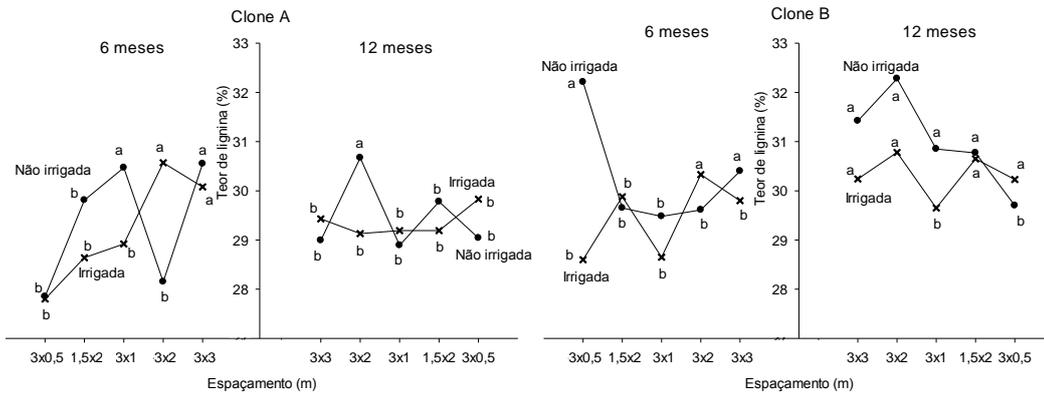
não foi verificado no presente trabalho, pois, provavelmente por causa da ausência do processo de cernificação da madeira.

Os maiores valores médios de teor de lignina foram encontrados no clone A aos seis meses no espaçamento 3x3 m nas duas regiões, no espaçamento 3x2 m na região irrigada e no espaçamento 3x1 m na região não irrigada. Neste mesmo clone aos 12 meses o maior valor de teor de lignina foi proveniente do espaçamento 3x2 m na região irrigada.

No clone B aos seis meses os maiores valores de teor de lignina foram encontrado nos espaçamentos 3x2 m na região irrigada e 3x3 e 3x0,5 m na região não irrigada. Nesse mesmo clone aos 12 meses os maiores valores de teor de lignina foram nos espaçamentos 3x3, 3x2 e 1,5x2 m nas duas regiões, no espaçamento 3x1 m na região não irrigada e no espaçamento 3x0,5 m na região irrigada. De acordo com Miller (1999) as folhosas possuem de 16 a 25% de lignina, contudo, todos os resultados do presente trabalho foram superiores a estes valores, sendo um resultado positivo para utilização desse material no setor energético, pois conforme Pimenta e Barcellos (2000) a lignina possui alta resistência térmica e consequentemente alto potencial energético.

Os valores médios de teor de lignina diminuíram com o adensamento do espaçamento no clone B aos 12 meses e para ambos os clones aos seis meses de idade nas duas regiões, como pode ser observado na Figura 13. Já para a madeira do clone A aos 12 meses não foi verificada a influencia do espaçamento no teor de lignina da madeira. Rocha (2011) também obteve maiores valores de lignina na madeira do híbrido de *E. grandis* x *E. camaldulensis* aos sete anos nos espaçamentos mais amplos, embora no estudo de Migliorini et al. (1980) com *E. urophylla* aos seis anos, Sturion et al. (1988) com *E. viminalis* aos quatro e seis anos e Ferreira et al. (1997) o *E. dunnii* aos seis anos, não encontraram influência do espaçamento no teor de lignina da madeira de eucalipto.

Figura 13 – Valores médios do teor de lignina na madeira dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.



Fonte: o autor.

Ao compararem as duas idades entre os mesmos espaçamentos, clones e regiões, verificou-se que aos 12 meses no clone B, os valores médios de teor de lignina foram superiores aos de seis meses, com exceção do espaçamento 3x0,5 m. O teor de lignina do clone A aos seis meses na região irrigada foi maior nos espaçamentos 3x3 e 3x2 m. Neste mesmo clone e idade na região não irrigada, o maior valor foi proveniente do espaçamento 3x1 m.

