

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS – CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SILVICULTURA**

**ANTENOR CUSTÓDIO DOS SANTOS FILHO, APARECIDA SARDINHA DOS
SANTOS E EULLER SARDINHA DE ALMEIDA**

**BIOMASSA E CRESCIMENTO DE EUCALIPTO EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA**

**SÃO JOÃO EVANGELISTA - MG
NOVEMBRO 2013**

**ANTENOR CUSTÓDIO DOS SANTOS FILHO, APARECIDA SARDINHA DOS
SANTOS E EULLER SARDINHA DE ALMEIDA**

**BIOMASSA E CRESCIMENTO DE EUCALIPTO EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Silvicultura, do IFMG - Campus São João Evangelista - MG, como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Silvicultura.

Orientador (a): MSc. Ana Carolina Ferraro
Co-orientador: MSc. Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira

**SÃO JOÃO EVANGELISTA – MG
NOVEMBRO 2013**

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Serviço Técnico da Biblioteca do
Instituto Federal Minas Gerais – Campus São João Evangelista

S237b SANTOS FILHO, Antenor Custódio dos, 1991-

Biomassa e crescimento de eucalipto em diferentes espaçamentos para produção de energia./ Antenor Custódio dos Santos Filho; Aparecida Sardinha dos Santos; Euller Sardinha De Almeida. São João Evangelista, MG: IFMG - Campus São João Evangelista, 2013.
44 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC (graduação)
Apresentado ao Instituto Federal Minas Gerais – Campus São João Evangelista – IFMG, Curso de Tecnologia em Silvicultura , 2013.
Orientador: Prof. Ma. Ana Carolina Ferraro
Coorientador: Prof. Me. Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira

1. Manejo florestal. 2. Biomassa. 3. Eucalipto. 4. Produção de Energia. I. Instituto Federal Minas Gerais – Campus São João Evangelista. Curso de Tecnologia em Silvicultura . II. Título.

CDD 634.9734

ANTENOR CUSTÓDIO DOS SANTOS FILHO, APARECIDA SARDINHA DOS SANTOS E EULLER SARDINHA DE ALMEIDA

BIOMASSA E CRESCIMENTO DE EUCALIPTO EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Silvicultura, do IFMG - Campus São João Evangelista - MG, como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Silvicultura.

Aprovado em: 21 de 11 de 2013.

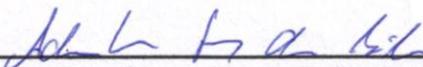
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. MSc. Ana Carolina Ferraro - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista (Orientadora).



Prof. MSc. Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Ibatiba (Co-orientador).



Prof. Dr. Aderlan Gomes da Silva - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, pela saúde na realização desse trabalho e por ter nos guiado e permitido que concluíssemos essa etapa.

As nossas famílias, pelo exemplo, compreensão e apoio em nossa caminhada.

A professora MSc. Ana Carolina Ferraro, pela orientação, empenho, incentivo e principalmente por ter acreditado na realização deste trabalho.

Ao nosso co-orientador, professor MSc. Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira, pela oportunidade, confiança e acima de tudo pela paciência e imensa contribuição em todos os momentos de desespero.

Ao professor Dr. Aderlan Gomes da Silva, pela referência profissional, por todos os esclarecimentos quanto à estatística e por ter disponibilizado às instalações do Laboratório de Energia do IFMG – Campus São João Evangelista.

Ao professor MSc. Bruno Oliveira Lafetá, pelos valiosos ensinamentos e pelas grandes contribuições no desenvolvimento desse trabalho.

Aos demais professores e funcionários do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus São João Evangelista*, pela contribuição em nossa formação acadêmica.

A empresa Aperam BioEnergia, pela doação de materiais que possibilitaram a instalação desse experimento.

Ao IFMG-SJE, pela concessão da bolsa de iniciação científica PIBIC.

Aos amigos Thiago de Assis, Jorge Anunciato e Samuel Cassiano, pela valiosa ajuda e apoio na realização dos trabalhos de campo.

Ao Sr. Paulo Modesto, e aos funcionários terceirizados do Instituto: Tia Davina, Pedro, Adair e Adimilson pela imensurável ajuda.

A todos que, direta ou indiretamente contribuíram para realização desse trabalho. Muito Obrigado!

A Deus, pela oportunidade de lutar por aquilo que acreditamos.
Aos familiares pelos esforços prestados e carinho.
Aos professores pelo incentivo à busca de novos conhecimentos.
Aos amigos que permaneceram ao nosso lado.
Dedicamos...

SANTOS FILHO, Antenor Custódio dos; SANTOS, Aparecida Sardinha dos; ALMEIDA, Euller Sardinha de. **Biomassa e crescimento de eucalipto em diferentes espaçamentos para produção de energia**. 2013. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. Orientadora: Prof^a. MSc. Ana Carolina Ferraro.

RESUMO

O presente trabalho objetivou avaliar a influência de espaçamentos na produção de madeira de eucalipto para energia. Para tal, quantificou-se o diâmetro, altura, volume, projeção de copa e biomassa de tronco e copa em diferentes espaçamentos. O experimento foi instalado em Delineamento em Blocos Casualizados em três blocos e quatro tratamentos, sendo: T1 - 3,0 x 0,5 m; T2 - 3,0 x 1,0m; T3 - 3,0 x 1,5m e T4 - 3,0 x 2,0m. A avaliação dos dados foi realizada através de análise de variância e, quando apresentadas diferenças significativas a 5% de significância pelo teste F, foram realizadas comparações de médias através do teste Tukey. Os resultados demonstraram que o crescimento em altura das plantas não variou significativamente entre os tratamentos e que o diâmetro apresentou maiores valores nos espaçamentos mais amplos (3,0 x 1,5 e 3,0 x 2,0m). As variáveis volume e biomassa apresentaram maior produtividade nos espaçamentos mais adensados, estando diretamente proporcional ao número de árvores. A densidade de plantio pode exercer influência no desenvolvimento e produção do híbrido de eucalipto.

Palavras-chave: produção; eucalipto urograndis; espaçamento.

SANTOS FILHO, Antenor Custódio dos.; SANTOS, Aparecida Sardinha dos; ALMEIDA, Euller Sardinha de. **Biomass and growth of eucalyptus at different spacings for energy production.** 2013. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. Advisor: Prof. MSc. Ana Carolina Ferraro.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the influence of spacing on the production of eucalypts wood for energy. It was measured the diameter, height, volume, canopy projection, stem biomass and canopy biomass. The experiment was conducted in randomized block design with three blocks and four treatments: T1 - 3.0 x 0.5 m, T2 - 3.0 x 1.0m, T3 - 3.0 x 1.5m and T4 - 3.0 x 2.0m. Data analysis was performed using variance analysis and, when presented significant differences at 5 % significance level for the F test, the means were compared by Tukey test. The analysis results have shown that the plants height growth did not differ significantly between treatments, but the diameter was affected by spacings, being higher in the wider ones (3.0 x 1.5 and 3.0 x 2.0 m). The variables volume and biomass showed higher productivity in denser spacing, being directly proportional to the number of trees. Planting density can influence the development and production of hybrid eucalypts.

Keywords: production; urograndis eucalypts; spacing.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas

DAP - Diâmetro a Altura do Peito

DBC - Delineamento em Blocos Casualizados

IFMG-SJE - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais.

