

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

BIOMASSA INICIAL DO HÍBRIDO *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis* EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

GUILHERME CORRÊA SEREGHETTI

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU – SP

Julho - 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

BOMASSA INICIAL DO HÍBRIDO *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis* EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

GUILHERME CORRÊA SEREGHETTI

Orientador: Prof. Dr. Kléber Pereira Lanças

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU – SP

Julho – 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S483b Sereghetti, Guilherme Corrêa, 1987-
Biomassa inicial do híbrido *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis* em diferentes espaçamentos / Guilherme Corrêa Sereghetti. - Botucatu : [s.n.], 2012
vi, 41 f. : gráfs., tabs., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012

Orientador: Kléber Pereira Lanças
Inclui bibliografia

1. Biomassa. 2. Eucalipto. 3. Eucalipto - Espaçamento. 4. Silvicultura. 5. Volume. I. Lanças, Kléber Pereira. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "BIOMASSA INICIAL DO HÍBRIDO DE *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis* PLANTADOS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS"

ALUNO: GUILHERME CORRÊA SEREGHETTI

ORIENTADOR: PROF. DR. KLÉBER PEREIRA LANÇAS

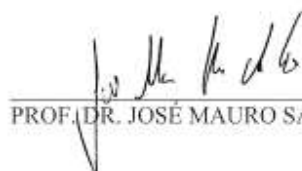
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. KLÉBER PEREIRA LANÇAS



PROF. DR. MARCOS ANTONIO DE REZENDE



PROF. DR. JOSÉ MAURO SANTANA DA SILVA

Data da Realização: 31 de julho de 2012.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por ter me dado força e sabedoria em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais Antônio Sereghetti Neto e Sônia Alves Corrêa Sereghetti, por sempre estarem ao meu lado, me incentivando para sempre dar o meu melhor.

À minha namorada Patrícia pela ajuda e apoio prestados durante o tempo em que estamos juntos.

Ao meu irmão Jorge Sereghetti por saber que sempre posso contar com sua ajuda, mesmo estando distante.

Aos amigos de escola pela amizade verdadeira e apoio sempre que preciso.

Ao Mauricio Sartori, por ter me incentivado a fazer o mestrado, sempre ajudar e transmitir seus conhecimentos na área florestal.

Às pessoas com as quais convivi durante o período de mestrado.

Ao meu orientador Dr. Kléber Pereira Lanças pela oportunidade dada, ajuda e colaboração para realização do meu projeto.

Ao professor Dr. Marcos Rezende e seu orientado Edson pela ajuda nas análises de densidade.

Ao Paulo Monteiro por permitir que o projeto fosse conduzido em sua fazenda, e às pessoas que lá trabalham (Castelo, Grilo e Valéria), pela ótima recepção e ajuda em tudo que precisei enquanto estive por lá.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE EQUAÇÕES.....	vi
1. RESUMO	01
2. SUMMARY	02
3. INTRODUÇÃO	03
4. REVISÃO DE LITERATURA	05
4.1. Histórico da implantação do <i>Eucalyptus</i> clonal no Brasil.....	05
4.2. Efeito de diferentes espaçamentos de plantio na produtividade de <i>Eucalyptus</i>	07
4.3. Utilização da biomassa florestal como fonte energética	10
4.4. Densidade Básica	12
5. MATERIAL E MÉTODOS	15
5.1. Localização do experimento.....	15
5.2. Clima	15
5.3. Solo.....	16
5.4. Amostragem de solo	16
5.5. Espécie utilizada	18
5.6. Delineamento experimental.....	19
5.7. Práticas silviculturais.....	20
5.7. 1. Preparo do solo	20
5.7. 2. Adubação	20
5.7. 3. Controle de plantas daninhas e combate a formigas.....	21
5.8. Avaliações dendrométricas.....	21
5.9. Densidade básica da madeira.....	23
5.10. Porcentagem de casca.....	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6.1. Avaliação do volume aos doze meses	26
6.2. Avaliação da densidade básica da madeira sem casca aos doze meses.....	29
6.3. Avaliação da densidade básica da casca aos doze meses	30

6.4. Avaliação da porcentagem de casca aos doze meses	31
7. CONCLUSÕES	33
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1: Oferta interna de energia no Brasil.....	12
Tabela 2: Dados médios de temperatura e pluviosidade dos últimos 30 anos do município de Sarapuí- SP	16
Tabela 3: Análise química do solo de quatro amostras compostas em quatro profundidades.	17
Tabela 4: Análise química dos microelementos do solo de quatro amostras compostas em quatro profundidades	18
Tabela 5: Dosagem da adubação de base em cada tratamento	20
Tabela 6: Dosagem da adubação de cobertura em cada tratamento	21
Tabela 7: Quadro de Análise de Variância para a variável volume individual aos doze meses	26
Tabela 8: Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para os tratamentos com a variável volume aos doze meses	27
Tabela 9: Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para os blocos com a variável volume aos doze meses de idade	28
Tabela 10: Quadro de Análise de Variância para a variável densidade básica da madeira sem casca aos doze meses	30
Tabela 11: Médias das densidades básicas da madeira sem casca	30
Tabela 12: Quadro de Análise de Variância para a variável densidade básica da casca aos doze meses	31
Tabela 13: Médias das densidades básicas da casca.....	31
Tabela 14: Quadro de Análise de Variância para a variável porcentagem de casca aos doze meses	31
Tabela 15: Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para os tratamentos com a variável porcentagem de casca aos doze meses	32
Tabela 16: Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para os blocos com a variável porcentagem de casca aos doze meses	32

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Distribuição das parcelas na área experimental	19
Figura 2: Paquímetro digital utilizado para mensuração do diâmetro de colo	19
Figura 3: Determinação da massa seca da amostra de madeira (A), determinação da massa imersa em água (volume) (B)	25
Figura 4: Volume por área dos tratamentos ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$).....	28

LISTA DE EQUAÇÕES

	Página
Equação 1: Fórmula de Smalian.....	22
Equação 2: Volume cilíndrico	22
Equação 3: Fator de forma.....	23
Equação 4: Volume cilíndrico corrigido	23
Equação 5: Densidade básica da madeira sem casca.....	24
Equação 6: Densidade básica da casca	24
Equação 7: Porcentagem de casca	25

BIOMASSA INICIAL DO HÍBRIDO *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis* EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS. Botucatu, 2012, 41 p.

Dissertação (Mestrado Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: Guilherme Corrêa Sereghetti

Orientador: Kléber Pereira Lanças

1 RESUMO

A utilização da biomassa como insumo energético é uma tendência mundial. No Brasil, dentre as espécies florestais utilizadas, o eucalipto pode ser considerado a mais promissora em decorrência de uma silvicultura avançada e eficiente. O presente trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento inicial em diferentes espaçamentos de plantio de um clone de eucalipto. O experimento foi conduzido no município de Sarapuí, estado de São Paulo, utilizando o delineamento experimental em blocos casualizados, contendo três blocos, com nove tratamentos quanto ao espaçamento de plantio, variando a área útil de cada planta entre 2,0 e 8,0 m². A área das parcelas era de 72 m², determinando a quantia de 9 a 36 plantas por parcela, além de uma bordadura dupla. Aos doze meses foram realizadas medições do diâmetro de colo e altura total de todas as plantas de cada parcela para determinação do volume, e foram derrubadas 1 árvore por parcela para cubagem rigorosa e coleta dos discos de madeiras à 0%, 12,5%, 37,5% e 62,5%, a fim de se determinar a densidade básica e porcentagem de casca. Aplicando-se ANOVA para as variáveis volume, densidade básica da madeira, densidade básica da casca e porcentagem de casca, obteve-se diferença significativa ao nível de 5% de significância apenas para as variáveis volume e porcentagem de casca. Com relação ao volume, os menores espaçamentos apresentaram maiores volumes por hectare. Para a variável porcentagem de casca houve certa correlação com a densidade básica da madeira. O tratamento 2x1 apresentou o maior volume por ha.

Palavras-chave: silvicultura, eucalipto, biomassa, volume.

BIOMASS INITIAL HYBRID *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis* IN DIFFERENT SPACING. Botucatu, 2012, 41 p.

Dissertation (Master Science in Forest Science) – Agronomical Science College, Universidade Estadual Paulista

Author: GUILHERME CORRÊA SEREGHETTI

Advisor: KLÉBER PEREIRA LANÇAS

2 SUMMARY

The use of biomass as energy input is a worldwide trend. In Brazil, among the forest species, eucalyptus can be considered the most promising due to an advanced and efficient forestry. This study aimed to evaluate the initial development in different planting spacings of a Eucalyptus clone. The experiment was conducted in the city of Sarapuí in São Paulo state, using a randomized complete block design containing three blocks with nine treatments for planting space, varying the floor area of each plant between 2.0 and 8.0 m². The area of plots was 72 m², determining the amount of 9-36 plants per plot, plus a double border. At twelve months have been carried out measurements of stem diameter and total height of all plants in each plot to determine the volume, and were cut down one tree per plot for cubing and collection of disks of wood at 0%, 12.5%, 37.5% and 62.5% in order to determine the basic density and percentage of bark. Applying ANOVA for the variables volume, basic wood density, basic density of bark and bark percentage, obtained a significant difference at 5% significance level only for the variables volume and percentage of bark. With respect to volume, the smallest spacings had higher volumes per hectare. For the variable percentage of bark there was some correlation with basic density. Treatment 2x1 showed the largest amount per ha.