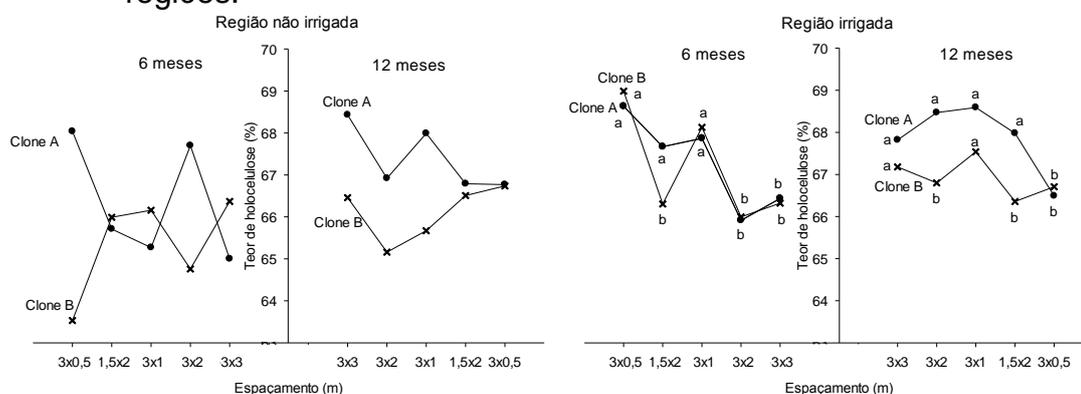
O clone A aos 12 meses foi superior ao mesmo clone aos seis meses somente no espaçamento 3x2 m na região não irrigada. De acordo com Vital et al. (1984), o teor de lignina tende a diminuir com o aumento da idade, pois as árvores mais jovens possuem maior quantidade de madeira juvenil. Essa tendência foi verificada para o clone A nos espaçamentos 3x3, 3x1 e 1,5x2 m na região não irrigada e nos espaçamentos 3x3 e 3x2 m na região irrigada, em que o teor de lignina diminuiu na idade de 6 a 12 meses. Já no estudo realizado por Silva (2011) não foi encontrado influência da idade no teor de lignina.

Ao compararem em números absolutos os clones com as mesmas idades e espaçamentos entre as duas diferentes regiões, verifica-se que os valores do clone B nas duas idades na região não irrigada foram superiores aos obtidos na região irrigada, com exceção no espaçamento 3x2 e 1,5x2 m. No clone A com seis meses os teores de lignina também foram superiores na região não irrigada, com exceção do espaçamento 3x2 m. Neste clone com 12 meses os valores do teor de lignina na região não irrigada foram superiores apenas nos espaçamentos 3x2 e 1,5x2 m.

Ao compararem os valores de teor de lignina do clone A com o clone B nas mesmas idades, espaçamentos e regiões, verificou-se na região irrigada que os valores médios de lignina do clone A com seis meses foi superior ao clone B nos espaçamentos 3x3, 3x2 e 3x1 m. Na região não irrigada o valor do clone A foi maior no espaçamento 3x1 m e menor nos espaçamentos 3x2 e 3x0,5 m. Nas duas regiões os teores de lignina do clone B com 12 meses foram superiores ao clone A de mesma idade.

Os maiores valores de teor de holocelulose foram provenientes do clone A com idade de seis meses nos espaçamentos 3x2 e 3x0,5 m na região não irrigada e nos espaçamentos 1,5x2 e 3x0,5 m na região irrigada. Neste mesmo clone com idade de 12 meses, os maiores teores de holocelulose foram nos espaçamentos 3x3 e 3x2 m nas duas regiões e nos espaçamentos 3x2 e 1,5x2 m na região irrigada. No clone B aos seis meses os maiores teores de holocelulose foram encontrados nos espaçamentos 3x1 e 3x0,5 m na região irrigada e no mesmo clone com 12 meses foram nos espaçamentos 3x3 e 3x1 m na região irrigada.

Figura 14 – Valores médios do teor de holocelulose na madeira dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.



Fonte: o autor.

Houve aumento dos valores do teor de holocelulose nos espaçamentos adensados no clone A com seis meses nas duas regiões, no clone B aos seis meses da região irrigada e neste mesmo clone aos 12 meses na região não irrigada (Figura 14). Resultado inverso foi observado para o clone B aos seis meses na região não irrigada e o clone A aos 12 meses na mesma região, nos clones com 12 meses na

região irrigada, ou seja, o teor de holocelulose diminuiu com o adensamento do espaçamento.