MAP - Fósforo Monoamônico

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Coleta de solo para análise química e física da área experimental em São João Evangelista, MG.	19
Figura 2 - Adubação de cobertura em forma de coroamento utilizando-se o adubo NPK 20-0-20, em São João Evangelista, MG.....	21
Figura 3 - Capina manual realizada aos 6 meses de idade, em mudas de clone de eucalipto, em São João Evangelista, MG.....	21
Figura 4 - Medição de altura das árvores. A- Utilizando fita métrica. B- Utilizando clinômetro.	22
Figura 5 – Divisão da copa em 8 posições equidistantes da circunferência da copa, a partir do fuste da árvore até a extensão do maior galho naquela posição.....	24
Figura 6– Avaliação de biomassa. A – Retirada dos galhos da árvore. B – Retirada das folhas dos galhos, colocando-as sobre uma lona. C – Pesagem dos galhos. D – Seccionamento do tronco.	25
Figura 7– Avaliação de biomassa. A – Pesagem de tronco. B – Pesagem dos galhos. C – Pesagem das folhas.	26
Figura 8 - Polígono formado pela projeção de copas (m), em 8 posições equidistantes da circunferência da copa, de plantas do clone AEC 224 de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos, da área experimental em São João Evangelista, MG.....	30
Figura 9 - Biomassa seca de tronco, galho, folha e casca em Mg ha-1 do clone 224 de eucalipto em função do espaçamento, aos 17 meses após o plantio.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise granulométrica e classificação textural, das amostras de solos da área experimental em São João Evangelista, MG.	19
Tabela 2 - Resultados de análises químicas das amostras de solo dos blocos 1, 2 e 3 da área experimental em São João Evangelista, MG.	19
Tabela 3 - Quantidade média de matéria orgânica presente nas entrelinhas e abaixo da projeção de copa, das amostras de solo referente ao experimento de eucalipto urograndis sob a influência de diferentes espaçamentos, da área experimental em São João Evangelista.....	27
Tabela 4 - Média da altura aos 4, 7, 10, 13 e 16 meses após plantio de mudas clonais de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos, da área experimental em São João Evangelista, MG.	28
Tabela 5 - Média do diâmetro aos 4, 7, 10, 13 e 16 meses após plantio de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos, da área experimental em São João Evangelista, MG.....	28
Tabela 6 - Média de volume m ³ /ha com casca, aos 10 e 13 meses após o plantio de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos da área experimental em São João Evangelista, MG.	29
Tabela 7 - Teste de médias da área da copa (m ²) do eucalipto urograndis plantado sob diferentes espaçamentos, espaçamentos da área experimental em São João Evangelista, MG.....	31
Tabela 8 - Teste de médias da altura do início da copa viva do eucalipto urograndis plantado sob diferentes espaçamentos, espaçamentos da área experimental em São João Evangelista, MG.	32
Tabela 9 - Análise de variância da altura do primeiro galho seco, de mudas clonais de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos, da área experimental em São João Evangelista, MG.	32
Tabela 10 - Estimativa dos parâmetros do modelo Logístico para biomassa de tronco, galho, folha e casca por hectare e correspondentes coeficientes de correlação entre previsto e estimado e erro padrão da média para a estimativa do parâmetro, para o clone 224 de eucalipto, da área experimental em São João Evangelista, MG.	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	O EUCALIPTO	13
2.2	SILVICULTURA CLONAL	14
2.3	INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO	15
2.4	BIOMASSA E ENERGIA	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1	ÁREA EXPERIMENTAL.....	18
3.2	INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO	18
3.3	AVALIAÇÕES DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES	22
3.4	ESTIMAÇÃO E AVALIAÇÃO DE VOLUME	22
3.5	AVALIAÇÃO DA PROJEÇÃO DE COPA	23
3.6	AVALIAÇÕES DA BIOMASSA.....	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1	AVALIAÇÕES DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES	27
4.2	ESTIMAÇÃO E AVALIAÇÃO DE VOLUME	29
4.3	AVALIAÇÃO DA PROJEÇÃO DE COPA	30
4.4	AVALIAÇÕES DA BIOMASSA.....	33
5	CONCLUSÃO	35
	REFERÊNCIAS	36
	APÊNDICE A – Análises de variância	42
	APÊNDICE B – Área de projeção de copa	44

1 INTRODUÇÃO

O eucalipto não é usado somente para as tradicionais produções de madeira para serrarias, papel e celulose. O cultivo desta árvore de origem australiana, que chegou ao Brasil no início do século XIX, é uma opção para geração de energia como alternativa renovável ao petróleo e ao carvão mineral (DORF, 2012).

No Brasil, a biomassa constitui-se como uma das alternativas energéticas frequentemente avaliadas, levando em consideração a extensão de áreas agricultáveis no país, as características edafoclimáticas de seus ecossistemas e a sua diversidade biológica. A biomassa, convertida em biocombustíveis, tem a vantagem de ser renovável, a possibilidade de ser produzida perto do seu local de utilização e a capacidade de adaptar-se às condições de solo e clima de uma determinada região (CORTEZ et al., 2009).

Diante da atual crise de energia o uso da biomassa como insumo energético, é um apelo em todo o mundo, tornando necessária a redução da poluição e consumo das fontes naturais de energia, priorizando plantios florestais com fins energéticos, uma importante fonte de matéria prima, para a produção de energia renovável ecologicamente correta. Entretanto, apesar de seu comprovado potencial, essa não tem recebido dos governos a atenção necessária, na concepção da matriz energética brasileira (SEREGHETTI, 2012).

Segundo Guerra (2012), diversos estudos testaram três diferentes espaçamentos entre árvores: 0,5 metro, 1 metro e 1,5 metros, em comparação aos 2 metros, que são utilizados com frequência. A diminuição do espaço entre as mudas tem a finalidade de forçar o crescimento das plantas, que competirão por luminosidade e ao crescer se tornarão árvores mais altas e de diâmetros menores.

Alguns estudos (MÜLLER et al., 2005; LEITE; NOGUEIRA; MOREIRA, 2006) demonstram que espaçamentos reduzidos produzem maior volume de madeira por hectare em menor tempo, podendo, assim, antecipar a idade de corte em relação aos espaçamentos amplos.

Em espaçamentos maiores, as árvores demonstram maior diâmetro por ocasião do corte final (LELES, 1995; HARRINGTON; HARRINGTON; DEBELL,

2009) e podem ser utilizadas na produção de madeira serrada e postes. A opção pelo espaçamento de plantio das espécies florestais é estritamente ligada ao destino final da madeira (BALLONI; SIMÕES, 1980).

Atualmente tem sido bastante discutido o uso de espaçamento reduzido de espécies florestais para fins energéticos, nesta situação, se conduz o povoamento no sentido de produzir madeira industrial em curto prazo, portanto, sob ciclos de rotação curtos com dois anos (BERGER *et al.*, 2002; MÜLLER *et al.*, 2005).

Na execução deste projeto, teve-se como objetivo identificar o espaçamento mais adequado à produção de biomassa de eucalipto para produção de energia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o desenvolvimento desse trabalho foram abordados diversos itens, que são de suma importância, sendo eles: o eucalipto *urograndis*; silvicultura clonal; influência do espaçamento; biomassa e energia.

2.1 O EUCALIPTO

Pertencente à família Myrtaceae, o gênero *Eucalyptus*, oriundo da Austrália, possui entre 600 e 700 espécies já identificadas, entre arbustos e árvores, apresentando-se como matéria-prima para os mais diversos fins (CIFLORESTAS, 2013). A sua utilização atual não se limita somente ao processamento do tronco das árvores para obtenção de celulose e papel, mas diversas aplicações foram agregadas, como o de madeira sólida serrada, energia e chapas, além da produção de óleos voláteis (RIZZINI¹, 1981 *apud* COSTA, 2011).

Os plantios de eucalipto têm sido largamente utilizados e isso se deve a diversas características que algumas espécies apresentam, como a grande capacidade de adaptação a diferentes condições de clima e solo, pela produção de sementes satisfatória, extrema facilidade de propagação vegetativa, rápido crescimento, alta produtividade, boa forma do fuste, em função do melhoramento genético; ao manejo e por sua adequação aos mais diferentes usos industriais com ampla aceitação no mercado (MORA; GARCIA, 2000; SILVA, 2005b).

Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2013), Minas Gerais é o estado com maior área plantada de eucalipto no país com aproximadamente 1.438.971ha, representando 28,2% de toda a área plantada (cerca de 5 milhões de ha).

¹RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis no Brasil**: manual de dendrologia São Paulo: Edgard Brucher, 294 p. 1981.

De acordo com Martins; Ikemori (1987), dentre os mais variados cruzamentos entre as espécies de eucalipto o híbrido denominado eucalipto urograndis foi o que mais se destacou, por sua boa produtividade e adaptação ecológica às condições de diversos locais.

2.2 SILVICULTURA CLONAL

Segundo Xavier (2002), a silvicultura clonal compreende a seleção da árvore superior, multiplicação vegetativa, avaliação de árvores selecionadas em teste clonal, produção de mudas e estabelecimento da floresta clonal, acompanhando todo o processo produtivo e suas limitações e evoluções.

Ikemori (1990) afirma que no Brasil o melhoramento genético teve início em 1973 e teve como base a combinação de processos sexuais e assexuais. O avanço genético no início foi extraordinário, pois as empresas da área florestal dispunham de milhões de plantas oriundas de propagação sexuada e, evidentemente, aplicaram alta intensidade de seleção (GONÇALVES et al., 2001).

Segundo Xavier; Wendling; Silva (2009), a seleção da árvore matriz para formar um novo clone é feita a partir das árvores provenientes de plantios comerciais, devido a sua diversidade genética, porém esses plantios não tem o controle de famílias necessário, já os experimentos com controle de famílias são denominados testes de progênies. O emprego dos testes de progênies, para seleção de árvores superiores, tem sido apresentado como a forma mais apropriada, especialmente quando o programa clonal funda-se em características de alta qualidade genética (ASSIS; MAFIA, 2007).

Ferreira (1992), afirma que a silvicultura clonal em larga escala vem tomando grande importância, pois com a redução da idade de exploração ocorre uma maior produção de madeira por unidade de área em menor tempo, além disso, a divisão das atividades operacionais viabiliza a redução nos custos de exploração e transporte, ocasionando maior rapidez e eficiência na afirmação de características originárias de programas de melhoramento para os plantios comerciais.

