

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DENNY GYN LIMA PEREIRA

INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO EM POVOAMENTO DE CLONES
HÍBRIDOS DE *Eucalyptus* spp. NO ESTADO DO PARÁ

CURITIBA
2015

DENNY GYN LIMA PEREIRA

INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO EM POVOAMENTO DE CLONES
HÍBRIDOS DE *Eucalyptus* spp. NO ESTADO DO PARÁ

Trabalho apresentado para obtenção do título de Gestor Florestal no curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Jonas Elias Castro da Rocha

CURITIBA
2015

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha esposa Vanessa Modesto e filho Darlan Modesto, aos meus pais e amigos, que foram grandes incentivadores e que sempre acreditaram na realização dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade na realização deste curso.

Ao orientador Jonas Castro, pelas orientações, estímulo, atenção e paciência.

À Vale Florestar S.A., pela confiança, investimentos e disponibilidade para execução desse trabalho, assim como aos colegas de trabalho: Ademar de Angeli, Adriano Soares Coelho, Sergio Alexandre, Carlos Garcia, Marcio Tocantins; e em especial a equipe de operações silviculturais: Francinaldo, José Márcio, Antônio Marcos, pelo apoio e disposição em ajudar.

Ao coordenador João Garzel e professores do curso de pós-graduação do PECCA-UFPR, pelos ensinamentos e pela disponibilidade em ajudar sempre.

Aos meus queridos familiares e amigos: Aloizo Barboza Pereira, Maria Matilde, Denilson Lima, Edcilene Souza, Gilvan Cardozo, pela torcida na conquista desse objetivo.

Aos meus queridos companheiros de trabalho: Cícero Dolácio, Danielle Araujo e Matheus Ataíde, pela colaboração com este trabalho.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área experimental, Município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.....	11
Figura 2 - Esquema de cubagem de árvores-amostra.	12
Figura 3 - IMA 7 nos diferentes tipos de clones e espaçamentos.	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de Variância do IMA 7.	15
Tabela 2 - Aplicação do Teste SNK aos valores de IMA 7 médios.	16

RESUMO

O estudo teve como objetivo avaliar o efeito de quatro espaçamentos de plantios no incremento médio anual em volume de três clones de *Eucalyptus* spp. Para tanto, o experimento foi instalado em uma fazenda operacional de plantios comerciais de eucalipto com idade de 2 anos, no município de Dom Eliseu, Estado do Pará. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com tratamentos fatoriais 4 (espaçamentos: E1 - 3 x 2 m; E2 - 3 x 3 m; E3 - 3 x 3,5 e E4 - 3 x 4 m) x 3 (clones: C1 - *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*; C2 - *Eucalyptus platyphylla* e C3 - *Eucalyptus urophylla* x *E. camaudulensis*) com 3 repetições, perfazendo um total de 36 parcelas experimentais. Os resultados evidenciaram diferenças estatísticas entre os espaçamentos, onde os tratamentos que evidenciaram os maiores e menores valores para essa variável foram o E1 e o E4, respectivamente. Ao avaliar isoladamente o efeito dos clones verificou-se que os maiores e menores valores para essa variável foram o C2 e o C1, respectivamente. Portanto, o tratamento que teve o maior incremento médio anual em volume foi o E1 no C2.

Palavra-chave: clones, arranjo silvicultural, produtividade.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
2.	OBJETIVO	10
3.	METODOLOGIA	11
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	11
3.2	MEDIÇÕES	12
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	15
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5.	CONCLUSÃO	19
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil as espécies do gênero *Eucalyptus* têm sido extensivamente utilizadas em plantios florestais, por diversas razões, seja pela grande plasticidade das espécies devido à diversidade de espécie adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas, pela elevada produção de sementes e facilidade de propagação vegetativa, pelas características silviculturais desejáveis como rápido crescimento, produtividade e boa forma do fuste, em função do melhoramento genético e ao manejo, e pela adequação aos mais diferentes usos industriais com ampla aceitação no mercado (MORA & GARCIA, 2000).