Keyword: forestry, eucalyptus, biomass, volume.

3 INTRODUÇÃO

O uso da biomassa como insumo energético é uma tendência mundial, pois se faz necessária a redução da emissão de poluentes de origens fósseis, sendo os plantios florestais com fins energéticos uma importante fonte de matéria prima para a produção de energia renovável. Em um sistema de produção florestal, recursos dendroenergéticos visam maior produção e biomassa por unidade de área, em menor espaço de tempo. Assim, aliado ao propósito de exploração em sistema adensado, com o objetivo de produção de biomassa, surge o conceito de plantios de curta rotação (MÜLLER, 2005).

A biomassa florestal é um mercado em crescimento no Brasil e no mundo, sendo uma fonte de energia renovável em potencial, devendo aumentar sua demanda por madeira originária de florestas plantadas, tendo o gênero *Eucalyptus* como destaque por diversos fatores como: o satisfatório crescimento de seus reflorestamentos, alcançando atualmente incrementos superiores a outros gêneros ou espécies; o alto nível tecnológico dos aspectos silviculturais ou de manejo; a potencial plasticidade que determina ampla distribuição; a elevada produção de sementes e facilidade de propagação vegetativa; a excelente forma do fuste que determina alto rendimento no processo de colheita.

No ano de 2011 a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* totalizou 4.873.851,3 ha sendo os maiores produtores os estados de Minas Gerais, São Paulo e Bahia totalizando mais de 60% de todo plantio de *Eucalyptus* no Brasil (ABRAF, 2012), com produção utilizada principalmente para a produção de celulose e papel, painéis de madeira,

madeira roliça ou serrada, produção de carvão vegetal, além da tradicional utilização para produção de energia, que atualmente se destaca através da utilização de cavacos e pellets.

Para a existência de florestas com alta produtividade com a finalidade de suprir a demanda bioenergética, entre diversos aspectos silviculturais, a escolha do espaçamento a ser utilizado pode ser um diferencial, determinando incrementos superiores e diminuição da idade de colheita.

Os diferentes espaçamentos de plantio influenciam significativamente nas variáveis dendrométricas, como diâmetro, altura e volume das plantas, as quais determinam variações para as práticas silviculturais, definindo-se diferentes modelos de mecanização do plantio e das manutenções, variação na fertilização, práticas de condução ou manejo, modelo do processo de colheita, entre outras. Tais variáveis e aspectos, sem dúvida, influenciam no período de produção, na destinação final da madeira e no custo do processo de produção, os quais são fatores determinantes para um retorno econômico positivo, fato principal que justifica o investimento.

O objetivo desta dissertação foi avaliar o desenvolvimento do híbrido *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* (clone I144) com destinação final na produção de bioenergia, em função de diferentes espaçamentos de plantio.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Histórico da implantação do *Eucalyptus* clonal no Brasil

O gênero *Eucalyptus* é um dos mais utilizados para plantio no mundo, possuindo mais de setecentas espécies botânicas próprias para as mais variadas utilidades no setor industrial madeireiro. No ano de 2006 era tido como de suma importância econômica para mais de cem países, envolvendo uma área plantada maior que dezenove milhões de hectares em todo o mundo (SILVA e XAVIER, 2006). O *Eucalyptus* é originário da Austrália e algumas ilhas, como Java, Filipinas, Papua e Timor (OLIVEIRA, 1997).

Os primeiros eucaliptos chegaram ao Brasil por volta de 1825, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, como planta ornamental. Mais tarde, em 1868, passou a ser plantado no Rio Grande do Sul para lenha e quebra-ventos (SUZANO, 2011). Em 1904 teve início o cultivo intensivo do *Eucalyptus* no Brasil, a partir de Edmundo Navarro de Andrade, com o objetivo de abastecimento de dormentes e lenha para Companhia Paulista de Estradas de Ferro (GARCIA e MORA, 2000).

No Brasil, até 1966, existiam em média de 600.000 a 700.000 ha de plantações de *Eucalyptus*, predominantemente nas regiões sudeste e sul do país com as espécies *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus alba* (FERREIRA, 1992).

Com a crescente demanda de sementes para atender ao programa anual de reflorestamento, juntamente com a necessidade de pesquisas em novas áreas, no ano de 1968 foi criado, na ESALQ de Piracicaba, o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

(IPEF), o qual objetivava o desenvolvimento de programas de produção de sementes melhoradas a fim de atender a demanda de suas associadas, estudar espécies ou procedências, e realizar manejo silvicultural nas novas áreas plantio com incentivos fiscais (FERREIRA, 1992).

A Cia. Aracruz Florestal deu início ao programa de plantio no Estado de Espírito Santo em 1967, sendo que as espécies utilizadas eram as mesmas usadas nas regiões Sul e Sudeste do país (CAMPINHOS e SILVA, 1990). As sementes eram originárias das introduções feitas pela FEPASA, a partir de 1904. A constituição de híbridos não controlados, variando as plantações em vigor, qualidade e forma da madeira, foram indicações de que as fontes das sementes eram inadequadas, e consequentemente, o *E. saligna* se apresentou altamente susceptível ao cancro (*Cryphonectria cubensis* (Bruner) Hodges) e o rendimento volumétrico das plantações não ultrapassou 24 a 28 m³ ha⁻¹ ano. O *E. alba* apresentou alta variação fenotípica e rendimento volumétrico médio 22 a 24 m³ ha⁻¹ ano. O *E. grandis* (mais de 70% da área plantada), apresentou 30 a 40 m³ ha⁻¹ ano (IKEMORI, 1990).

Segundo Ikemori (1990), a Aracruz Florestal iniciou seu programa de melhoramento florestal a partir de 1973, através da introdução de 50 espécies de eucaliptos e mais de 1.000 lotes de sementes, com indivíduos originários da Austrália e Indonésia. A primeira plantação clonal aconteceu no ano de 1979, no estado do Espírito Santo, realizada pela Cia Aracruz (Ruy, 1998), que, segundo Mora e Garcia (2000), dominou a técnica de propagação vegetativa do eucalipto, sendo a primeira empresa a obter produtividades de 50 m³ ha⁻¹ ano com o híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*.

A clonagem de eucalipto, não muito relevante na década de 1980, sofreu um forte impulso na década seguinte, sendo o híbrido *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* um dos grandes responsáveis para o aumento do ritmo de crescimento florestal, se constituindo na base da clonagem silvicultural do Brasil, a partir de matrizes originárias de outros continentes. Nos dias atuais a prática é usada para vários tipos de híbridos ou para espécies puras, sendo que as empresas mantêm bancos genéticos para que novos genes possam ser acionados quando requeridos (FOELKEL, 2007).

4.2 Efeito de diferentes espaçamentos de plantio na produtividade de *Eucalyptus*

Uma escolha correta de densidade de árvores por unidade de área, tanto no plantio como ao longo do ciclo da floresta, se torna um dos principais aspectos envolvidos no manejo florestal, pois influenciará o crescimento individual e conjunto das plantas. Esta densidade, determinada pelas distâncias entre linhas e entre plantas, está sendo muito estudada devido à constante introdução de novas espécies, procedências e clones, e também à expansão de novos projetos florestais em diferentes localidades (STAPE, 1995).

O espaçamento afeta não somente a produção, como também os custos de implantação, manutenção e exploração da floresta (MELLO et al., 1976), podendo ainda afetar a qualidade da madeira (BERGER, 2000). As decisões sobre espaçamentos não podem ser tomadas sem o conhecimento mais preciso da influência destes na qualidade dos produtos obtidos (BRASIL e FERREIRA, 1971).

Alguns autores como Campos et al. (1986), Schneider (1993), dentre outros, confirmaram a influência do espaçamento entre árvores sobre as características de crescimento (volume, diâmetro e/ou altura) e sobrevivência dos povoamentos. Estudos comprovaram que espaçamentos reduzidos produzem diâmetros menores, e apresentam maior área basal e maior volume por área. Já nos maiores espaçamentos temos o inverso, diâmetros maiores e um maior volume por árvore.

Balloni e Simões (1980) afirmaram que a escolha do espaçamento de plantio em grande parte dos planejamentos florestais tem se fundamentado simplesmente no uso final da madeira, deixando de lado aspectos ecológicos ou silviculturais de suma importância, como a competição por luz, umidade e nutrientes, sendo influenciados pela quantidade de troncos por unidade de área. No que se refere à qualidade da madeira, o espaçamento influencia nos seguintes aspectos: tamanho dos nós, retidão do tronco, conicidade e densidade básica. (SCOLFORO, 1997).

Quando um único fator de crescimento cai abaixo do exigido por cada árvore se inicia a competição entre plantas. Em alguns estudos para detectar se ocorreu competição entre plantas é adotada a taxa de crescimento relativo (TCR) como parâmetro, sendo que é caracterizado o início de uma competição quando árvores de menor porte têm TCR menor que o resto da população; outro aspecto que se pode considerar é o adiantamento

da taxa de concorrência em plantações florestais, por consequência, do aumento na fertilidade que proporciona um crescimento mais rápido (FORD, 1984).

Na teoria, a competição por luz entre plantas é muito mais intensa nos menores espaçamentos, devido à necessidade da árvore ampliar ao máximo a superfície foliar e suprir sua necessidade de assimilação, o que estimula o crescimento em altura (SILVA, 1990). Porém, Balloni e Simões (1980) observaram uma diminuição da altura média com o uso de espaçamentos inferiores, e comentam haver muitas controvérsias em relação à influência do espaçamento sobre o crescimento em altura das árvores.