2.3 INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO

A demanda por madeira de eucalipto ocasionou a necessidade de plantios equiâneos que, mesmo tendo seus ciclos reduzidos, fossem isentos de doenças e com produtividade elevada, sendo a escolha do espaçamento de plantio a principal influência no crescimento da árvore e do povoamento (MARCOLINO, 2010).

Magalhães et al. (2006) dizem que a escolha do espaçamento empregado no plantio é uma decisão importante, pois após implantada a floresta, fica muito difícil de manejar essa variável. Ainda de acordo estes autores, o espaçamento influencia de forma significativa diversas características, como é o caso da produção de volume, do crescimento e do manejo a ser adotado. Essa influência é primordial para a redução dos custos no plantio, a começar pelo melhor planejamento do uso da área, dando maior demonstração das características genotípicas e conseqüentemente reduzindo a interferência do ambiente nos materiais genéticos.

Segundo Chapman; Allan (1978), para a determinação do espaçamento de plantio é necessária a observação de diversos aspectos como: uso desejado da madeira, disponibilidade de umidade e nutrientes, competição por luz, clima, competição com plantas daninhas, grau de melhoramento, idade do corte e a disponibilidade de investimentos. Em se tratando de qualidade da madeira, o espaçamento interfere diretamente nos mais variados aspectos, dentre eles os principais são a dimensão dos nós, ajustamento do tronco, conicidade e densidade básica (SCOLFORO, 1997).

De acordo com Lafetá (2012) e Silva (2005a) a apropriação dos espaçamentos na produção madeireira de eucalipto em nosso país, desenvolveu-se desde os primórdios da implantação da cultura e atualmente o adensamento dos plantios tem efeitos muito positivos quanto à produtividade dos mesmos, porém a estagnação é uma tendência quando o crescimento atinge seu ápice ainda em estado juvenil ao considerarmos equidade do material genético e condições às quais os plantios são expostos.

Fishwick² (1976) *apud* Berger (2000) destaca como vantagens do espaçamento reduzido a alta produção de volume total em menor tempo e o rápido retorno financeiro proveniente dos desbastes. Entretanto Vital; Della Lucia (1987), esclarecem que a recomendação não deve ser interpretada de forma generalizada, porque o espaçamento ótimo é aquele capaz de produzir o maior volume de madeira, em tamanho, forma e qualidade desejável, sendo assim, só deve ser escolhido de acordo com a finalidade do plantio.

Silva (1990) relata que a possibilidade do aumento da mortalidade das árvores em plantios mais densos é tendenciosa. O autor compreende que deve se levar em consideração além dos fatores naturais, a mortalidade oriunda da competição entre as árvores e isso é possível de identificar assim que ocorre emprego total da área disponível para o crescimento.

O espaçamento empregado em plantios florestais não deve ser rigoroso, pois há de se avaliar a qualidade, o volume e o peso de madeira a ser produzida, bem como o local, os hábitos de crescimento, a espécie, a sobrevivência esperada, os objetivos do produto, os tratamentos silviculturais e o modelo de equipamento a ser empregado na implantação e colheita do povoamento (COUTO et al., 1977).

2.4 BIOMASSA E ENERGIA

A biomassa florestal vem ganhando grande destaque como fonte alternativa de energia, devido suas características e suas diversas formas de aproveitamento e por ser uma fonte de energia renovável, além de possibilitar a produção descentralizada, geração de renda e oportunidade de trabalho (SOARES et al., 2006; MULLER; COUTO; NEVES, 2005).

A biomassa florestal representa, portanto, a quarta fonte de energia da matriz nacional (depois do petróleo, da cana-de açúcar e da energia hidráulica). A quantidade de lenha consumida para fins energéticos no Brasil foi de 94 milhões de toneladas em 2008 (BRASIL, 2009).

² FISHWICK, R. W. Estudo de espaçamentos e desbastes em plantações brasileiras. **Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, n.7, v.27, p:13-23, 1976.

A madeira, em sua forma direta, a lenha; ou do seu derivado, o carvão vegetal, é combustível vital no preparo de alimento para um enorme número de famílias e comunidades, em diversas regiões do planeta (BRITO, 2007).

O eucalipto destaca-se dentre as espécies florestais quando relacionado a biomassa, por ser de fácil adaptação a diferentes solos. A espécie é utilizada para a geração de energia, em diferentes configurações que envolvem espaçamento entre árvores e diferentes ciclos de corte, dos quais a configuração mais comum é 3x2 m e corte entre o quinto e sétimo ano após o plantio (CORTEZ et al., 2009).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a descrição da metodologia aplicada, este item foi dividido em três tópicos: descrição da área; implantação do experimento; avaliações do crescimento das árvores e avaliações da biomassa.

3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) - *Campus* São João Evangelista, situado na bacia hidrográfica do Rio Doce (sub-bacia do Suaçuí Grande e micro bacia São Nicolau), região Leste de Minas Gerais, que se encontra a 18° 32' 23" de latitude Sul e 42° 45' 37" de longitude Oeste. O clima da região é Tropical com chuvas de verão e verões rigorosos, do tipo Cwa pelo sistema de Köppen; apresentando a temperatura média mínima em torno de 15°C, média de 20,1°C e máximas de 26,1°C por ano, cuja precipitação média anual é de 1081mm e a altitude média de 680m (PORTALSJEVANGELISTA, 2013).

2.5 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

Antes do preparo inicial do solo, realizou-se uma análise química do mesmo, a fim de avaliar as possíveis correções necessárias (Tabela 1). No final do experimento realizou-se nova análise química do solo (Tabela 2), onde retiraram-se 9 amostras simples a 0-20cm de profundidade, com o auxílio de um trado tipo sonda entre as linhas de plantio em cada tratamento formando uma amostra composta, e 9 amostras simples embaixo da projeção de copa, onde aplicou-se a adubação de cobertura (Figura 1). Cada tratamento teve uma amostra composta de 0-20 cm entre linhas de plantio e projeção de copa, que posteriormente foi enviada ao Laboratório de Análise de Solos do próprio *campus*.

Tabela 1 - Resultados da análise granulométrica e classificação textural, das amostras de solos da área experimental em São João Evangelista, MG.

Identificação	Argila %	Silte %	Areia %	Classificação Textural	Tipo de Solo Conforme a capacidade de retenção de água
Bloco 1, 2 e 3	48	26	26	Argila	Argiloso

Tabela 2 - Resultados de análises químicas das amostras de solo dos blocos 1, 2 e 3 da área experimental em São João Evangelista, MG.

Identificação	PH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
	H ₂ O	mg/dm ³			cmol _d / dm ³		
BLOCO 1, 2 e 3	4,73	7,96	162,92	1,80	0,70	0,40	8,47



Figura 1 – Coleta de solo para análise química e física da área experimental em São João Evangelista, MG.

Fonte: os autores.

Para facilitar a localização dos formigueiros, o primeiro combate foi realizado antes do revolvimento do solo, ou seja, desde início da vigência do experimento. Após a implantação do trabalho, vistorias semanais ocorreram durante os 17 meses de duração, para evitar possíveis focos de formigas cortadeiras.

O combate foi realizado utilizando isca granulada nos formigueiros ativos, aplicando-se 10 gramas nas proximidades de cada olheiro, ou distribuindo-as nas margens dos caminhos das formigas. Uma faixa mínima de 30 metros no entorno do plantio foi monitorada para verificar a presença de formigueiros.

As mudas de clones AEC 224 do híbrido eucalipto urograndis foram plantadas sob quatro diferentes espaçamentos (T1: 3x0,5 m; T2: 3x1 m; T3: 3x1,5 m; T4: 3x2 m), numa área anteriormente ocupada por pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Braquiarião). O experimento foi instalado em delineamento em blocos

casualizados (DBC), com três repetições para cada tratamento e 28 plantas úteis por parcela experimental. No preparo do terreno, utilizou-se um sulcador para a realização dos sulcos na linha de plantio, a uma profundidade de 30-35cm, com 30cm de largura.

Antes de serem plantadas, as mudas foram tratadas com uma solução de 10 litros de água, 50 gramas de cupinicida, 150 gramas de MAP (fosfato monoamônico), visando a uma maior proteção contra cupins subterrâneos e à ativação do crescimento inicial da planta. Misturou-se bem a solução para homogeneizá-la e, posteriormente, emergiu-se a caixa com as mudas. A solução cobriu os tubetes em sua totalidade, por 30 segundos, evitando que a mesma atingisse as folhas, eliminando assim o risco de queima pelo produto.

O plantio foi realizado no início do período chuvoso, quando o solo estava úmido, com o uso de plantadeiras manuais. Na ocasião do plantio, pressionou-se levemente ao redor das mudas para evitar a formação de bolsão de ar, o que é importante, para sobrevivência da planta e para que a muda fique bem firme no solo e sempre na posição vertical.