Ao analisar em números absolutos os valores médios de teor de holocelulose aos 12 meses, o clone A foi superior ao clone B nas duas regiões. Na idade de seis meses o clone A também foi superior ao clone B na região não irrigada, com exceção no espaçamento 3x2 m. Os teores de holocelulose dos clones aos seis meses na área irrigada foram semelhantes, com diferença somente no espaçamento 1,5x2 m, sendo o valor do clone B superior. Assim, foi observado que os maiores valores de teor de holocelulose foram provenientes dos clones com 12 meses de idade. Trugilho et al. (1996) relataram que ocorre aumento do teor de holocelulose no decorrer do tempo, embora Silva (2011) e Santana et al. (2012) não encontraram influência da idade no teor de holocelulose, para o *E. grandis* x *E. urophylla* nas idades de 4, 5, 6 e 7 anos, e o clone do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, com 34, 48, 61, 74 e 86 meses respectivamente.

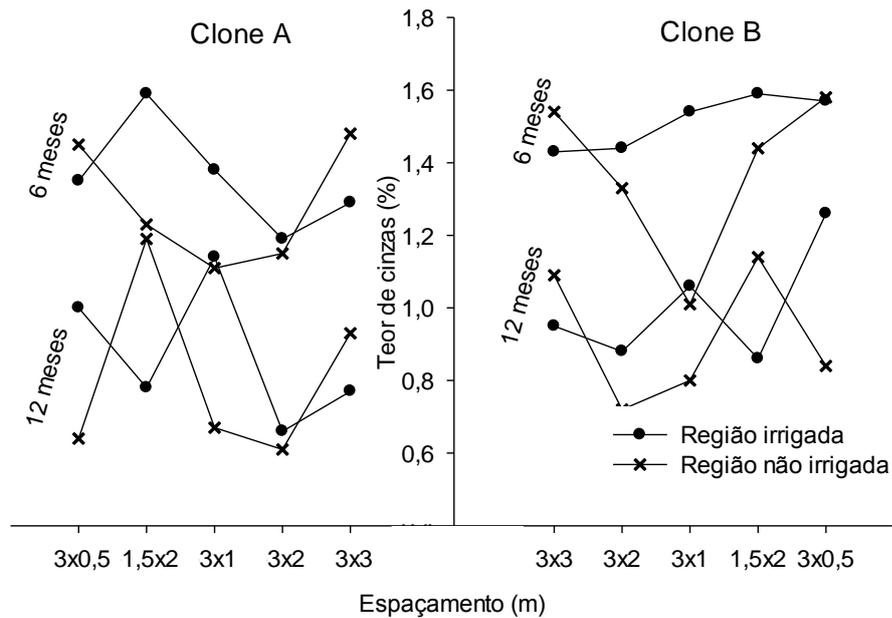
Os menores resultados de teor de cinzas foram provenientes dos clones com 12 meses. Nesta mesma idade, os menores teores de cinzas do clone A foram nos espaçamentos 3x3, 3x2 e 1,5x2 m na região não irrigada e nos espaçamentos 3x2, 3x1 e 3x0,5 m na região irrigada. No clone B os menores valores encontrados foram provenientes da região irrigada nos espaçamentos 3x2, 3x1 e 3x0,5 m. O menor teor de cinzas é desejável para o setor energético, uma vez que Barcellos et al. (2005) afirmaram que as cinzas existentes na madeira utilizada para produção de energia, pode vir a prejudicar o processo com a formação de incrustações nos equipamentos e nas tubulações.

Os valores médios de teor de cinzas foram superiores na idade de seis meses nos dois clones. Essa tendência de diminuição do teor cinzas com o avanço da idade foi verificado por Trugilho et al. (1996) no *E. saligna* a 1, 2, 3 e 4 anos, Moraes (2008) no clone de *E. grandis* e um híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* a 1,3,5,6,7 e 8 anos, e Santana et al. (2012) no clone do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, aos 34, 48, 61, 74 e 86 meses.

Verifica-se em números absolutos que os valores médios de teor de cinzas foi superior no clone A, com exceção na região não irrigada aos seis meses no espaçamento 1,5x2 m e aos 12 meses no espaçamento 3x1 m (Figura 15). Na região irrigada para o clone A aos seis meses no espaçamento 3x1 m e aos 12

meses no espaçamento 1,5x2 m, os teores de cinzas também foram menores no clone B. Assim, observa-se de maneira geral que o clone B possui menores teores de cinzas, fazendo com que este clone seja mais adequado para utilização no setor energético.