Ao se considerar a produção máxima de madeira, leva-se em consideração a obtenção do máximo crescimento individual, obtendo-se também produção máxima por unidade de área e elevada qualidade de madeira (FORD, 1984). Assim árvores crescendo sob densidades populacionais mais baixas atingem o nível de estresse causado pelos seus vizinhos mais tarde que quando sobre densidades mais elevadas, o que se conclui que em densidades elevadas reduzirá seu tamanho (RADOSEVICH e OSTERYOUNG, 1987). Existe uma tendência que com o tempo a produção máxima por unidade de área seja similar para todas as densidades populacionais, o que corresponde à lei da produção final constante (RADOSEVICH e OSTERYOUNG, 1987). Há uma diferença na idade em que a produção máxima será atingida de acordo com a densidade populacional, implicando o uso de rotações diferenciadas (REIS e REIS, 1993). A qualidade do produto também pode sofrer mudanças (FORD, 1984).

Coelho et al. (1970) constataram que plantios com espaçamentos 2,0x2,0 m apresentam mecanização dificultada, e assim dificuldades quanto à extração dos produtos e práticas silviculturais. De tal forma, estudos que avaliam o plantio adensado tem variado o espaçamento entre plantas, e não entre as linhas (MÜLLER et al., 2005; BERGER et al., 2002).

Mello et al. (1971) estudaram a influência do espaçamento na produção de madeira de eucalipto em solo de cerrado e obtiveram produção média no espaçamento 3x1,5 m com a espécie *E. saligna* de 248,05; com *E. grandis* 224,65; com *E. alba* 240,90 e com *E. propinqua* de 163,25 estéreos/ha de madeira empilhada sem casca aos 5 anos de idade, enquanto que no espaçamento 3x2 m foram obtidos para a espécie *E. saligna* de

268,25; com *E. grandis* 259,55; com *E. alba* 238,80 e com *E. propinqua* de 170,65 estéreos/h aos 5 anos de idade.

Em estudo sobre o efeito do espaçamento e arranjo de plantio na produtividade e uniformidade de clones de *Eucalyptus* na região nordeste do Estado de São Paulo, Silva (2005) obteve valores médios de volume individual ($\text{m}^3 \cdot \text{árvore}^{-1}$) para o clone C041 de 0,0022 e para o clone C219 de 0,0042, ambos com 1 ano de idade. Os valores médios nos espaçamentos: com $6,0 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ foi de 0,0026, com $10,5 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ foi de 0,0034 e com $15,0 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ foi de 0,0037, também com 1 ano de idade.

Berger et al. (2002) estudando o efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* dos três aos dez anos de idade observou que mediante análise de covariância foi possível verificar que os tratamentos de mesmo espaçamento apresentaram tendências de crescimento estatisticamente iguais para todas as variáveis estudadas.

Em estudo sobre o comportamento de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos, Garcia et al. (1991) observaram que com a diminuição do espaçamento, no caso do *Eucalyptus saligna*, houve aumento na produção volumétrica de madeira ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), e que houve influência direta no diâmetro e na altura média nas duas espécies de acordo com a abertura do espaçamento.

Santos (2011) estudou o efeito do espaçamento de plantio na biomassa do fuste de um clone híbrido interespecífico de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* e encontrou ao analisar os dados de crescimento do plantio em diâmetro, área basal e altura dos 36 aos 72 meses que com o aumento do espaçamento de plantio, maior foi o crescimento em diâmetro e altura das árvores, apresentando a mesma tendência nas duas variáveis, porém, a altura menos intensamente.

Em trabalho realizado por Moraes (2006) sobre dinâmica de crescimento de eucalipto sob diferentes espaçamentos, na região noroeste do estado de Minas Gerais, foi encontrado que aos doze meses os menores espaçamentos apresentaram menores valores de DAP e altura, e maior valor de volume por ha.

4.3 Utilização da biomassa florestal como fonte energética

Biomassa é um termo que se refere à matéria vegetal resultante da fotossíntese e os seus derivados, como: resíduos florestais e agrícolas, resíduos animais e a matéria orgânica contida nos resíduos oriundos de atividades humanas (SILVA et al., 2008).

Muito previamente, o mundo pós-revolução industrial apoiou-se na preferência de energia proveniente de combustíveis não renováveis, como o carvão mineral, gás natural e petróleo. Isto levou a um grande aumento no consumo de combustíveis fósseis por parte da humanidade, e segundo vários especialistas, estes combustíveis podem se esgotar nos próximos cem anos (ORTIZ, 1996).

Frente a esta previsão juntamente com as “crises do petróleo”, podendo-se citar as de 1973, 1979 e 1985, os países desenvolvidos se conscientizaram quanto à necessidade da criação de políticas que visem um aproveitamento racional dos recursos energéticos, a fim de reduzir a dependência de fontes energéticas não renováveis, principalmente o petróleo (CORTEZ e LORA, 1997).

A lenha, como a madeira é tradicionalmente chamada no campo energético, historicamente sempre participou no desenvolvimento da humanidade, sendo sua primeira fonte energética, empregada inicialmente para preparo de alimentos. Passou a ser utilizada, ao longo dos anos, como combustível em processos para a geração de energia térmica, mecânica e elétrica (BRITO, 2007).

Couto et al. (2000) afirmaram que a biomassa florestal possui características que possibilitam sua utilização como fonte energética alternativa, seja pela queima da madeira, como carvão, aproveitamento de resíduos da exploração e aproveitamento de óleos essenciais, alcatrão e ácido pirolenhoso.

O cultivo de florestas ou plantações energéticas com o objetivo único de produção de biomassa destinada à geração de energia promove o aproveitamento da madeira e, conseqüentemente, o retorno dos resíduos orgânicos (galhos, folhas e ponteiros), incrementando a fertilidade do solo (MÜLLER e COUTO, 2006).

Segundo Seixas (2002) a utilização do sistema "short rotation" traz vantagens, as quais seriam a geração mais rápida da biomassa, e assim, uma possível maior obtenção de créditos de carbono quando relacionado ao ciclo de sete anos, pois a curva de

sequestro de carbono seria reavida sempre aos dois anos de corte, aumentando a capacidade do sequestro de carbono e uma maior obtenção de créditos.

A utilização da biomassa prevê inúmeros benefícios, como o baixo custo de aquisição, liberação de resíduos menos poluentes ao ambiente, maior utilização de mão-de-obra (geração de empregos) e a redução das emissões de poluentes, já que estes compostos apresentam balanço nulo de emissão de CO₂ (GRAUER e KAWANO, 2001).

Brito et al. (1979) avaliando os resíduos florestais, afirmam que tais resíduos representam em média 30% do total de matéria-seca produzida por 1 ha de floresta de eucalipto.

A utilização da madeira como fonte de energia é afetada por características como: desenvolvimento do país, disponibilidade de florestas, questões ambientais e sua competição econômica com outras fontes energéticas (BRITO, 2007).

Em 2007, a biomassa no Brasil foi a segunda principal fonte de energia, com participação de 31,1% na matriz energética, perdendo apenas para o petróleo e seus derivados. Ela ocupou a mesma posição entre as fontes de energia elétrica de origem interna, ao responder por 3,7% da oferta. Só foi superada pela hidroeletricidade, que foi responsável pela produção de 77,4% da oferta total, segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2008 (BRASIL, 2009).

Segundo dados obtidos no Ministério de Minas e Energia (2011), a produção de eletricidade registrou um acréscimo de 9,1% em 2010, sendo que a geração por meio de fontes renováveis apresentou aumento de 5,0%, sendo que a energia eólica foi a que mais cresceu (+50,5%), seguida pela biomassa (+18,1%) (Tabela 1).

Tabela 1: Oferta interna de energia no Brasil

Fontes	mil tep			
	2007	2008	2009	2010
Energia não renovável	129,1	136,6	128,7	146,4
Petróleo e Derivados	89,2	92,4	92,6	101,0
Gás Natural	22,2	25,9	21,1	27,7
Carvão Mineral e Derivados	14,4	14,6	11,6	13,9
Urânio e Derivados	3,3	3,7	3,4	3,9
Energia renovável	108,8	116,0	115,3	122,3
Energia Hidráulica e Eletricidade	35,5	35,4	37,0	37,7
Lenha e Carvão Vegetal	28,6	29,3	24,6	26,1
Produtos da Cana-de-açúcar	37,8	42,9	44,4	47,8
Outras Renováveis	6,8	8,5	9,2	10,8
Total	237,8	252,6	244,0	269,8

Fonte: Balanço Energético Nacional de 2011 (BRASIL, 2011)

4.4 Densidade básica da madeira

A densidade básica é uma das características de melhor avaliação da qualidade da madeira, tanto para uso agrícola como para industrial. Devido à sua importância e facilidade de determinação, juntamente a outros parâmetros qualitativos, a densidade básica vem sendo a característica mais estudada e difundida (RIBEIRO e FILHO, 1993).

A densidade básica da madeira constitui-se numa das mais importantes características para identificar espécies produtoras de carvão de boa qualidade. Madeira com maior densidade produz carvão com densidade aparente maior. Essa característica confere ao carvão maior resistência mecânica e maior capacidade calorífica por unidade de volume (PEREIRA et al., 2000).