A adubação inicial do plantio constituiu-se em média de 180g de NPK 6-30-6, a 10 cm de profundidade, dividido em covetas laterais à muda, além da aplicação de 10 g de ácido bórico (17% de boro) no plantio e ao final do período chuvoso. A adubação de cobertura foi feita aos 3 e 12 meses após o plantio utilizando-se 150 g do adubo NPK 25-5-25 e 150 g de NPK 20-0-20, respectivamente, por planta, distribuído ao lado das plantas em forma de coroamento (Figura 2).



Figura 2 - Adubação de cobertura em forma de coroamento utilizando-se o adubo NPK 20-0-20, em São João Evangelista, MG.

Fonte: os autores.

O controle de matocompetição foi realizado manualmente, sendo feito o coroamento das mudas, e também com a aplicação de herbicida nas entrelinhas de plantio (Figura 3).



Figura 3 - Capina manual realizada aos 6 meses de idade, em mudas de clone de eucalipto, em São João Evangelista, MG.

Fonte: os autores.

2.6 AVALIAÇÕES DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES

Os inventários foram realizados trimestralmente onde mensurou-se nos dois primeiros meses (4 e 7) o diâmetro do coleto e nos demais meses (10, 13 e 16) mensurou-se o DAP (diâmetro à 1,3m a partir do solo) com auxílio de um paquímetro digital. Para a altura total das árvores utilizou-se fita métrica quando as mudas estavam na fase inicial de crescimento (Figura 4 A), posteriormente foi utilizado o clinômetro (Figura 4 B).



Figura 4 - Medição de altura das árvores. A- Utilizando fita métrica. B- Utilizando clinômetro. Fonte: os autores.

2.7 ESTIMAÇÃO E AVALIAÇÃO DE VOLUME

Aos 10 e 13 meses após o plantio, foram realizadas cubagens em pé de 5 árvores por classe diâmetro em cada tratamento. As medições do diâmetro com casca foram realizadas nas seguintes alturas: 0,1m, 0,3m, 0,7m, 1,3m e 2,0m, sendo empregada para cubagem até esta altura a fórmula de Smalian. O restante do volume foi estimado através da fórmula do cone (SOUZA, 2011).

$$V = \frac{AS_1 + AS_2}{2} * L$$

V= Volume estimado através da fórmula de Smalian, em m³; AS= área seccional (m²); L= tamanho da seção.

$$V_{\text{cone}} = \frac{\pi * r^2 * H}{3}$$

Vcone = Volume do cone, em m³; r² = raio; H= altura do restante da planta a partir do último diâmetro coletado, em m.

O volume individual de madeira com casca foi estimado utilizando-se a equação de volume ajustado, empregando-se dados de árvores-amostra cubadas, com a fórmula de Smalian. A partir desse volume foi possível calcular o volume por hectare, levando-se em consideração o número de árvores por metro quadrado em cada tratamento.

O modelo ajustado foi o de SCHUMACHER & HALL (1937):

$$V = \beta_0 dap^{\beta_1} H^{\beta_2} + \varepsilon$$

Sendo que: V = volume por árvore, em m³; dap = diâmetro à 1,3 m a partir do solo, em cm; H = altura total, em m; β_0 , β_1 , β_2 = parâmetros do modelo e ε = erro aleatório.

As variáveis diâmetro médio, altura total, volume por árvore e volume por hectare, foram analisadas por meio de análise de variância. Com a ocorrência de diferenças significativas, entre os tratamentos, pelo teste F, foi necessária a comparação de médias através do teste de Tukey à nível de 5% de significância.

2.8 AVALIAÇÃO DA PROJEÇÃO DE COPA

Para estudar o nível de competição ocorrente entre as partes aéreas das plantas em cada arranjo espacial, realizou-se análise de projeção de copa, selecionando quando possível a terceira e a quarta planta, localizadas na segunda linha de cada tratamento. Com uma fita métrica ou trena, mensurou-se os maiores galhos nas posições de 1 a 8, de acordo com a Figura 5, sendo esta a distância entre o caule e a ponta do maior galho nesta posição. O ponto 1 foi voltado para

terceira linha de plantio. Além disso, nessas mesmas árvores, mensurou-se a altura do primeiro galho seco e do primeiro galho vivo. Quanto à análise estatística, realizou-se a ANOVA das médias da projeção de copa, da área de cada copa, da altura do primeiro galho seco e do primeiro galho vivo, utilizando-se o software de planilha eletrônica Excel[®]. A área individual de cada planta foi calculada utilizando-se o software AutoCAD 2012[®]. Ocorrendo diferenças significativas, entre os tratamentos, comparou-se as médias pelo teste de Tukey, à nível de 5% de significância.

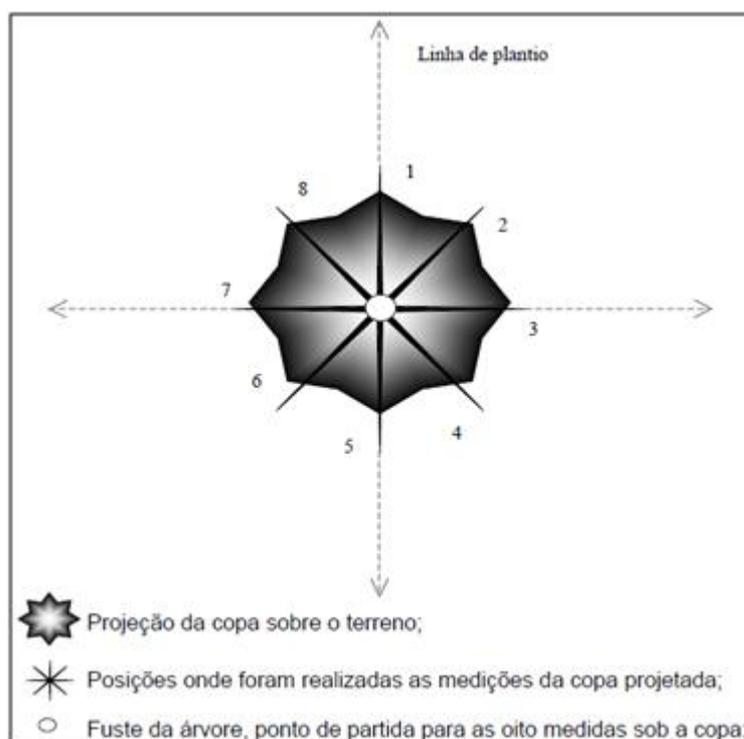


Figura 5 – Divisão da copa em 8 posições equidistantes na circunferência da copa, a partir do fuste da árvore até a extensão do maior galho naquela posição.
Fonte: Lima (2003).

2.9 AVALIAÇÕES DA BIOMASSA

Para a avaliação da biomassa, inicialmente selecionou-se a árvore com DAP igual ao diâmetro médio quadrático de cada tratamento em cada repetição. Efetuou-se o corte das árvores a uma altura de 10 cm do solo, sem derrubar as demais. Com a ajuda de um facão retiraram-se os galhos da árvore (Figura 6 A), depois foram

retiradas as folhas dos galhos colocando-os sobre uma lona (Figura 6 B). Todas as folhas foram armazenadas em um saco plástico grande, fechando-o para evitar a perda de água das folhas. Os galhos foram picados e amarrados com um barbante (Figura 6 C).

Para análise da biomassa dos troncos e das cascas, o material foi serrado em sessões de 50 cm de comprimento (Figura 6 D), separando-os e identificando-os quanto ao tratamento e à repetição.



Figura 6– Avaliação de biomassa. A – Retirada dos galhos da árvore. B – Retirada das folhas dos galhos, colocando-as sobre uma lona. C – Pesagem dos galhos. D – Seccionamento do tronco. Fonte: os autores.

Com o auxílio de uma balança pesou-se a biomassa úmida total de troncos, galhos, folhas e cascas em campo (Figura 7). Na amostragem, homogeneizou-se as folhas pegando-se aproximadamente 200g, colocando-as dentro do saco de papel identificado. O mesmo foi feito com os galhos e as cascas, cortando-os em tamanhos de aproximadamente 10 cm contendo galhos pequenos, médios e grossos e cascas de diferentes partes do tronco. Quanto aos troncos, serrou-se um disco na altura média da árvore com 3 cm de largura. Após devidamente identificadas as amostras foram colocadas em saco de papel e levadas ao laboratório para pesagem em balança de precisão.



Figura 7– Avaliação de biomassa. A – Pesagem de tronco. B – Pesagem dos galhos. C – Pesagem das folhas.

Fonte: os autores.

Em laboratório as amostras foram secas em estufa a temperatura de 70°C, até peso constante.