Figura 15 – Valores médios do teor de cinzas da madeira dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.



Fonte: o autor.

Verifica-se que os valores médios de teores de cinzas dos clones nas diferentes idades, espaçamentos e regiões responderam de forma distinta aos espaçamentos. Ferreira et al. (1997) não visualizaram influência do espaçamento nos teores de cinzas no *E. dunnii* aos seis anos.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, observa-se que as idades, espaçamentos e regiões influenciaram em algumas características da madeira, assim pode-se concluir que:

- O clone B nos espaçamentos mais densos e na região irrigada fornece maior volume de madeira por hectare.
- O valor de densidade do clone A foi superior em espaçamentos mais amplos, não havendo influência da idade e região nessa propriedade.
- A frequência de vaso foi superior nos clones aos seis meses de idade. Verifica-se pouca influência da irrigação e espaçamento nesta característica, fazendo com que os clones com 12 meses nas regiões não irrigadas sejam mais indicados para o uso da madeira para energia.
- O diâmetro do vaso foi superior na região não irrigada para os clones aos seis meses, na região irrigada o resultado foi maior para os clones aos 12 meses.
- O comprimento da fibra foi superior aos 12 meses nos dois clones, menores espaçamentos e região irrigada, não sendo observadas grandes variações entre os clones. A espessura da parede da fibra foi superior nos clones aos seis meses de idade.
- Os componentes químicos da madeira também variaram segundo o espaçamento, idade e região, o maior teor de lignina foi obtido no clone B aos 12 meses na região irrigada e nos maiores espaçamentos. O teor de extrativo variou pouco entre os clones, os maiores valores foram encontrados nos clones aos seis meses na região não irrigada.
- O teor de cinzas foi inferior no clone A aos 12 meses na região não irrigada e nos espaçamentos mais amplos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BIOMASSA E ENERGIA RENOVÁVEL - ABIBER. Paraná, 2010. Disponível em:< <http://abibbrasil.wix.com>>. Acesso em 16 nov. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTOS DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário estatístico 2013**: ano base 2012. Brasília, 2013, 148 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTOS DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário estatístico 2012**: ano base 2011. Brasília, 2012, 150 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL – ABTCP – M68. **Normas técnicas**. São Paulo. 1968.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL – ABTCP – M 11/77. **Normas técnicas**. São Paulo: ABTCP, 1977.

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

BARCELLOS, D. C.; COUTO, L. C.; MÜLLER, M. D.; COUTO, L. O estado-da-arte da qualidade da madeira de eucalipto para produção de energia: um foco nos tratamentos silviculturais. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 141-158, 2005.

BATH, K. M.; BATH, K. V.; DHAMODARAN, T. K. Effect of age and location on pulpwood quality of *Eucalyptus grandis*. Peechi: **Kerala Forest Research Institute**, 1987. 23p.

BENSON, H. P. The application of silviculture in controlling the specific gravity of wood. **Forest Service, Technical Bulletin of United States Department of Agriculture**, Estados Unidos, n. 1288, 1963.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilização**. 2000. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

BERGER, R.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HASELEIN, C. R. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

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. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 2/3, p. 129-149, 1971.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Matriz energético nacional 2030**. Rio de Janeiro, 2007, 254p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resenha energética brasileira**. Rio de Janeiro, 2012, 26p.

CARNEIRO, A. C. O.; BARCELLOS, D. C.; ARAUJO, J. C. A.; SANTOS, R. C. **Treinamento carvão vegetal: apostila teórica e prática**. 2.ed. Viçosa:UFV, 2012. 129 p.

COELHO, A. S. R.; MELLO, H. A.; SIMÕES, J. W. Comportamento de espécies de eucaliptos face ao espaçamento. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 2/3, p. 129-149, 1970.

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

COUTO, L. C.; COUTO, L, WATZLAWICK, L. F.; CÂMARA, D. Vias de valorização energética da biomassa. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 71-92, 2004.

COUTO, L. Produção de biomassa de eucaliptos para energia em curta rotação no Brasil, veio para ficar. In: OLIVEIRA, T. F. **Anuário brasileiro das indústrias de biomassa e energias renováveis**. Paraná, 2013. p. 100-104.