De acordo com Assis et al. (1999) as empresas reflorestadoras, de maneira geral, estão muito empenhadas no desenvolvimento de técnicas que visem o aumento da produtividade e a redução dos custos operacionais, sendo contemplados estudos que envolvam a adoção de novos espaçamentos e, principalmente, de diferentes arranjos de plantio.

A densidade populacional de plantio é uma das decisões mais importantes na formação de povoamentos florestais, pois influencia diretamente a produtividade e a qualidade do produto à que se destina, devendo ser definida em função das particularidades dos materiais genéticos e dos sítios a serem utilizados, bem como pelos métodos de condução, idade e tipo colheita em si (MORA & GARCIA, 2000; OLIVEIRA NETO et al., 2003). Ao se definir o espaçamento mais adequado, cada planta deverá alcançar máximo crescimento sem desperdício de espaço (FAO, 1960; CHIES, 2005).

O espaçamento pode influenciar várias características quantitativas e qualitativas, interferindo significativamente na morfologia das árvores e no seu crescimento, em particular no diâmetro, independente de suas características genéticas (SHIMOYAMA & BARRICHELO, 1989).

Devido seu rápido crescimento, o eucalipto é bastante sensível à competição pelos recursos do meio, como água, nutrientes e luz, sendo comum a observações de uma rápida segregação dos indivíduos em um talhão com espaçamentos menores, onde são identificadas árvores dominantes, codominantes e dominadas (SILVA, 2005). Assim, a garantia da uniformidade não depende apenas da genética, uma vez que os fatores ambientais podem variar entre indivíduos devido à qualidade

das operações silviculturais, como preparo de solo, fertilização e controle do mato competição, afetando o crescimento individual das árvores e acelerando a competição intraespecífica e, conseqüentemente, reduzindo a produtividade florestal (STAPE, 2004).

A adoção de espaçamentos e arranjos de plantio inadequados pode intensificar a competição intraespecífica, reduzindo a uniformidade de crescimento entre as árvores e aumentando a quantidade de árvores dominadas, as quais possuem menor eficiência de utilização dos recursos do meio comparadas às dominantes (SILVA, 2005).

2. OBJETIVO

Assim, o estudo teve como objetivo avaliar o efeito de quatro espaçamentos de plantios no incremento médio anual em volume de três clones de *Eucalyptus* spp. com idade de dois anos, na Mesorregião Sudeste do Estado do Pará.

3. METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O estudo foi desenvolvido em área de plantio de eucalipto em escala comercial no município de Dom Eliseu, pertencente à mesorregião do Sudeste do Estado do Pará (Figura 1).