O modelo logístico, descrito a seguir, foi ajustado para biomassa de tronco, galho, folha e casca sendo esses ajustamentos avaliados pelo coeficiente de correlação entre valores observados e aqueles estimados ($r_{\hat{y}y}$) e pelo erro padrão residual ($S_{y,x}$).

Modelo logístico:

$$y = \frac{\alpha}{(1 + \beta e^{(-\gamma E)})}$$

em que: y: variável de interesse; α , β , γ : parâmetros do modelo; E: espaçamento, em m².

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de matéria orgânica presente, não diferiu estatisticamente pelo teste F a 5 % de significância entre os tratamentos (Tabela 3). Resultados diferentes foram encontrados por Lelles et al., (2001), que estudando o crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos aos 52 meses de idade, observou que, o aumento do adensamento provocou acréscimo na produção de biomassa e conseqüentemente maior disponibilidade de matéria orgânica e nutrientes. Esta diferença entre os resultados pode ser atribuída ao tempo entre as análises, que neste presente estudo foi de apenas 17 meses, podendo ainda não ter tido o efeito do ciclo biogeoquímico dos nutrientes no solo.

Tabela 3 - Quantidade média de matéria orgânica presente nas entrelinhas e abaixo da projeção de copa, das amostras de solo referente ao experimento de eucalipto urograndis sob a influência de diferentes espaçamentos, da área experimental em São João Evangelista

Tratamento	Entrelinha ^{ns}	P. de copa ^{ns}
1	2,0733	2,2867
2	2,6400	2,4500
3	2,8667	2,4833
4	2,6500	2,4533

* Significativo à nível de 5% e ^{ns} não significativo, pelo teste F.

2.1 AVALIAÇÕES DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES

O crescimento em altura das plantas não variou significativamente entre os tratamentos até os 17 meses de idade, como mostra a análise de variância (Tabela 4). Já o diâmetro apresentou diferença significativa nas duas últimas épocas de medição (13 e 16 meses), mostrando que os espaçamentos mais amplos (3,0 x 1,5 e 3,0 x 2,0m) apresentaram maiores valores de DAP, devido a menor concorrência por espaço e nutriente (Tabela 5). De modo geral foi possível observar o efeito cada vez mais acentuado do espaçamento no crescimento das árvores de acordo com o aumento na idade do plantio.

Tabela 4 - Média da altura aos 4, 7, 10, 13 e 16 meses após plantio de mudas clonais de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos, da área experimental em São João Evangelista, MG.

Tratamento	Altura (meses)				
	4 ^{ns}	7 ^{ns}	10 ^{ns}	13 ^{ns}	16 ^{ns}
1	0,61	3,15	6,57	9,24	10,94
2	0,51	2,28	5,19	8,42	10,09
3	0,59	2,72	5,68	9,12	10,82
4	0,60	2,77	5,94	9,22	11,09

* Significativo ao nível de 5% e ^{ns} não significativo, pelo teste F.

Tabela 5 - Média do diâmetro aos 4, 7, 10, 13 e 16 meses após plantio de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos, da área experimental em São João Evangelista, MG.

Tratamento	Diâmetro do coleto (cm)		DAP (cm)				
	4 meses ^{ns}	7 meses ^{ns}	10 meses ^{ns}	13 meses*	16 meses*		
1	1,04	3,19	4,30	5,50	b	6,79	b
2	0,87	2,91	3,89	5,59	b	6,48	b
3	1,08	3,57	4,67	6,47	a	7,50	a
4	1,13	3,80	4,96	7,03	a	8,42	a

* Significativo ao nível de 5% e ^{ns} não significativo, pelo teste F. As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de significância. DC= diâmetro do coleto, DAP= diâmetro à altura do peito.

Resultados semelhantes quanto à influência da densidade de plantio sobre a altura foram encontrados por Marcolino (2010), que estudando o crescimento de clone de eucalipto em quatro espaçamentos notou que não houve diferença na altura média das árvores entre os espaçamentos testados.

Os diâmetros das plantas de eucalipto mostraram-se mais responsivos ao espaçamento/arranjo espacial do que a altura, onde os espaçamentos maiores produziram árvores de maiores diâmetros aos 13 e 16 meses. Botelho (1998), analisando espaçamentos, afirmou que plantas com maiores diâmetros são encontradas em espaçamentos mais amplos. Resultados semelhantes foram encontrados por Chaul; Tibiriçá (2006), Binoti (2010), Berger et al. (2002) e Garcia; Corradine; Alvarenga (1991).

2.2 ESTIMAÇÃO E AVALIAÇÃO DE VOLUME

Os volumes por hectare foram avaliados através da análise de variância. Das variáveis analisadas apenas o tratamento 1 (3,0 x 0,5m) apresentou resultado significativo a 5% de significância nas duas ocasiões em que se estimou o volume. Como ocorreu diferença significativa entre as médias de volume dos diferentes tratamentos, pelo teste F, foi necessário compará-las através do teste de Tukey, a nível de 5% de significância (Tabela 6).

Tabela 6 - Média de volume m³/ha com casca, aos 10 e 13 meses após o plantio de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos da área experimental em São João Evangelista, MG.

Tratamento	Volume m ³ ha ⁻¹ aos 13 meses	Volume m ³ ha ⁻¹ aos 16 meses
1	31,1393 a	100,3900 a
2	11,0586 b	42,9154 b
3	10,5795 b	38,9670 b
4	9,0593 b	34,7669 b

As médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

A produção em volume por hectare foi obtida através do volume individual das plantas e do número de indivíduos por metro quadrado em cada tratamento, sendo o volume por hectare diretamente proporcional ao número de árvores, como no arranjo de 3,0 x 0,5 m, que continha o maior número de árvores por hectare, com 6667 plantas, chegando a ser o dobro dos demais espaçamentos.

Os resultados apresentados nesse estudo são corroborados por vários autores que têm desenvolvido trabalhos a respeito do comportamento do volume sob diferentes espaçamentos. Dentre estes trabalhos destacam-se os desenvolvidos por Stape; Binkley (2010), Vital; Della Lucia (1987), Reiner; Silveira; Szabo (2011), Berger et al. (2002), Botelho (1998), Oliveira Neto et al. (2003), Santos (2011) e Morais (2006).

Desse modo, pode-se observar que os autores citados acima chegaram à mesma conclusão, de que em espaçamentos adensados com idade precoce, há uma elevada produtividade por hectare em função do maior número de indivíduos

por metro quadrado, em contrapartida maiores espaçamentos resultam na menor produtividade por hectare.

2.3 AVALIAÇÃO DA PROJEÇÃO DE COPA

Analisando-se a Figura 8, pode-se observar influência do espaçamento de plantio na área de projeção de copa, onde os espaçamentos mais amplos proporcionaram maior área de projeção, que diminui à medida que se reduz o espaçamento. Isso se deve à maior competitividade exercida nos espaçamentos mais adensados. Segundo Sterba (2006)³ *apud* Eloy et al. (2012), quando a pressão lateral é exercida pelas árvores que compõem o povoamento, o espaçamento passa a influenciar a redução da largura da copa e essa influência evita o crescimento lateral dos galhos, consequentemente diminuindo a área de projeção do dossel.

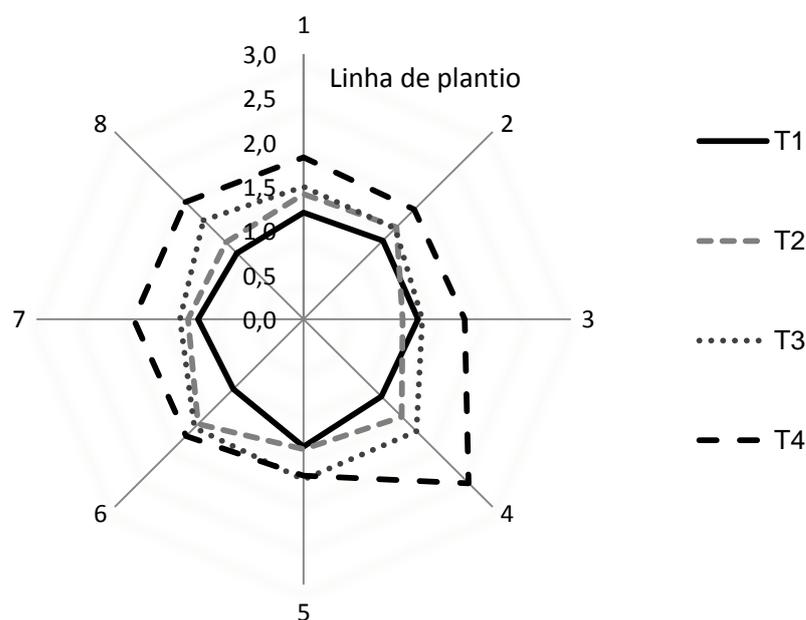


Figura 8 - Polígono formado pela projeção de copas (m), em 8 posições equidistantes na circunferência da copa, de plantas do clone AEC 224 de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos, da área experimental em São João Evangelista, MG.