DOWNES, G.; WORLEDGE, D.; SCHIMLECK, L.; HARWOOD, C.; FRENCH, J.; BEADLE, C. The effect of growth rate and irrigation on the basic density and kraft pulp yield of *Eucalyptus globulus* and *E. nitens*. **Nz Journal of Forestry**, Nova Zelândia, 2006.

DREW, D. M.; DOWNES, G. M.; O'GRADY, A. P.; READ, J., WORLEDGE, D. High resolution temporal variation in wood properties in irrigated and non-irrigated *Eucalyptus globules*, **Annals of Forest Science**, Australia, n. 66, 2009.

EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. S.; M, L. A.; XAVIER, B. A. Caracterização anatômica quantitativa da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 273-284, 2010.

FEBRUARY, E. C.; STOCK, W.D., BOND, W.J.; LE ROUX, D.J. Relationships between water availability and selected vessel characteristics in *Eucalyptus grandis* and two hybrids. **IAWA Journal**, Holanda, v. 16, n. 3, p. 269-276, 1995.

FERREIRA, G. W.; GONZAGA, J. V.; FOELKEL, C. E.B.; ASSIS, T. F.; RATNIEKS, E.; SILVA, M. C. M. Qualidade da celulose kraft-antraquinona de *Eucalyptus dunnii*

plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 41-63, 1997.

FERREIRA, W. Florestas energéticas. **Revista ECO 21**, Rio de Janeiro, ed. 139, 2008. Disponível em:<<http://www.eco21.com.br>>. Acesso em:16 nov. 2012.

FIBRIA. Produção de biomassa energética em diferentes espaçamentos, manejos e culturas: Eucalipto. Dados de análise interno da Empresa Fibria (dados enviados por email), 2013.

GARCIA, C.H.; CORRADINE, L., ALVARENGA, S.F. Comportamento florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 171, 1991.

GOLDSCHMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWIG, C. H. **Lignins**: occurrence, formation, structure and reactions. New York: J. Wiley, 1971. p. 241-298.

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.

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.

GOULART. M.; HASELEIN, C. 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.

HAYGREEN, J. G.; BOWYER, J. L.; **Forest products and wood science**. 2.ed. Ames: Iowa State University, 1989. 500 p.

KLOCK, U. et. al. **Química da madeira**. 3. ed. Curitiba: UFPR, 2005. 86 p.

MELLO, H. A.; RENSI COELHO, A. S.; CIERO NETTO, A.; SIMÕES, J. W.; BERGER, R.; COUTO, H. T. Z. A influência da espécie do espaçamento e da idade no custo de produção de madeira industrial. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, São Paulo, n. 5, p. 17-28, 1972.

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. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, São Paulo, 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**. Piracicaba, n. 104, 1980.

MILLER, R. B. Characteristics and availability of commercially important woods. In: Forest Products Laboratory. **Wood Handbook**: wood as an engineering material. United States: Madison; 1999.

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

MORAIS, V. de M. **Dinâmica de crescimento de eucalipto clonal sob diferentes espaçamentos, na região noroeste do estado de Minas Gerais**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MULLER, M. D.; COUTO, L. Avaliação de densidades de plantio e rotação de plantações de rápido crescimento para produção de biomassa. **Renabio – Rede Nacional de Biomassa para Energia: Documento Técnico**, Viçosa, n. 2, p.1-50, 2006.

OLIVEIRA, J. T. S.; BRAZ, R. L.; MOTTA, J. P.; DUARTE, A. P. C.; ROSADO, A. M. Ações de ventos em povoamentos florestais. In: CHICHORRO, J. F.; GARCIA, G. de O.; BAUER, M. de O.; CALDEIRA, M. V. W. **Tópicos em Ciências Florestais**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2010. p. 443-476.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 60, p.01-09, 2009.

PALERMO, G. P. de M.; LATORRACA, J. V. F.; REZENDE, M. A.; NASCIMENTO, A. M.; SEVERO, E. T. D.; ABREU, H. S. Análise da densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. por meio de radiação gama de acordo com as direções estruturais (longitudinal radial) e a idade de crescimento. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 10, n. 2, p. 47-57, 2003.

PEREIRA, H.; ARAÚJO, C. Raw-material quality of fast grown *Eucalyptus globules* during the first year. **IAWA Bulletin**, Holanda, v. 11, n. 4, p. 421-427, 1990.