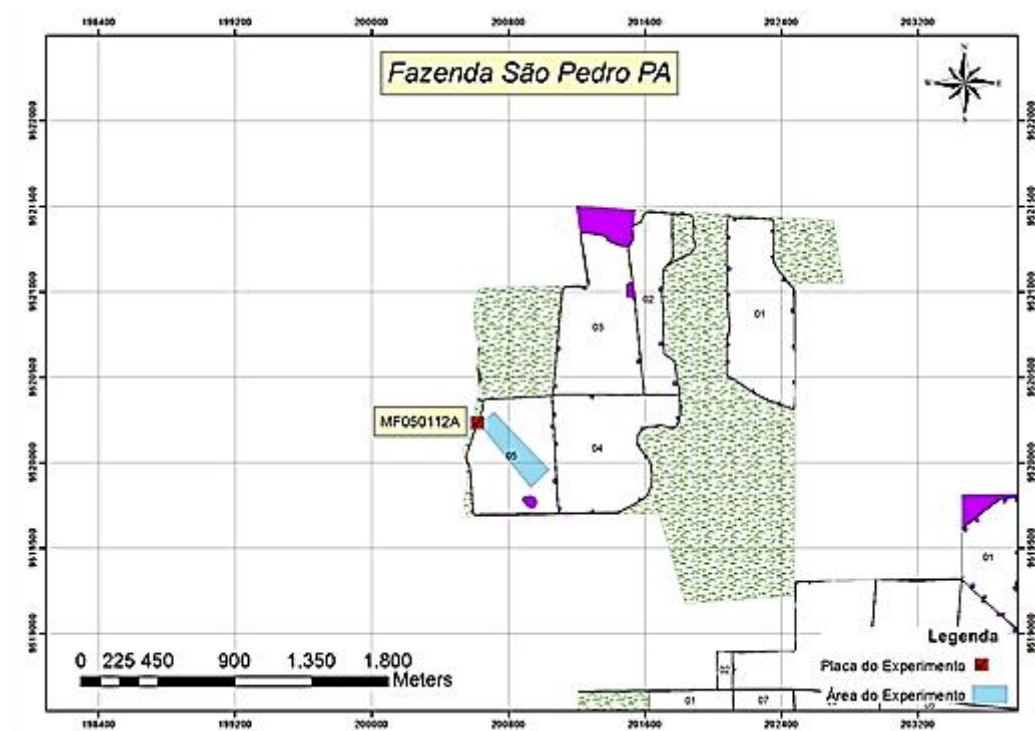


Figura 1. Localização da área experimental, Município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.

O clima de Dom Eliseu, segundo Köppen é o Aw1, clima tropical chuvoso, com expressivo período de estiagem, sendo o trimestre mais seco nos meses de julho, agosto e setembro e o trimestre mais chuvoso nos meses de fevereiro, março e abril (SIPAM, 2009). A temperatura média anual está em torno de 25° C e as médias das mínimas diárias, em cerca de 20° C. A precipitação anual média é de 1638 mm, entretanto, há uma grande variabilidade espacial na região, podendo a precipitação anual média variar de 1445 a 2030 mm dentro do município (HIJMANS et al., 2005).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico típico, textura muito argilosa de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, proposto pela EMBRAPA (2006).

3.2 MEDIÇÕES

Para o presente trabalho, foram lançadas e mensuradas 50 parcelas permanentes, que foram mensuradas no mês de novembro do ano de 2013, quando os plantios estavam com idade entre 3,3 e 3,7 anos. As parcelas foram de tamanho retangular com um comprimento médio de 24,05m por uma largura média de 21,07m, correspondendo a sua totalidade devidamente esquadrejada. Estas dimensões foram propostas visando abranger 7 linhas de plantio, sendo 8 covas para cada linha, totalizando um número de 56 covas por parcela.

Inicialmente todas as árvores da parcela tiveram os diâmetros mensurados a uma altura de 1,30 m do solo (dap), lembrando sempre de usar um gabarito de 1,30 m. Mediram-se todas as árvores com dap maior ou igual a 4,00 cm de diâmetro ou cap maior ou igual a 12,5 cm. No caso de covas com mais de um fuste (bifurcadas), mediu-se sempre do maior para o menor dap.

Foram abatidas seis (6) árvores-amostra por estrato para cada classe de diâmetro com amplitude de dois (2) centímetros, sendo distribuídas em locais de alta, média e baixa produtividade.

Após abater as árvores-amostra, mensurou-se os diâmetros com casca e a espessura da casca nas posições de altura do solo (em metros) igual a 0,1; 0,5; 1,0; 1,3; 2,0; 4,0; e assim sucessivamente de dois em dois metros até o diâmetro com casca igual a 4,0 centímetros de acordo com a Figura 2.