³ STERBA, H. Waldwachstumskunde: Skriptum zur Lehrveranstaltung 420.020. Wien: Universität für Bodenkultur, Institut für Waldwachstumsforschung, 2006, 129 p.

De acordo com a análise de variância da área da copa, pode-se observar que houve diferença estatística significativa entre tratamentos a 5% de significância, onde o coeficiente de variação experimental foi de 15,22 %, evidenciando a precisão experimental. Por apresentar diferença significativa de área da copa, entre os tratamentos, demonstrados pelo teste F, foi necessário comparar as médias através do teste de Tukey, à nível de 5% de significância (Tabela 7).

Tabela 7 - Teste de médias da área da copa (m²) do eucalipto urograndis plantado sob diferentes espaçamentos, espaçamentos da área experimental em São João Evangelista, MG.

Tratamento	Médias
1	4,47 b
2	5,69 b
3	7,03 b
4	10,49 a

* Significativo à nível de 5% e ^{ns} não significativo, pelo teste F. As médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

Quando se utiliza diversos espaçamentos, a competitividade é um dos fatores primordiais de influência nos formatos das copas. Sendo assim, o tratamento 4 (3x2 m), foi o que demonstrou maior área de copa, apresentando uma média de 10,49 m², diferindo-se dos demais, levando em consideração que os tratamentos 1, 2 e 3 não diferenciaram entre si. Lima (2003), avaliando seu trabalho com idade semelhante ao desse estudo, constatou que os tratamentos de maior intensidade de plantio foram os que apresentaram projeção de copa inferior. Assim como Eloy et al., (2012), que analisando quatro espécies florestais, dentre elas uma de eucalipto, observaram que uma maior área útil existente para a planta acarreta maiores diâmetros de copa.

As plantas arranjadas em espaçamento mais adensado como o 3 x 0,5m, tiveram as maiores médias no que diz respeito ao início da copa viva, os demais tratamentos apresentaram semelhanças entre si (Tabela 8). Pode-se relacionar o resultado com a determinação da competição por plantas, onde a área útil por planta for mais reduzida, a competição será instaurada mais rapidamente, resultando em uma senescência das folhas da base da copa e uma desrama natural.

Tabela 8 - Teste de médias da altura do início da copa viva do eucalipto urograndis plantado sob diferentes espaçamentos, espaçamentos da área experimental em São João Evangelista, MG.

Tratamento	Médias
1	1,1800 a
2	0,6350 b
3	0,6917 b
4	0,5300 b

As médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

Para a variável altura do primeiro galho seco, a análise de variância à 5% de significância, revelou que em nenhum dos tratamentos ocorreu diferença significativa (Tabela 9).

Tabela 9 - Análise de variância da altura do primeiro galho seco, de mudas clonais de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos, da área experimental em São João Evangelista, MG.

Tratamento	Médias ^{ns}
1	0,1700
2	0,3717
3	0,1500
4	0,2833

Significativo à nível de 5% e ^{ns} não significativo, pelo teste F.

No entanto, Eloy (2012) afirma que a radiação fotossinteticamente ativa diminui à medida que o espaçamento é adensado, essa ausência de luminosidade atinge as camadas inferiores da copa, determinando a queda natural dos galhos localizados nesses locais onde possivelmente ocorrerá a desrama natural. Sendo assim, as práticas silviculturais estão diretamente relacionadas com a densidade dos povoamentos florestais, o que influencia a qualidade da madeira e por consequência a mão-de-obra utilizada nos plantios e as atividades de todo o processo de produção.

2.4 AVALIAÇÕES DA BIOMASSA

A maior produção de biomassa ocorreu nos espaçamentos mais adensados, ou seja, onde as plantas tinham menor área útil disponível, apresentando a mesma relação para todas as variáveis (tronco, galho, folha e casca) (Figura 9). Resultados semelhantes foram encontrados por Muller; Couto; Neves, (2005) e Alcorn et al. (2008), onde as maiores quantidades de biomassa seca total foram encontradas nos espaçamentos mais reduzidos, mostrando que há uma relação direta entre o espaçamento do plantio e a biomassa produzida.

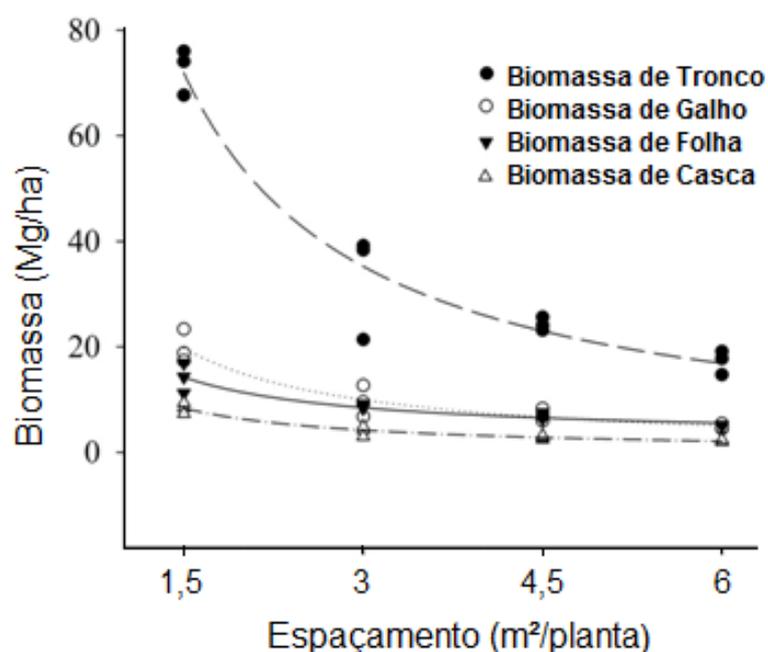


Figura 9 - Biomassa seca de tronco, galho, folha e casca em Mg ha⁻¹ do clone 224 de eucalipto em função do espaçamento, aos 17 meses após o plantio.

Dentre os modelos testados por meio de análise de regressão não-linear, o que melhor explica esse fenômeno é o modelo Logístico, que foi ajustado para todas as variáveis de biomassa aos 17 meses de idade, que pode ser observado a seguir:

$$y = \frac{\alpha}{(1 + \beta e^{(-\gamma E)})}$$

em que: y: variável de interesse; α , β , γ : parâmetros do modelo; E: espaçamento, em m².

A escolha do melhor modelo a ser utilizado baseou-se no desvio padrão, no coeficiente de correlação e na significância das estimativas dos parâmetros, expressos na Tabela 10.

Tabela 10 - Estimativa dos parâmetros do modelo Logístico para biomassa de tronco, galho, folha e casca por hectare e correspondentes coeficientes de correlação entre previsto e estimado e erro padrão da média para a estimativa do parâmetro, para o clone 224 de eucalipto, da área experimental em São João Evangelista, MG.

Biomassa	α	β	γ	$r_{\hat{y}y}$	S_{yx}
Tronco	7,6575	-1,0368	0,0984	0,98	5,38
Galho	0,9787	-1,0085	0,0361	0,95	2,14
Folha	1,5512	0,9609	0,0511	0,94	1,41
Casca	1,0336	-1,0337	0,1098	0,97	0,69

α , β , γ : parâmetros do modelo; $r_{\hat{y}y}$ = coeficiente de correlação; S_{yx} = desvio padrão.

Confirmando os resultados deste trabalho Oliveira Neto et al. (2003), observaram que em espaçamentos maiores a produção de matéria seca da parte aérea e, em particular, da madeira por árvores é superior, isso se deve ao maior crescimento em diâmetro, enquanto que em espaçamento mais reduzidos ocorre por unidade de área uma maior quantidade de biomassa.

Com relação à produção de biomassa para fins energéticos, Vieira (2011) afirma que o adensamento aliado ao corte precoce das árvores mostra-se bastante econômico. Por outro lado, Botelho (1998) expõe um problema, onde em espaçamentos mais adensados a porcentagem de plantas dominadas e mortas cresce com o aumento da competição, em idade precoce.

A mesma dificuldade foi constatada no decorrer desse experimento, havendo um alto índice de mortalidade e tombamento das árvores, principalmente nos espaçamentos mais adensados. Essas variáveis influenciaram a predição de modelos de crescimento, por ser difícil de medir, e por ser um fator determinante na quantidade madeira que se deixa de colher, pois as árvores que morreram e tombaram desapareceram do inventário e não sendo contabilizadas de maneira exata.

5 CONCLUSÃO

O espaçamento mais adequado à produção de biomassa de eucalipto para produção de energia foi o espaçamento 3,0 x 0,5m, pois as plantas cultivadas em tal espaçamento apresentaram maiores valores de volume e biomassa por hectare.

REFERÊNCIAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. ABRAF: Brasília, 2013. 148p.

ALCORN, P.J.; BAUHUS, J.; THOMAS, D.S.; JAMES, R. N.; SMITH, R.G.B.; NICOTRA, A. B. Photosynthetic response to green crown pruning in young plantation-grown *Eucalyptus pilularis* and *E. cloeziana*. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 3827-3838, 2008.

ASSIS T.F. ; MAFIA R.G. Hibridação e clonagem. p. 93-121. **In: A. BORÉM (ed). Biotecnologia Florestal**. Viçosa: [s.n.], 2007.

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. **O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais**. Piracicaba: IPEF, 1980. 16 p. (Série técnica, 3).

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilização**. 2000.126 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria- RS, 2000.

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

BINOTI, M. L. M. S. **Redes neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto**. 2010. 54p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-Mg, 2010.

BOTELHO, S.A. Espaçamento. **In: SCOLFORO, J.R.S. (Ed.) Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p.381-405.

BRASIL. Empresas de político de Pesquisa Energética. Balança Energético Nacional 2009 base 2008: Resultados Preliminares. Rio de Janeiro: EPE. 2009. 48 p.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **In:** Estudos avançados 21(59), 2007. Disponível em: <http://www.inee.org.br/downloads/eventos/JoseBrito_ESALQ> Acesso em: 20 de setembro de 2012.

CHAPMAN, G. W.; ALLAN, TG. **Técnicas de establecimiento de plantaciones forestales**. Roma: FAO, 1978.213p.

CHAUL, T. N.; TIBIRIÇÁ, L. G. **Viabilidade econômica de florestas de eucalipto no estado de Goiás**. Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2006. 16p.

CIFlorestas. **Eucalipto**: aspectos botânicos. Brasil, Novembro 2013. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=eucalipto>> Acesso em: 14 de novembro de 2013.

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

CORTEZ, C. L.; VELÁZQUEZ, S. M. S. G.; COELHO, S. T.; MOREIRA, J. R.; AMENDOLA, F. C. B.; GAVIOLI, F. Processo produtivo do eucalipto no sistema "Short Rotation". **In:** Revista da madeira. ed. 121, 2009. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1421&subject=E mais&title=Processo produtivo do eucalipto no sistema "Short Rotation"](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1421&subject=E mais&title=Processo produtivo do eucalipto no sistema)> Acesso em: 29 de outubro de 2012.

DORF, A. **Eucalipto ganha força como fonte de geração de energia**. UDOP - União dos Produtores de Bioenergia, 2012. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index/>>. Acesso em: 23 de junho de 2012.

ELOY, E.; CARON, B. O.; SOUZA, V.Q.; BEHLING. A.; ELLI, E.F. Influência do espaçamento na altura e diâmetro da copa de quatro espécies arbóreas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 675, 2012. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/agrarias/influencia%20do%20espacamento%20na%20altura.pdf>>. Acesso em: 04 de novembro de 2013.

FERREIRA, M. **Melhoramento e a Silvicultura intensiva clonal**. IPEF, n.45, p.22-30,1992

GARCIA, C.H.; CORRADINE, L.; ALVARENGA, S.F. **Comportamento florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamento.** Piracicaba: IPEF, 1991. 10 p. (IPEF. Circular Técnica, 179).

GONÇALVES, F.; REZENDE, G. D. S. P.; BERTOLUCCI, F. L. G.; RAMALHO, M. A. P. Progresso genético por meio de seleção de clones de eucalipto em plantios comerciais. **Revista Árvore**, v. 25, p. 295-301, 2001.

GUERRA, S. **Eucalipto ganha força como fonte de geração de energia.** UDOP - União dos Produtores de Bioenergia, 2012. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index/>>. Acesso em: 10 junho de 2012.

HARRINGTON, T. B.; HARRINGTON, C. A.; DEBELL, D. S. Effects of planting spacing and site quality on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-fir (*Pseudotsugamenziesii* var. *menziesii*). **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 18–25, 2009.

IKEMORI, Y. K. **Genetic variation in characteristics of *Eucalyptus grandis* raised from micro-propagation and seed.** Oxford, 1990.123p. (Tese-Doutoramento-OFI).

LAFETÁ, B.O. **Eficiência nutricional, área foliar e produtividade de plantações de eucalipto em diferentes espaçamentos estimados com redes neurais artificiais.** 2012. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM-Diamantina- MG, 2012.

LEITE, F. P.; SILVA, I. R.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C.; VILLANI, E. M. A. Nutrient relations during an *Eucalyptus* cycle at different populations densities. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 949-959, 2011.

LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; MOREIRA, A. M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamento de *Pinus Taeda* L. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 603-612, 2006.

LELES, P. S. S. **Crescimento, alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em *E. camaldulenses* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos.** 1995. 133 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

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 *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de serrado, MG. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 77-87, 2001.

LIMA, A. P. L. **Desrama artificial em clone de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden): Efeitos sobre o crescimento, a dinâmica de copa e o tempo de desrama.** Viçosa: UFV, 2003. 210p. Dissertação (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.

MAGALHÃES, W. M.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIUM, N.; HIGASHIKAWA, E. M.; YOSHITANI JÚNIOR, M. Desempenho silvicultural de espécies de *Eucalyptus* spp. em quatro espaçamentos de plantio na região noroeste de Minas Gerais. **Revista Floresta e Ambiente**, V.12, n.2, p. 01 – 07, 2006.

MARCOLINO, L. **Crescimento de clones de eucalipto em quatro espaçamentos de plantio no interior de São Paulo.** 2010,36 p. Monografia (Engenharia Florestal) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-Rio De Janeiro-RJ, 2010.

MARTINS, F.C.G.; IKEMORI, Y.K. **Produção de híbridos de eucalipto na Aracruz.** Reunião sobre técnicas para produção de híbridos, Piracicaba: IPEF, 1987. 75p.

MORA, A.L.; GARCIA, C.H. **A cultura do Eucalipto no Brasil.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 112p, 2000.

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

MÜLLER, M. D.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; BRITO, J. O. Avaliação de um clone de eucalipto estabelecido em diferentes densidades de plantio para produção de biomassa e energia. **Renabio – Biomassa & Energia**, v. 2, n. 3, p. 177-186, 2005.

MÜLLER, M. D.; COUTO, L.; NEVES, J, C, L. Produção de biomassa e balanço nutricional de plantações de eucalipto clonal em diferentes densidades de plantio no município de Itamarandiba – MG. **Renabio – Biomassa & Energia**, v. 2, n. 2, p. 91 – 101, 2005.

OLIVEIRA NETO, S.N.; REIS, G.G.; REIS, M.G..F.; NEVES, J.C.L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, v.27, n. 1, p.15-23, 2003.

REINER, D. A.; SILVEIRA, E. R.; SZABO, M. S. O uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimento da pequena propriedade na região sudoeste do Paraná. **Synergismus Scyentifica**, UTFPR, Pato Branco, 2011.

PORTALSJEVANGELISTA. 2013. Disponível em:
<<http://sje.mg.gov.br/index.php/cidade/informacoes-gerais>>. Acesso em: 01 de outubro de 2013.

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 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Universidade Federal de Lavras/Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão. Lavras, 433 p, 1997.

SEREGHETTI, G. C. **Biomassa inicial do híbrido *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis* em diferentes espaçamentos**. 2012. 51 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

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. 51p. Dissertação Mestrado – ESALQ, Piracicaba, 2005a.

SILVA, J.F. **Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn e sua interação com espaçamentos**. Viçosa: UFV, 1990. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1990.

SILVA, J. C. Cresce presença do eucalipto no Brasil. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 92, p. 61-66, 2005b. Disponível em:
<http://www.remade.com.br/revistadamadeira_materia.php?num=803&subject=Eucalipto&title=Cresce%20presen%20do%20eucalipto%20no%20Brasil>. Acesso em: 03 de outubro 2013.

SOARES, T. S.; CARNEIRO, A. C. O. ; GONÇALVES, E. O. ; LELLES, J. G. Uso da biomassa florestal na geração de energia. **Revista Científica Eletrônica De Engenharia Florestal**. ano IV, n. 8, 2006. 9 p.

SOUSA, N, J. **Avaliação do uso de três tipo de porta-iscas no controle de formigas cortadeiras em áreas preparadas para a implantação de povoamentos de *Pinus taeda***.1996. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal do Paraná, - PR, 1996.

STAPE, J.L.; BINKLEY, D. Insights from full-rotation Nelder spacing trials with *Eucalyptus* in São Paulo, Brazil. **Southern Forests**, v. 72, p. 90–97, 2010.

VIEIRA, E. H. F. **Produção de Biomassa de *Eucalyptus* spp. sob Diferentes Manejos e Espaçamentos**. 2011. 54 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro-ES, 2011.