PIMENTA, A. S; BARCELLOS, D.C. **Curso de atualização e carvão vegetal. Viçosa: Centro de Produções técnicas – CPT**, 2000.76p.

QUENÓ, L. R. M. **Viabilidade econômica da produção de biomassa de eucalipto e de capim elefante para energia**. 2009. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade de Brasília, Brasília.

RAMALHO, R. S. **O uso de macerado no estudo anatômico de madeiras**. Viçosa. 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.

SAMARIHA, A. The influence of tree's age on the physical properties and fiber length of *Eucalyptus camadulensis* in the Zabol Region at Iran. **Middle-East Journal of Scientific Research**, Tehran, v. 8, n. 5, p. 851-854, 2011.

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

SANTOS, L. S.; PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; MAGALHÃES, M. A.; CARVALHO, A. M. M. L. Influência dos parâmetros anatômicos sobre densidade da madeira de *Eucalyptus spp.* In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 13, 2012, Vitória. **Anais...Vitória**: Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.

SCHONAU, A. P. G.; COETZEE, J. Initial Spacing, Stand Density and Thinning in Eucalypt Plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 29, p. 245-266, 1989.

SEREGHETTI, G. C. **Biomassa inicial do híbrido *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis* em diferentes espaçamentos**. 2012. 41f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu.

SILVA, H. D., BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A. Cultivo do eucalipto: Sistema de plantio. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa**, 2003. Disponível em: < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 11 out. 2012.

SILVA, M. G. **Produtividade, idade e qualidade da madeira de *Eucalyptus* destinada à produção de polpa celulósica branqueada**. 2011. 95f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS – SNIF. **Cadeia produtiva**, Brasília, 2012. Disponível em:< <http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/cadeia-produtiva>>. Acesso em 15 nov. 2012.

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

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

TIENNE, D. L. C.; OLIVEIRA, J. N. de.; 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 Latino americana**, v. 24, n. 1, p. 67-83, 2009.

TOMAZELLO FILHO, M. **Efeito da irrigação e fertilização nas propriedades do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis x urophylla***. 2006. 135f. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne, Lavras**, v. 2, n. 1, p. 1-15, 1996.

VITAL, B. R.; PEREIRA, A. R.; DELLA LUCIA, R. M. Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* cultivado na região de Cerrado de Minas Gerais. Brasília: IBDF, p. 41-52, 1984. (Boletim Técnico, 1).

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

APÊNDICES

APÊNDICE A – Análises de variâncias das propriedades pesquisadas nas madeiras dos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.

Tabela 1. Quadrado médio do diâmetro da árvore a 1,30 m do solo, volume e massa seca da madeira nos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.

Quadrado Médio				
F.V.	G.L.	DAP	Volume	Massa seca
Trat	39	8,71	643,03*	552
Resíduo	80	0,31	2,17	468

*significativo a 5% de probabilidade e ^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2 – Quadrado médio da densidade básica da madeira nos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.

Quadrado Médio		
F.V.	G.L.	DB
Trat	39	0,0016*
Resíduo	80	0,0028

DB = Densidade básica; *significativo a 5% de probabilidade e ^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Quadrado médio da frequência e diâmetro de vaso na madeira nos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.

Quadrado Médio			
F.V.	G.L.	Frequência de vaso	Diâmetro de vaso
Trat	39	10,48*	173,49*
Resíduo	80	2,39	21,54

*significativo a 5% de probabilidade e ^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 4 – Quadrado médio dos parâmetros das fibras da madeira nos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.

Quadrado Médio					
F.V.	G.L.	C	L	DL	EP
Trat	39	9044,42*	0,84*	32,69*	0,17*
Resíduo	80	768,14	0,62	61,30	0,06

C = Comprimento da fibra; L = Largura da fibra; D = Diâmetro do lume; *significativo a 5% de probabilidade e ^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 5 – Quadrado médio do teor lignina total, extrativos, holocelulose e cinzas nos clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* nas diferentes idades, espaçamentos e regiões.

Quadrado Médio					
F.V.	G.L.	EXT	LIG	HOL	CZ
Trat	39	1,84*	3,13*	4,36*	0,28*
Resíduo	80	0,22	1,59	1,84	0,01

EXT = Teor de extrativos; LIG = Teor de lignina; HOL = Teor de holocelulose; CZ = Teor de cinzas; *significativo a 5% de probabilidade e ^{NS} = não significativo a 5% de probabilidade.