Espessura da parede celular, quantidade de vasos, dimensões da fibra, teor de extrativos, origem de semente, condições edafoclimáticas, sistema de implantação e condução da floresta, são fatores que influenciam diretamente a densidade básica. A mesma é influenciada por vários fatores internos e externos à árvore, como: espaçamento, idade, taxa de crescimento, procedência, entre gêneros, espécies, entre árvores da mesma espécie, e dentro da mesma árvore e ainda no sentido base-topo e medula-casca (FOELKEL et al., 1975;

FERREIRA E KAGEYANA, 1978; TOMAZELLO FILHO, 1985; SOUZA et al. 1986; BUSNARDO et al., 1987).

Em um dos primeiros estudos sobre variação da densidade básica da madeira de eucalipto no Brasil, Ferreira (1968) observou alta variabilidade entre e dentro das espécies *Eucalyptus alba* e *Eucalyptus saligna*.

Ferreira (1970) concluiu que, para o *Eucalyptus saligna* com idades de 5 e 7 anos, houve um aumento da densidade básica da árvore em função do DAP, isto é, as árvores mais robustas apresentaram, em média, maior densidade básica que as menos robustas, porém, ocorriam variações individuais, ou seja, se encontravam árvores mais robustas com baixa densidade básica e árvores menos robustas com densidade básica alta. Muitos autores acreditam que quanto maior o crescimento em diâmetro, menor é a densidade básica o que, na realidade, não é regra geral para o *Eucalyptus* (SOUZA et al., 1986).

Em análise realizada na região Vale do Rio Doce/Minas Gerais sobre cinco clones híbridos de *E. grandis*, se obteve amostras de árvores plantadas em condições de baixada (área plana baixa), encosta (área inclinada) e topo (área plana alta), nas mesmas condições climáticas, espaçamento, adubação e idade (7 anos). Verificou-se que à medida que a produtividade decrescia no sentido de baixada para a encosta/topo, houve tendência de aumento da densidade básica, o que ocorreu para os cinco clones estudados (FONSECA et al., 2001).

Citado por Downes (1997), Malan (1991) comparando a densidade em famílias de rápido e baixo crescimento, em estudo com 18 famílias de irmãos completos de *E. grandis* aos 8,5 anos de idade, concluiu que famílias de rápido crescimento tiveram significativa menor densidade.

Em um estudo sobre a variação da densidade básica entre três procedências e 53 progênies de *Eucalyptus saligna* com 6 anos de idade, Carvalho e Camargo (1996) não verificaram nenhuma diferença significativa ao nível de 5% na comparação das três procedências. Contudo, verificaram-se diferenças significativas nas densidades básicas quando se comparou as progênies uma a uma, as quais variaram entre 0,446 a 0,538 g/cm³.

Estudando a variação de densidade básica em 20 famílias de meios-irmãos de *E. grandis*, na Flórida Wang et al.(1984), citado por Downes (1997), observaram que amostras a 25% da altura das árvores mostraram significativas diferenças entre famílias,

como também entre indivíduos. Altas herdabilidades foram detectadas (0,83 entre famílias e 0,80 entre indivíduos) indicando a proporção da variação que foi devida à diferença genética.

Benson (1963) afirmou que para as árvores folhosas a contínua competição nos povoamentos resultaria um decréscimo na densidade e que, para a produção de madeira com densidade uniforme e alta se faz necessário o raciocínio em taxas mais rápidas de crescimento.

Em estudo da densidade básica de *Eucalyptus grandis*, em função de 12 espaçamentos de plantio com idade média de 10 anos, Goulart et al. (2003) obtiveram que, exceto para os menores espaçamentos, houve uma redução da densidade básica com o aumento do espaço vital.

Ferreira (1972) analisou a variação da densidade básica média da madeira em função da altura comercial da árvore de *Eucalyptus grandis*, nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. Notou-se que nas diferentes classes de altura comercial a densidade básica média da madeira cresce da base para a copa da árvore.

Foram estudadas as variações da densidade básica da madeira de eucalipto para diferentes espécies/procedências, locais de plantio e idades de corte de povoamentos instalados em 4 regiões do Estado de São Paulo. Pelos resultados obtidos pode-se classificar 2 grupos de espécies sendo, *E. pellita*, *E. urophylla* e *E. dunnii* com densidade superior a 0.510 g/cm³ e *E. grandis* e *E. saligna* com densidade inferior a este patamar. Não foram detectadas diferenças significativas entre as médias de densidade básica das procedências de *E. grandis*, porém, os resultados foram significativos para as médias das procedências de *E. urophylla*. Em relação aos locais de plantio verificou-se um decréscimo na densidade básica na medida em que se encontraram melhores condições edafoclimáticas, ou seja, no sentido norte-sul do Estado. Observou-se também um aumento significativo na densidade básica de *E. grandis*. e *E. dunnii* entre 63 a 100 meses de idade (RIBEIRO e FILHO, 1993).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização

O experimento foi conduzido na Fazenda São Judas Tadeu 2/São Bento, localizada no município de Sarapuí, Estado de São Paulo. A área do experimento possui 0,78 ha, e era utilizado como área de pastagem com gramíneas exóticas para a criação de bovinos.

As coordenadas geográficas da área em questão são latitude 23°38'26" sul e longitude 47°49'29" oeste, altitude 590 m.

5.2 Clima

Segundo a classificação climática de Köppen, o tipo de clima em Sarapuí–SP é o Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (Tabela 2) (CEPAGRI, 2012).

Os dados pluviométricos foram coletados através de pluviômetro instalado na área, porém, por falhas operacionais, não se obteve a totalidade dos dados, impossibilitando o registro de pluviosidade durante o período experimental.

Tabela 2: Dados médios de temperatura e pluviosidade dos últimos 30 anos do município de Sarapuí- SP.

Mês	Temperatura do ar (°C)			Chuva (mm)
	mínima	média	máxima	
Jan	18,4	29,7	24,1	179,8
Fev	18,6	29,8	24,2	161,8
Mar	17,8	29,3	23,6	124,6
Abr	15,1	27,2	21,2	54,0
Mai	12,3	25,1	18,7	57,0
Jun	10,7	23,9	17,3	53,2
Jul	10,1	24,0	17,1	42,6
Ago	11,4	25,9	18,7	33,5
Set	13,3	26,8	20,1	65,4
Out	15,0	27,6	21,3	107,6
Nov	16,1	28,5	22,3	102,0
Dez	17,6	28,7	23,2	152,2
Ano	14,7	27,2	21,0	1133,8

Fonte: Cepagri, 2012.

5.3 Solo

Após coleta do solo, as amostras foram levadas até o Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo da FCA/UNESP, onde foram realizadas as análises para determinação da quantidade de macro e micronutrientes presentes no solo, para posterior determinação da quantidade de adubo necessário na área.

A partir das análises de solo realizadas na fazenda em questão, o solo que caracteriza a região de estudo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média arenosa.

5.4 Amostragem do solo

A amostragem de solo foi realizada antes da implantação do experimento, e para a coleta do mesmo se utilizou o trado. O material coletado em três em pontos diferentes da área constituía uma amostra composta, sendo que se coletou um total de quatro amostras compostas para análise química e três amostras compostas para análise física.

Para análise química (Tabelas 3 e 4) foram coletados 12 pontos na área experimental em quatro profundidades 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm, tendo assim 04 amostras compostas em cada profundidade.

Tabela 3: Análise química do solo de quatro amostras compostas em quatro profundidades.

Amostra	Profundidade(cm)	pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
		CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmol _c /dm ³								mg/dm ³
1	0 - 10	5,4	28	7	0	15	3,1	17	10	31	46	67	9
2	0 - 10	5,1	27	5	1	22	1,8	16	8	26	48	53	6
3	0 - 10	5,2	25	4	0	18	1,3	16	8	25	43	58	5
4	0 - 10	5,1	26	5	0	22	1,2	19	8	28	50	56	10
1	10 - 20	5,2	21	5	0	17	3,1	16	7	26	43	60	9
2	10 - 20	5,2	21	4	0	18	1,1	19	8	27	45	60	5
3	10 - 20	4,9	24	4	0	22	0,9	15	6	22	44	49	13
4	10 - 20	4,9	18	11	1	20	0,9	14	6	20	41	50	5
1	20 - 40	4,8	12	2	2	19	0,4	10	6	16	35	45	5
2	20 - 40	4,9	13	3	1	18	0,5	7	5	13	31	43	3
3	20 - 40	4,5	11	2	4	22	0,2	9	4	13	35	37	4
4	20 - 40	4,6	12	3	3	22	1,5	7	5	14	36	39	5
1	40 - 60	4,6	9	3	4	18	1,8	6	5	13	31	41	7
2	40 - 60	4,4	9	2	7	24	0,7	5	4	10	34	28	12
3	40 - 60	4,3	9	2	7	23	0,3	5	3	8	31	25	13
4	40 - 60	4,4	10	1	5	23	0,4	10	6	16	39	41	13

Tabela 4: Análise química dos microelementos do solo de quatro amostras compostas em quatro profundidades.