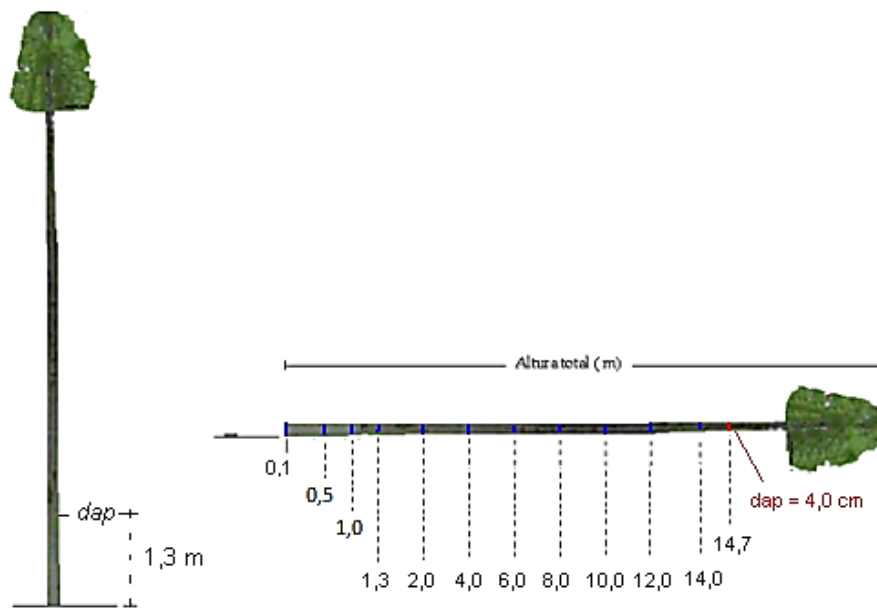


Figura 2. Esquema de cubagem de árvores-amostra.

O volume total de cada árvore foi calculado pela soma dos volumes parciais de cada secção da árvore cubada, sendo o volume de cada secção calculado pela fórmula de Smalian.

Para estimar o volume com casca até 6 cm de diâmetro no topo do fuste (V_{6cc}) em m^3 utilizou-se o modelo de Schumacher e Hall na sua forma original (modelo 1), proposto por Soares et al., (2011). Optou-se pelo modelo não-linear, pois este apresenta melhores ajustes do que a forma linearizada. O ajuste foi realizado pelo software Statistica 8.0 através do método dos mínimos quadrados e algoritmo Levenberg-Marquardt.

$$\text{Modelo 1: } V_{6cc} = \beta_0 * DAP^{\beta_1} * Ht^{\beta_2} + \varepsilon$$

Onde:

Ht = altura total, em m;

V_{6cc} = volume com casca até 6 cm de diâmetro no topo do fuste, em m^3 ;

DAP = diâmetro a 1,3 metros de altura do solo, em cm;

β_i = parâmetros do modelo a serem estimados, sendo $i = 0, 1$ e 2 ;

ε = erro aleatório.

Para inferir sobre o incremento médio anual em volume esperado para o sétimo ano (IMA7) das árvores em pé utilizou-se o modelo ajustado *Schumacher*

Hall para calcular a produção futura e, por conseguinte dividindo-a pela sua respectiva idade em anos. A equação com os parâmetros estimados ficou da seguinte forma:

$$\ln(\hat{V}) = \frac{(-55,5068772088 * 4,6388578469 + 8,56667870787 * (\ln(I) * \ln(S))^{1,70860388994})}{(4,6388578469 + (\ln(I) * \ln(S))^{1,70860388994})}$$

$$r^2 = 96,01 \%$$

em que:

\hat{V} = volume estimado na idade I desejada, em m³/ha;

\ln = Logaritmo neperiano;

I = idade, em meses;

S = Índice de Sítio.

O índice de sítio é definido como sendo a “altura média das árvores dominantes de um povoamento em uma idade-índice”. A classificação por índices de sítio constitui um método prático e consistente de avaliação da qualidade do local, pois todos os fatores de crescimento são refletidos de modo interativo no crescimento em altura, o qual está correlacionado com o crescimento em volume. Outra vantagem é a classificação ser feita por uma expressão numérica que pode ser utilizada como variável independente nos modelos de crescimento e produção e altura em nível de povoamento total.

No desenvolvimento das equações de índice de sítio pelo método da curva guia, o modelo que melhor se adaptou aos dados foi o *Schumacher* (Modelo 2), a saber:

$$\text{Modelo 2 : } \ln(Hd) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{I} \right) + \varepsilon$$

Em que:

Hd = média das alturas dominantes por parcela, em metros;

I = idade, em meses;

\ln = logaritmo neperiano;

β_0 e β_1 = parâmetros a serem estimados; e

ε = erro aleatório.

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com tratamentos fatoriais 4 (espaçamentos: E1 - 3 x 2 m; E2 - 3 x 3 m; E3 - 3 x 3,5 e E4 - 3 x 4 m) x 3 (clones: C1 - *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*; C2 - *Eucalyptus platyphylla* e C3 - *Eucalyptus urophylla* x *E. camaudulensis*) com 3 repetições, perfazendo um total de 36 parcelas experimentais com 24 m x 24 m, cada.