VITAL, B.R., DELLA LUCIA, R.M. Efeito do espaçamento na produção em peso e na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* aos 52 meses de idade. **Revista Árvore**, v.11, n.2, p.132-145,1987.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I: princípios e técnicas de propagação vegetativa**. Viçosa. MG: UFV, 2002, 64p.

XAVIER, A.; WENDLING I.; SILVA. R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: ed. UFV, 2009. 272 p.

APÊNDICE A – Análises de variância

Tabela 3A: Resumo da análise de variância para quantidade de matéria orgânica nas entrelinhas e projeções de copa, aos 16 meses após o plantio de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos, da área experimental em São João Evangelista, MG.

F.V	G.L	Entrelinha		Projeção de copa	
		QM	<i>p</i>	QM	<i>p</i>
Tratamento	3	0,3453	0,1170	0,0237	0,9110
Bloco	2	1,9080	0,0036	0,8883	0,0319
Resíduo	6	0,1151		0,1376	

GL - graus de liberdade; QM= quadrado médio; *p* = probabilidade de significância pelo teste F.

Tabela 4A: Resumo da análise de variância para altura, aos 4, 7, 10, 13 e 16 meses após o plantio de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos, da área experimental em São João Evangelista, MG.

FV	GL	QM	F	<i>p</i>
4 MESES	3	0,006	1,135	0,407
7 MESES	3	0,381	4,766	0,050
10 MESES	3	0,990	3,442	0,092
13 MESES	3	0,455	1,720	0,262
16 MESES	3	0,588	2,562	0,151

GL - graus de liberdade; QM= quadrado médio; *p* = probabilidade de significância pelo teste F.

Tabela 5A: Resumo da análise de variância do diâmetro, aos 4, 7, 10, 13 e 16 meses após o plantio de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos, da área experimental em São João Evangelista, MG.

FV	GL	QM	F	<i>p</i>
DC aos 4 meses	3	0,0392	2,2488	0,1831
DC aos 7 meses	3	0,4690	3,7519	0,0790
DAP 10 aos meses	3	0,6369	4,7094	0,0510
DAP 13 aos meses	3	1,6170	11,1817	0,0072
DAP 16 aos meses	3	2,2108	9,5640	0,0106

GL - graus de liberdade; QM= quadrado médio; *p* = probabilidade de significância pelo teste F.

Tabela 6A: Resumo da análise de variância para volume, aos 10 e 13 meses após o plantio de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos, da área experimental em São João Evangelista, MG.

FV	GL	QM	F	<i>p</i>
10 MESES	3	329,9999	58,0407	0,0001
13 MESES	3	2870,5330	28,7353	0,0006

GL - graus de liberdade; QM= quadrado médio; *p* = probabilidade de significância pelo teste F.

Tabela 7A - Resumo da análise de variância para área da copa de eucalipto urograndis sob diferentes arranjos espaciais de plantio, aos 17 meses de idade, da área experimental em São João Evangelista, MG.

F.V	G.L	QM	<i>p</i>
Tratamento	3	20,2411	0,0020
Bloco	2	1,7141	0,2877
Resíduo	6	1,1101	
CVexp (%)		15,22	

GL - graus de liberdade; QM= quadrado médio; *p* = probabilidade de significância pelo teste F.

Tabela 8A - Resumo da análise de variância para altura do primeiro galho vivo de eucalipto urograndis sob diferentes arranjos espaciais de plantio, aos 17 meses de idade, da área experimental em São João Evangelista, MG.

F.V	G.L	QM	<i>p</i>
Tratamento	3	0,2496	0,0008
Bloco	2	0,0824	0,0189
Resíduo	6	0,0100	
CVexp (%)		13,1627	

G.L - graus de liberdade. CVexp = coeficiente de variação experimental. *p*= probabilidade de significância pelo teste F.

Tabela 8B - Resumo da análise de variância para altura do primeiro galho seco de eucalipto urograndis sob diferentes arranjos espaciais de plantio, aos 17 meses de idade, da área experimental em São João Evangelista, MG.

F.V	G.L	QM	<i>p</i>
Tratamento	3	0,0322	0,1819
Bloco	2	0,0897	0,0335
Resíduo	6	0,0142	
CVexp (%)		48,9510	

G.L - graus de liberdade. CVexp = coeficiente de variação experimental. *p*= probabilidade de significância pelo teste F.

APÊNDICE B – Área de projeção de copa

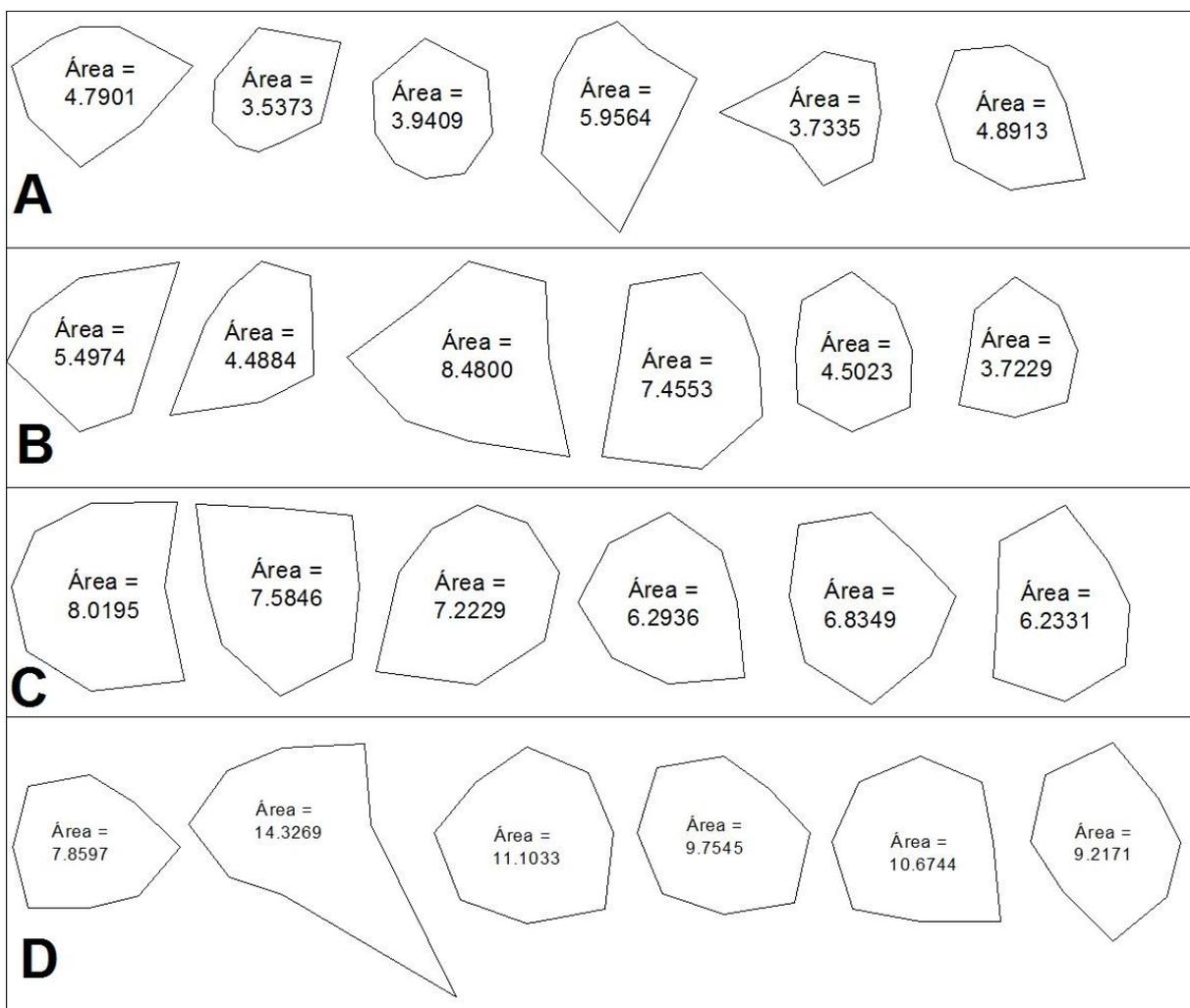


Figura 8A - Polígono formado pela projeção de copas e suas respectivas áreas (m²), em eixos ortogonais, de planta do clone AEC 224 de eucalipto urograndis sob diferentes espaçamentos para produção de energia aos 17 meses de idade. A = área formada pelas árvores submetidas ao tratamento 1 (3,0 x 0,5m). B = área formada pelas árvores submetidas ao tratamento 2 (3,0 x 1,0m). C = área formada pelas árvores submetidas ao tratamento 3 (3,0 x 1,5m). D = área formada pelas árvores submetidas ao tratamento 4 (3,0 x 2,0m).