Amostra	Profundidade (cm)	BORO	COBRE	FERRO	MANGANÊS	ZINCO
		mg/dm ³				
1	0 - 10	0,19	0,4	103	2,7	0,5
2	0 - 10	0,19	0,4	91	2,0	0,3
3	0 - 10	0,20	0,3	96	1,6	0,3
4	0 - 10	0,21	0,3	74	3,1	0,3
1	10 - 20	0,32	0,4	97	2,8	0,2
2	10 - 20	0,24	0,2	78	1,7	0,2
3	10 - 20	0,21	0,3	88	2,9	0,2
4	10 - 20	0,18	0,4	93	1,3	0,2
1	20 - 40	0,20	0,2	67	0,8	0,1
2	20 - 40	0,21	0,2	83	0,9	0,1
3	20 - 40	0,19	0,1	34	0,9	0,1
4	20 - 40	0,27	0,2	43	1,2	0,1
1	40 - 60	0,24	0,1	22	0,5	0,1
2	40 - 60	0,19	0,1	26	0,5	0,1
3	40 - 60	0,25	0,1	32	0,7	0,1
4	40 - 60	0,32	0,1	22	0,6	0,0

Já para realização da análise granulométrica do solo foram coletados 09 pontos na área experimental em três profundidades 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm, tendo assim 03 amostras compostas de cada profundidade.

Todas as amostras foram coletadas pelo método do zigzag.

5.5 Espécie utilizada

A espécie estudada foi o clone I144 de híbrido de *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis*, com origem em Minas Gerais pelo programa de melhoramento da empresa ArcelorMittal Acesita, com a finalidade de produção de carvão vegetal.

Ao chegar à área experimental, as mudas permaneceram em pleno sol por aproximadamente 15 dias, onde foram fertirrigadas seis vezes com Krista Map e Krista K em uma solução de 80 g de cada adubo pra 80L de água.

5.6 Delineamento experimental

Em uma área de 0,78 ha foram plantadas mudas de clones do híbrido de *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis* que receberam adubações de plantio e de cobertura.

Foram avaliados três espaçamentos entre plantas: 1,0 m; 1,5 m; 2,0 m, e as distâncias entre linhas foram de: 2,0 m; 3,0 m; 4,0 m, totalizando nove espaçamentos.

O experimento foi instalado utilizando-se o delineamento em blocos ao acaso, contendo três blocos, com nove tratamentos quanto ao espaçamento de plantio, variando a área útil de cada planta entre 2,0 e 8,0 m². Os tratamentos utilizados foram: T1: 2x1 m; T2: 2x1,5 m; T3: 2x2 m; T4: 3x1 m; T5: 3x1,5 m; T6: 3x2 m; T7: 4x1 m; T8: 4x1,5 m e T9: 4x2 m (Figura 1). Cada parcela continha 72 m², determinando a quantia de 09 a 36 plantas por parcela, além de uma bordadura dupla.

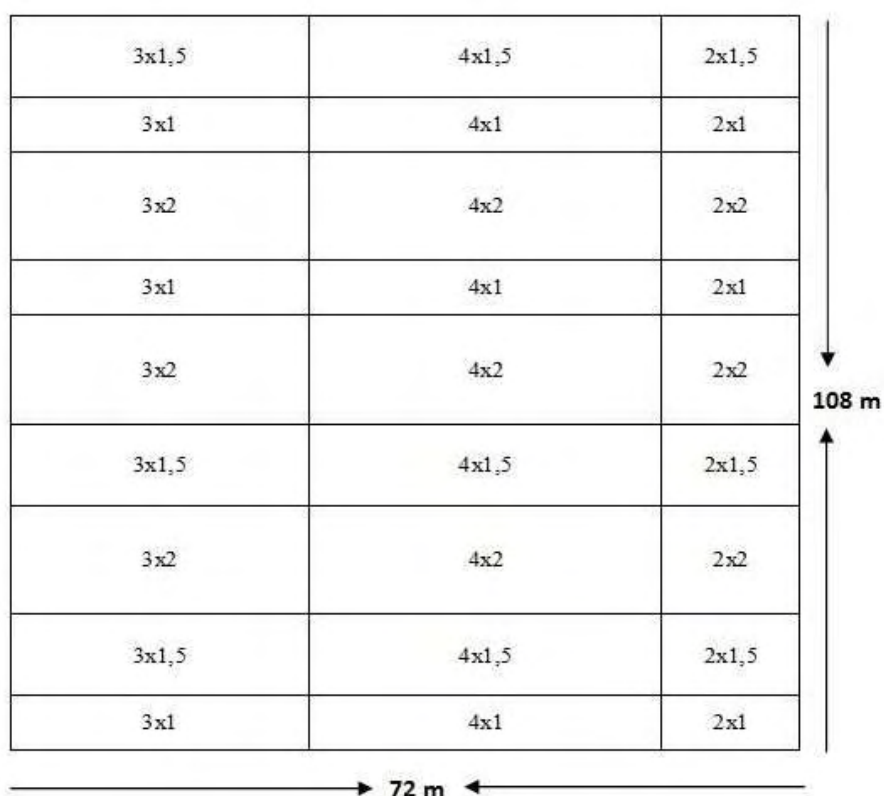


Figura 1: Distribuição das parcelas na área experimental.

5.7 Práticas silviculturais

5.7.1 Preparo de solo

Para realização do preparo de solo foi aplicado herbicida com ingrediente ativo Glifosato na área junto com o inseticida/formicida de contato com ingrediente ativo Fipronil para combate de gramíneas e insetos. Posterior a isso foi realizado a subsolagem com 50 cm de profundidade para que ocorresse a descompactação do solo.

5.7.2 Adubação

A adubação de base foi realizada conforme a utilizada pela empresa onde se realizou o estudo, sendo constituída de 300 kg ha⁻¹ da formulação NPK 04-18-04 + 1,954% S + 0,300% B + 0,100% Cu + 0,300% Zn, aplicados em covetas laterais. Para que todos os tratamentos recebessem a mesma quantia de adubo por área, foi necessário que a adubação por planta variasse de acordo com o espaçamento (Tabela 5).

Tabela 5: Dosagem da adubação de base em cada tratamento.

Tratamento	Área útil (m ²)	Dosagem (g/planta)
2x1	2	60
2x1,5	3	90
2x2	4	120
3x1	3	90
3x1,5	4,5	135
3x2	6	180
4x1	4	120
4x1,5	6	180
4x2	8	240

A adubação de cobertura foi realizada aos 06 meses de idade utilizando 200 kg ha⁻¹ do adubo NPK 20-05-20 +2,382 % S + 0,300 % B + 0,300 Zn, conforme a empresa. Assim como na adubação de base houve uma variação na adubação por planta conforme o espaçamento (Tabela 6).

Tabela 6: Dosagem da adubação de cobertura em cada tratamento

Tratamento	Área útil (m ²)	Dosagem (g/planta)
2x1	2	40
2x1,5	3	60
2x2	4	80
3x1	3	60
3x1,5	4,5	90
3x2	6	120
4x1	4	80
4x1,5	6	120
4x2	8	160

5.7.3 Controle de plantas daninhas e combate a formigas

Foi realizado o coroamento das mudas aos dois meses de idade, após isso foi realizada quando necessário roçadas entre linhas e capina química entre plantas.

Regularmente era realizada uma inspeção na área a fim de se ter um controle sobre as formigas utilizando-se de iscas formicidas.

5.8 Avaliações dendrométricas

O experimento foi avaliado aos 03, 06, 09 e 12 meses, coletando os dados individuais referentes ao diâmetro de colo (03, 06, 09, 12 meses), e a altura total das árvores de cada parcela. O diâmetro médio de colo e a altura média de cada parcela foram determinados pela média de todos os diâmetros de colo e alturas totais da parcela.

Os diâmetros de colo de cada parcela foram coletados utilizando o paquímetro digital (Figura 2), e a altura total com uma trena e uma régua graduada de 7 metros.

Para avaliação com 12 meses de idade, selecionou-se uma árvore média por parcela, totalizando três árvores por tratamento, nas quais foram medidos, após ser abatida, os diâmetros a cada metro até se atingir, aproximadamente, 20 mm de diâmetro, as alturas totais e os comprimentos das pontas.



Figura 2: Paquímetro digital utilizado para mensuração do diâmetro de colo.

Com estes dados, realizou-se a cubagem rigorosa através do método de Smalian (Equação 1).

$$V = \left[\left(\frac{g_1 + g_2}{2} \right) L + \left(\frac{g_2 + g_3}{2} \right) L + \left(\frac{g_3 + g_4}{2} \right) L + \left(\frac{g_4 + g_5}{2} \right) L \dots \right] \quad (1)$$

Em que:

V= volume da árvore (m³);

g = área seccional do extremo da seção (m²);

L= comprimento da seção (m).

Com as mesmas árvores abatidas calculou-se o volume através do cálculo do volume cilíndrico (Equação 2), para posterior cálculo do fator de forma (Equação 3). Calculado o fator de forma de cada árvore, foi realizada uma média aritmética simples para obtenção do fator de forma de cada tratamento.

$$V_c = \left(\pi \cdot \frac{(DC^2)}{40000} \right) \cdot H \quad (2)$$

Em que:

V_c = volume cilíndrico;

DC = diâmetro de colo (cm);

H = altura (m).

$$f = \frac{V_r}{V_c} \quad (3)$$

Em que:

f = fator de forma;

V_r = volume real (m³);

V_c = volume cilíndrico (m³).

Depois de realizado o cálculo do fator de forma de cada tratamento, calculou-se o volume cilíndrico das demais árvores de cada parcela, e multiplicou-se pelo fator de forma do tratamento (Equação 4).

$$V = \left(\pi \cdot \frac{(DC^2)}{40000} \right) \cdot H \cdot f \quad (4)$$

Em que:

V = volume da árvore (m³);

DC = diâmetro de colo (cm);

H = altura (m);

f = fator de forma.

5.9 Densidade Básica

Para o cálculo da densidade básica da madeira foi derrubada uma árvore por parcela, totalizando três árvores por tratamento, onde foram coletados os discos nas alturas de 0%, 12,5%, 37,5% e 62,5% da altura total sugerida por Costa (2006), totalizando 108 amostras.

Após a retirada dos discos, estes foram imediatamente estocados em sacos plásticos devidamente identificados. Posteriormente foram conduzidos ao Laboratório de Física Aplicada do Departamento de Física e Biofísica do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista no campus de Botucatu, SP.

Para a determinação da densidade básica das amostras, utilizou-se o método de imersão em água que consiste em saturar a amostra com água até seu volume verde ou saturado e depois determiná-lo através do empuxo (BARBOSA; BREITSCHAFT, 2006).

As amostras foram imersas separadamente em um recipiente com água, sobre uma balança tarada antes da imersão da amostra, obteve-se então a massa indicada na balança após a imersão tomando cuidado para evitar o contato das mesmas com o fundo ou as laterais do recipiente (Figura 3). Esse procedimento foi realizado com o disco com casca e sem casca. Essa massa em g, é exatamente o volume da amostra em cm³, considerando a densidade da água 1,0 g/cm³ e a força de reação do empuxo da água sobre a amostra (BARBOSA; BREITSCHAFT, 2006).

Após a determinação do volume os discos sem casca e as cascas foram secas, até atingirem massa constante em uma estufa a 103 ± 2° C. A partir da massa seca e do volume saturado, foi determinada a densidade básica da madeira sem casca e da casca utilizando a equação 5 e 6.

$$Db = \frac{Ms}{Vs} \quad (5)$$

Em que:

Db = densidade básica da amostra de madeira, g/cm³,

Ms = massa seca da amostra de madeira, g,

Vs = volume saturado da amostra de madeira, cm³.

$$Dbc = \frac{Msc}{Vsc} \quad (6)$$

Em que:

Dbc = densidade básica da amostra da casca, g/cm³,

Msc = massa seca da amostra da casca, g,

Vs = volume saturado da amostra da casca, cm³.

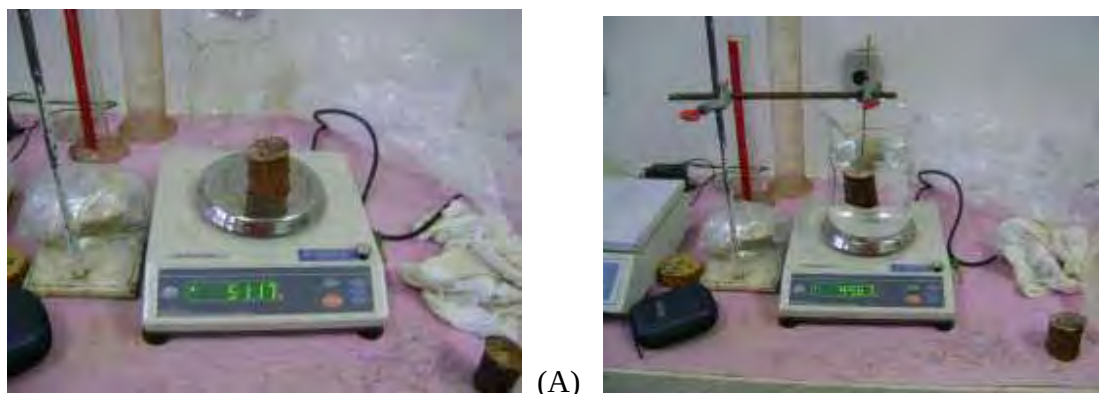


Figura 3: Determinação da massa seca da amostra de madeira (A), determinação da massa imersa em água (volume) (B).

5. 10 Porcentagem de casca

Para o cálculo de porcentagem de casca foram utilizadas as mesmas árvores abatidas para o cálculo do volume e densidade básica.

Foram calculadas as porcentagens de casca de cada disco de madeira, utilizadas para o cálculo de densidade básica (Equação 7).

$$Pc = \frac{MSc \cdot 100}{MSc + MSd} \quad (7)$$

Em que:

Pc = porcentagem de casca

MSc = massa seca da casca

MSd = massa seca do disco sem casca

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6. 1 Avaliação do volume aos doze meses

Através da tabela 7 podemos observar que houve efeito significativo em ambos os fatores (tratamento e bloco) para os dados de volume individual ($p < 0,05$)

Tabela 7: Quadro de Análise de Variância para a variável volume individual aos doze meses.

Fator de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p
Tratamento	8	0,000294	0,000037	12,055	0,000000
Bloco	2	0,000063	0,000031	10,272	0,000043
Tratamento*Bloco	16	0,000287	0,000018	5,886	0,000000
Resíduo	480	0,001465	0,000003		
Total	506	0,002161			

Observando a tabela 8, podemos afirmar que o tratamento 4x1,5 m apresentou o maior volume individual (0,0061 m³), provavelmente pelo fato do mesmo ter uma maior área útil por planta, enquanto o tratamento 2x1 m obteve o menor volume individual (0,0036 m³).

Embora o tratamento 4x2 m tenha a maior área útil por planta, não se observou um bom desenvolvimento para o mesmo, por ter apresentado uma alta porcentagem de replantio (25,93%). As plantas que foram replantadas não obtiveram um bom desenvolvimento, proporcionando uma diminuição de volume no tratamento.

Campos et al. (1986) e Schneider (1993), encontraram os mesmos resultados sobre a influência do espaçamento entre árvores sobre as características volume, onde espaçamentos reduzidos produzem diâmetros menores, e apresentam maior área basal e maior volume por área. Já nos maiores espaçamentos temos o inverso, diâmetros maiores e um maior volume por árvore.

Podemos observar que existe uma tendência dos espaçamentos menores apresentarem volume individual menor. De fato, Silva (2005) estudando o efeito do espaçamento e arranjo de plantio na produtividade e uniformidade de clones obteve que com o aumento do espaçamento ocorria um acréscimo dos valores médios de volume individual com 1 ano de idade. Santos (2011) estudando efeito do espaçamento de plantio na biomassa do fuste de um clone de eucalipto dos 36 aos 72 meses encontrou que com o aumento do espaçamento de plantio, maior foi o crescimento em diâmetro e altura das árvores, consequentemente maior volume.

Tabela 8: Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para os tratamentos com a variável volume aos doze meses.

Tratamentos	Área Útil (m ²)	Volume por planta (m ³)	Porcentagem de falhas
2x1	2	0,0036 a	0%
2x1,5	3	0,0049 c	4,17%
3x1	3	0,0038 a	1,39%
2x2	4	0,0050 c	1,85%
4x1	4	0,0040 ab	14,81%
3x1,5	4,5	0,0046 bc	0%
3x2	6	0,0049 c	2,78%
4x1,5	6	0,0061 d	8,33%
4x2	8	0,0033 a	25,93%

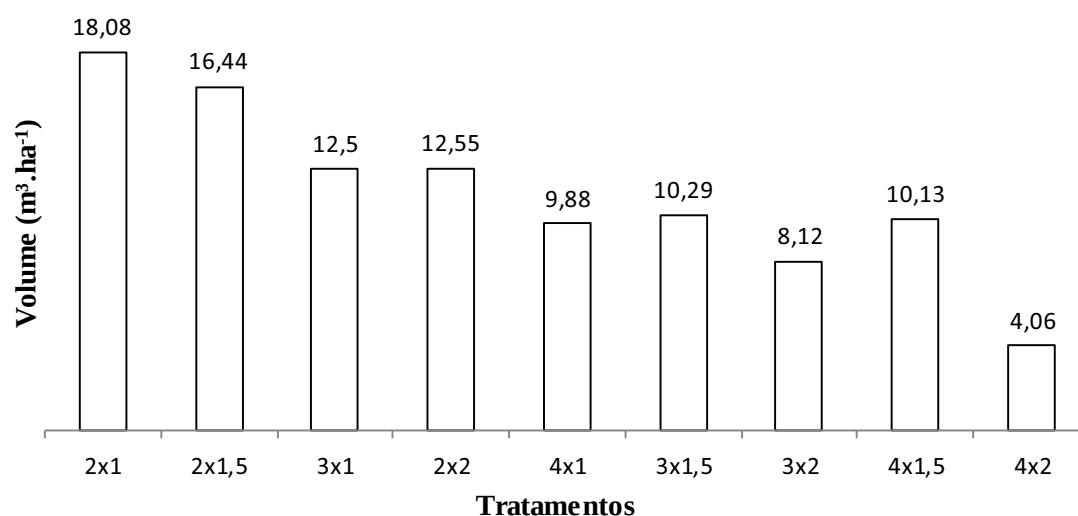


Figura 4: Volume por área dos tratamentos ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$).

Considerando os valores da figura 4, nota-se que em espaçamentos menores, muito embora apresentassem um volume individual inferior, obtiveram volumes por área superiores comparados a espaçamentos mais amplos.

Em estudo sobre o comportamento do *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos, Garcia et al. (1991) observaram que com a diminuição do espaçamento houve aumento na produção volumétrica de madeira ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$). Leles et al. (2001) comentaram que ocorreu um contínuo decréscimo do volume de madeira de espécies de eucalipto com o aumento do espaçamento. Leite et al. (1997) estudando o crescimento do *Eucalyptus grandis* em diferentes espaçamentos em duas idades 31 e 39 meses obteve que com a diminuição do espaçamento ocorria um acréscimo do volume $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$. Garcia (2010) estudando o efeito do espaçamento e adubação em plantio de eucaliptos observou que houve um decréscimo do volume de madeira com casca por hectare em razão do aumento da distância entre as árvores.

Tabela 9: Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para os blocos com a variável volume aos doze meses de idade.

Blocos	Médias_ Volume (m^3)
1	0,0037 a
2	0,0048 b
3	0,0045 b

Pode-se observar que houve uma menor média dos volumes por planta no bloco 1 (Tabela 9), isso pode ter sido ocasionado por algum fator ambiental ou operacional.

6. 2 Avaliação da densidade básica da madeira sem casca aos doze meses

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para a variável densidade básica da madeira sem casca ($p>0,05$) (Tabela 10).

Provavelmente, obteve-se este resultado por se tratar de uma floresta muito nova, muito embora tenha sido observada certa tendência de os menores espaçamentos apresentarem maiores valores de densidade (Tabela 11). De fato, estudando híbridos de *E. grandis* vs *E. uroplhylla* Alencar (2002), com idade de 1 a 7 anos constatou incremento da densidade básica a medida que a idade da floresta aumentava.

Resultado similar foi encontrado por Vital et al. (1981), estudando a influência do espaçamento na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 30 meses de idade, constataram que não existe, nessa idade, uma correlação significativa entre a densidade básica média com o espaçamento de plantio.

Em contrapartida, em estudo da densidade básica de *Eucalyptus grandis*, em função de 12 espaçamentos de plantio com idade média de 10 anos, Goulart et al. (2003) obtiveram que, exceto para os menores espaçamentos, houve uma redução da densidade básica com o aumento do espaço vital. Garcia et al. (1991), também encontraram uma diminuição da densidade com o aumento do espaçamento.

Já Ferreira (1968) e Souza et al. (1979) comentam que ocorre o aumento da densidade básica em árvores mais vigorosas.

Tabela 10: Quadro de Análise de Variância para a variável densidade básica da madeira sem casca aos doze meses.

Fator de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p
Tratamento	8	0,05129	0,00641	1,353	0,229945
Bloco	2	0,00294	0,00147	0,310	0,734403
Tratamento*Bloco	16	0,13173	0,00823	1,737	0,055751
Resíduo	81	0,38381	0,00474		
Total	107	1			

Tabela 11: Médias das densidades básicas da madeira sem casca

Tratamentos	Área Útil (m²)	Densidade básica (g/cm³)	Porcentagem de falhas
2x1	2	0,3742	0%
2x1,5	3	0,3893	4,17%
3x1	3	0,3575	1,39%
2x2	4	0,3573	1,85%
4x1	4	0,4137	14,81%
3x1,5	4,5	0,3650	0%
3x2	6	0,3512	2,78%
4x1,5	6	0,3503	8,33%
4x2	8	0,3382	25,93%

6. 3 Avaliação da densidade básica da casca aos doze meses

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para densidade básica da casca ($p>0,05$) (Tabela 12).

Observa-se na tabela 13 que a densidade básica da casca não apresentou nenhuma tendência para os espaçamentos.

A densidade básica da casca do eucalipto varia entre 0,24 até 0,40 g/cm³ (mais usual entre 0,3 a 0,35) segundo Foelkel (2005), mostrando que alguns dados encontrados estão abaixo, isso pelo fato de ser uma floresta muito jovem.

Tabela 12: Quadro de Análise de Variância para a variável densidade básica da casca aos doze meses.

Fator de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p
Tratamento	8	0,041717	0,005215	1,424200	0,199058
Bloco	2	0,002532	0,001266	0,345774	0,708712
Tratamento*Bloco	16	0,030035	0,001877	0,512689	0,933556
Resíduo	81	0,296578	0,003661		
Total	107	0,370862			

Tabela 13: Médias das densidades básicas da casca

Tratamentos	Área Útil (m²)	Densidade básica da casca	Porcentagem de falhas
2x1	2	0,2431	0%
2x1,5	3	0,2477	4,17%
3x1	3	0,2245	1,39%
2x2	4	0,2669	1,85%
4x1	4	0,2374	14,81%
3x1,5	4,5	0,1980	0%
3x2	6	0,2388	2,78%
4x1,5	6	0,2617	8,33%
4x2	8	0,2551	25,93%

6. 4 Avaliação da porcentagem de casca aos doze meses

Através da tabela 14 podemos observar que houve diferença significativa em ambos os fatores (tratamento e bloco) para os dados de porcentagem de casca ($p < 0,05$) e na tabela 15 as diferenças entre os tratamentos.

Tabela 14: Quadro de Análise de Variância para a variável porcentagem de casca aos doze meses.

Fator de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p
Tratamento	8	829,94	103,74	5,528	0,000014
Bloco	2	332,66	166,33	8,863	0,000330
Tratamento*Bloco	16	2190,82	136,93	7,296	0,000000
Resíduo	81	1520,13	18,77		
Total	107	4874			

Tabela 15: Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para os tratamentos com a variável porcentagem de casca aos doze meses

Tratamentos	Área Útil (m ²)	Porcentagem de casca	Porcentagem de falhas
2x1	2	14,3 abcd	0%
2x1,5	3	14,5 abcd	4,17%
3x1	3	11,5 ab	1,39%
2x2	4	17,8 cd	1,85%
4x1	4	15,7 bcd	14,81%
3x1,5	4,5	9,9 a	0%
3x2	6	17,5 cd	2,78%
4x1,5	6	18,4 d	8,33%
4x2	8	12,9 abc	25,93%

Podemos dizer que houve certa correlação com a densidade básica da madeira, onde as árvores com tendências a maiores densidades apresentaram valores de porcentagem de casca maiores.

Em estudo realizado por Lopes (2010) foi encontrado uma correlação positiva entre densidade básica e a porcentagem de casca, ou seja, quanto maior a densidade básica maior a porcentagem de casca.

Já Campos e Ribeiro (1983), estudando árvores de *Eucalyptus spp.* encontraram uma correlação positiva entre percentual de casca e diâmetro, no entanto houve uma correlação negativa entre percentual de casca e altura.

Tabela 16: Teste de Tukey a 5 % de probabilidade para os blocos com a variável porcentagem de casca aos doze meses

Blocos	Porcentagem de casca
1	12,7 a
2	14,5 ab
3	16,9 b

Através da tabela 16, observamos que o bloco 1 apresentou menor porcentagem média de casca, isso pode estar relacionado ao fato de este bloco ter apresentado as menores médias de densidade básica e volume.

7 CONCLUSÕES

- Os maiores espaçamentos apresentaram um maior volume por árvore sendo que o tratamento 4x1,5 m alcançou média de 0,0061 m³ por planta, enquanto os menores espaçamentos obtiveram maiores volumes por área onde o tratamento 2x1 m alcançou a média de 18,08 m³ há⁻¹;
- Não houve diferenças na densidade básica da madeira em relação ao espaçamento;
- Houve relação da porcentagem de casca com a densidade básica da madeira;
- O tratamento que apresentou maior volume por hectare foi o 2x1 m.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS.
Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011. Brasília, DF, 2012. 130 p.

ALENCAR, G. S. B. **Estudo da qualidade da madeira para produção de polpa celulósica relacionada à precocidade na seleção de um Híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.** 2002. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ASSMANN, E. **The principles of forest yield study.** Oxford: Pergamon Press, 1970. 506 p.

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

BARBOSA, V. C.; BREITSCHAFT, A. M. S. Um aparato experimental para o estudo do princípio de Arquimedes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 115-122, 2006.

BENSON, H. P. **The application of silviculture in controlling the specific gravity of wood.** Washington, DC: USDA, 1963. 97 p.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilidade.** 2000. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

BERGER, R. et al. 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, *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento. **IPEF**, Piracicaba, v. 2, n. 3, p. 129-49, 1971.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanço energético nacional 2009**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 05 fev. 2012

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanço energético nacional 2011**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 20 abr. 2012

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 185-193, 2007.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Usos diretos e propriedades da madeira para a geração de energia. **IPEF**, Piracicaba, 1979. Circular Técnica, 52. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr052.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

BUSNARDO, C. A. et al. **Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para produção de celulose: IV**. Altura ideal de amostragem para avaliação da densidade média para árvores de *Eucalyptus grandis*: relatório técnico. Guaíba: Riocell, 1987. 18 p.

CAMPINHOS, E.; SILVA, E. C. **Development of tree of future**. Sevilha: ESPRA, 1990. 22 p.

CAMPOS, J. C. C.; RIBEIRO, J. C. Produção dos povoamentos de *Eucalyptus* spp. na região do Triângulo Mineiro. **Boletim Técnico SIF**, Viçosa, MG, n. 1, 1983. 43 p.

CAMPOS, J. C. C. et al. Aplicação de um modelo compatível de crescimento e produção de densidade variável em plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 10, n. 2, p. 121-134, 1986.

CARDOSO, J. A. Bracatinga. **Brasil Madeira**, Curitiba, v. 3, n. 33, p. 1-10, 1989.

CARVALHO, A. M.; CAMARGO, F. R. A. Variação da densidade básica entre procedências e progênes de *Eucalyptus saligna*. **O Papel**, São Paulo, n. 6, p. 56-59, 1996.

CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 26 mai. 2012.

COELHO, A. S. R.; MELLO, H. A.; SIMÕES, J. W. Comportamento de espécies de eucaliptos face ao espaçamento. **IPEF**, Piracicaba, n. 1, p. 29-55, 1970.

CORTEZ, L. A.; LORA, E. S. **Tecnologia de conversão energética da biomassa**. Manaus: EDUA/EFEI, 1997. 527 p. (Série Sistemas Energéticos II).

COSTA, V. E. **Caracterização físico-energética da madeira e produtividade reflorestamentos de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla***. 2006. 99 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

COUTO, L.; FONSECA, E. M. B.; MÜLLER, M. D. **O estado da arte das plantações de florestas de rápido crescimento para produção de biomassa para energia em Minas Gerais: aspectos técnicos, econômicos sociais e ambientais**. Belo Horizonte: CEMIG, 2000. 44 p.

DOWNES, G. M. et al. **Sampling plantation eucalypts for wood and fiber properties**. Melbourne: CSIRO Publishing, 1997.

FERREIRA, M. **Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reiw e *Eucalyptus saligna* Smith**. 1968. 71 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

FERREIRA, M. **Estudo da variação da densidade básica da madeira de povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 1970. 62 f. Tese (Livre Docência)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1970.

FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *E. grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. **IPEF**, Piracicaba, v. 4, p. 65-89, 1972.

FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P. Y. Melhoramento da densidade básica da madeira de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, v. 6, n. 20, p. A1-A14, 1978.

FERREIRA, M. Melhoramento e cultura intensiva clonal. **IPEF**, Piracicaba, n. 45, p. 22-30, jan./dez. 1992.

FIESP/CIESP. **Ampliação da oferta de energia através da biomassa**. São Paulo, 2001.

FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G.; MILANEZ, A. F. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus paniculata*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus tereticornis* para a produção de celulose sulfato. **IPEF**, Piracicaba, v. 10, p. 17-37, 1975.

FOELKEL, C. Casca da árvore do eucalipto: aspectos morfológicos, fisiológicos, florestais, ecológicos e industriais, visando à produção de celulose e papel. **Eucalyptus online**. 2005. cap. 01. 109 p. 2005. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/capitulo_casca.pdf>. Acesso em: 20 maio 2012.

FOELKEL, C. E. B. Visão e ação: complementos mais que necessários ao setor de base florestal. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto, p. 58 -59, set./nov. 2007.

FONSECA, S. M.; FONSECA, M. J. O.; FERNANDES, D. F.; SOUZA, E. Avaliação tecnológica da madeira das florestas da CENIBRA, aos 7 anos de idade, para Produção de Celulose Kraft. **Informativo Técnico CENIBRA**, Belo Horizonte, n. 2, mar. 2001.

FORD, E. D. The dynamics of plantation growth. In: BOWEN, G. D.; NAMBIAR, E. K. S. **Nutrition of plantation forests**. London: Academic, 1984. p. 2-52.

GARCIA, C. H.; CORRADINE, L.; ALVARENGA, S. F. Comportamento florestal de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos. Piracicaba: **IPEF**, Piracicaba, 1991. 8 p. (Circular Técnica, 179).

GARCIA, C.; MORA, A. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000.

GARCIA, E. A. **Caracterização física e química do solo e avaliação do desenvolvimento de plantas de em função do espaçamento e da adubação, visando à colheita precoce para utilização em bioenergia.** 2010. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

GRAUER, A.; KAWANO, M. **Boletim Informativo da Bolsa de Reciclagem**, Ano I, n. 5 – nov./dez. 2001. Disponível em: <www.bolsafiep.com.br>. Acesso em: 10 fev. 2012.

GOULART, M. et al. 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.

IKEMORI, Y. K **Genetic variation in characteristics of *Eucalyptus grandis* raised from micro-propagation and seed.** 1990. 123 p. PhD Thesis, Oxford University, Oxford, 1990.

LEITE, F. P. et al. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 313-321, 1997.

LELES, P. S. S.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MORAIS, E. J. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 59, p. 77-87, jun. 2001.

LOPES, G. A. **Qualidade da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga, associada aos padrões de casca apresentados pela população.** 2000. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Madeira)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

MESKIMEN, G.; FRANKIN, E. C. Spacing *Eucalyptus grandis* in Southern Florida. **Southern Journal of Applied Forestry**, Washington, DC, v. 1, n. 1, p. 3-6, 1978.

MELLO, H. A.; MASCARENHAS SOBRINHO, J.; SIMÕES, J. W. Influência do espaçamento na produção de madeira de eucalipto em solo de cerrado. **IPEF**, Piracicaba, v. 2/3, p. 3-30, 1971.

MELLO, H. A.; SIMÕES, J. A.; SORR, J. M. Influência do espaçamento e da idade de corte na produção de madeira de eucalipto em solo de cerrado. **IPEF**, Piracicaba, v. 13, p. 143-62, 1976.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Verso e Reverso Comunicações, 2000. 112 p.

MORAIS, V. M. **Dinâmica de crescimento de eucalipto clonal sob diferentes espaçamentos, na região noroeste do estado de minas gerais**. 2006. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

MÜLLER, M. D. **Produção de madeira para geração de energia elétrica numa plantação clonal de eucalipto em Etamarandiba, MG**. 2005. 108p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

MÜLLER, M. D. et al. O. Avaliação de um clone de eucalipto estabelecido em diferentes densidades de plantio para produção de biomassa e energia. **Revista Biomassa e Energia**, Viçosa, MG, v. 2, n. 3, p. 177-186, 2005.

MÜLLER, M. D.; COUTO, L. **Avaliação de densidade de plantio e rotação de plantações de rápido crescimento para produção de biomassa**. Viçosa, MG: Renabio, 2006.

PEREIRA, J. C. D. et al. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113 p. (Documentos, 38).

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para construção civil**. 1997. 429 f. Teses (Doutorado em Engenharia)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

ORTIZ, L. **Aprovechamiento energético de la biomasa forestal**. Vigo: Gamesal, 1996. 330 p.

RADOSEVICH, S. R.; OSTERYOUNG, K. Principles governing plant environment interactions. In: WALSTAD, J. D.; KUCH, P. J. **Forest vegetation management for conifer production**. New York: John Wiley, p. 105-156, 1987.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. **Competição por luz, água e nutrientes em povoamentos florestais.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, 1., 1993, Belo Horizonte. **Resumos...** Viçosa, MG: SIF/UFV, 1993. p. 161-172.

REINER, A. D. Diferentes espaçamentos em eucalipto como suprimento da propriedade e fonte de energia na agricultura familiar na região sudoeste do Paraná. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 5., 2010, Curitiba. **Resumos Expandidos...** Curitiba: UTFP, 2010.

RIBEIRO, F. A.; ZANI FILHO, J. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *Eucalyptus* spp. **IPEF**, Piracicaba, v. 46, p. 76-85, 1993.

RUY, O. F. **Variação da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia.** 1998. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

SANTOS, M. D. **Efeito do espaçamento de plantio na biomassa do fuste de um clone híbrido interespecífico de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*.** 2011. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal.** Santa Maria: UFSM; CEPEF; FATEC, 1993. 348 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal.** Lavras: Ed. UFLA, 1997. 433 p.

SEIXAS, F. Efeitos físicos da colheita mecanizada de madeira sobre o solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais.** Piracicaba: IPEF, 2002. cap. 9, p. 313-350.

SILVA, J. F. **Variabilidade genética em progênes de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e sua interação com espaçamentos.** 1990. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1990.

SILVA, C. R. **Efeito do espaçamento e arranjo de plantio na produtividade e uniformidade de clones de *Eucalyptus* na região nordeste do Estado de São Paulo.** 2005.

51 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SILVA, J. C.; XAVIER, B. A. **Eucalipto**: manual prático do fazendeiro florestal, produzindo madeira com qualidade. Viçosa, MG: Independente, 2006. 65 p.

SILVA, A. M. N. da et al. A biomassa florestal (lenha) como insumo energético para os artesãos da cidade de Tracunhaém/Pe. **Custos e @gronegócio online**, Recife, v. 4, n. 3, p. 125-137, set./dez. 2008. Disponível em:
<<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/nove.html>>. Acesso em: 05 dez. 2011.

SOUZA, V. R.; CARPIM, M. A.; BARRICHELO, L. E. G. Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posições em árvores de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. **IPEF**, Piracicaba, n. 33, p. 65-72, 1986.

SOUZA, A. P.; DELLA LUCIA, R. M.; RESENDE, G. C. Estudo da densidade básica da madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muell, cultivado na região de Dionísio, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 3, n. 1, p. 16-27, 1979.

STAPE, J. L. **Utilização de delineamento sistemático tipo “leque” no estudo de espaçamentos florestais**. 1995. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

SUZANO PAPEL E CELULOSE. **Eucaliptocultura**. Disponível em:
<<http://www.suzano.com.br/portal/main.jsp?lumPageId=2C9080C91BECDA70011BEDA3AC92464D>>. Acesso em: 05 dez. 2011.

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

VITAL, B. R.; PEREIRA, A. R.; DELLA LUCIA, R. M. Influência do espaçamento na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 30 meses de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 5, n. 2, p. 210-217, 1981.