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro Wilk a 5% de probabilidade, para verificação da normalidade dos resíduos, e de homocedasticidade das variâncias. As variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância (ANAVA), utilizando-se o programa estatístico Statistica 9.0 (STATSOFT, 2011), e quando significativos, foram comparadas a médias pelo teste de SNK ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos apresentam diferenças estatisticamente significantes pela análise de variância do IMA7 para os efeitos isolados de clone e de espaçamento (Tabela 1).

FATOR DE VARIAÇÃO	GL	QM	F
Intercept	1	55774,58	726,7900
CLONE	2	1226,73	15,9852*
ESPAÇAMENTO	3	1104,31	14,3900*
CLONE * ESPAÇAMENTO	6	76,30	0,9943
RESÍDUO	24	76,74	

Tabela 1: Análise de Variância do IMA 7.

Onde: GL = grau de liberdade, QM = quadrado médio, F = valor do teste F e * significativo (5% de probabilidade) pelo teste F.

Os valores de IMA7 para o clone C3 - *Eucalyptus urophylla* x *E. camaudulensis* foram superiores aos dos demais clones (Tabela 2 e Figura 3). Segundo informações de especialistas, o *Eucalyptus urophylla* x *E. camaudulensis* foi uma hibridação trabalhada para o desenvolvimento de materiais genéticos mais resistentes às condições de estresses hídricos, isso indica uma plasticidade fenotípica do material, podendo assim colaborar para os resultados encontrados. De acordo com Faria et al. (2008), essa situação pode ser referenciada por híbridos que apresentam maior capacidade de absorção e eficiência de utilização de nutrientes proporcionando maior desenvolvimento das árvores quando o manejo utilizado é uniforme.

A seleção de espécies de eucalipto para plantio devem considerar as peculiaridades do ambiente, uma vez que, a interação com o genótipo influencia na expressão fenotípica. O rendimento em produtividade está vinculada ao valor genotípico do clone, aprimorado nos programas de melhoramento que seleciona simultaneamente os melhores clones para compor plantios comerciais (ROSADO et al., 2012).

A densidade adotada no plantio influencia diretamente no desenvolvimento da planta, resultando em diferença de DAP, volume individual, refletindo no volume por área, inferindo à densidade do povoamento (REINER et al., 2011).

Ainda, na Tabela 2 e Figura 3 pode-se verificar que o espaçamento que teve a maior produtividade foi o E1. Segundo Cardoso (1989) e Oliveira Neto et al. (2003), nos anos iniciais do desenvolvimento dos plantios os povoamentos muito densos tendem naturalmente a apresentar árvores de diâmetro menor se comparados as árvores de povoamentos com menor densidade, razão pela qual a concorrência por espaço é menor e o crescimento em diâmetro é mais acentuado. Todavia, nos povoamentos mais densos o crescimento em altura é mais acentuado nos primeiros anos do plantio, o que reduz a destinação de fotoassimilados para o crescimento em diâmetro e, portanto podem ser mais produtivos nessas condições.

Clone	Clone			Média
	C1	C2	C3	
E1	46,69 Aa	49,36 Ab	68,44 Ac	54,83 A
E2	29,55 ABa	39,66 Ab	48,78 ABc	39,33 B
E3	20,01 Ba	33,48 Ab	47,95 ABc	33,81 B
E4	20,85 Ba	34,74 Ab	32,8 Bc	29,46 B
Média	29,28 c	39,31 b	49,49 a	

Tabela 2: Aplicação do Teste SNK aos valores de IMA 7 médios.

Onde: Médias seguidas de letras iguais nas linhas e nas colunas não diferem entre si pelo teste SNK ($\alpha = 0,05$); C1 = Clone 1; C2 = Clone 2; C3 = Clone 3; E1 = Espaçamento 1; E2 = Espaçamento 2; E3 = Espaçamento 3 e E4 = Espaçamento 4.

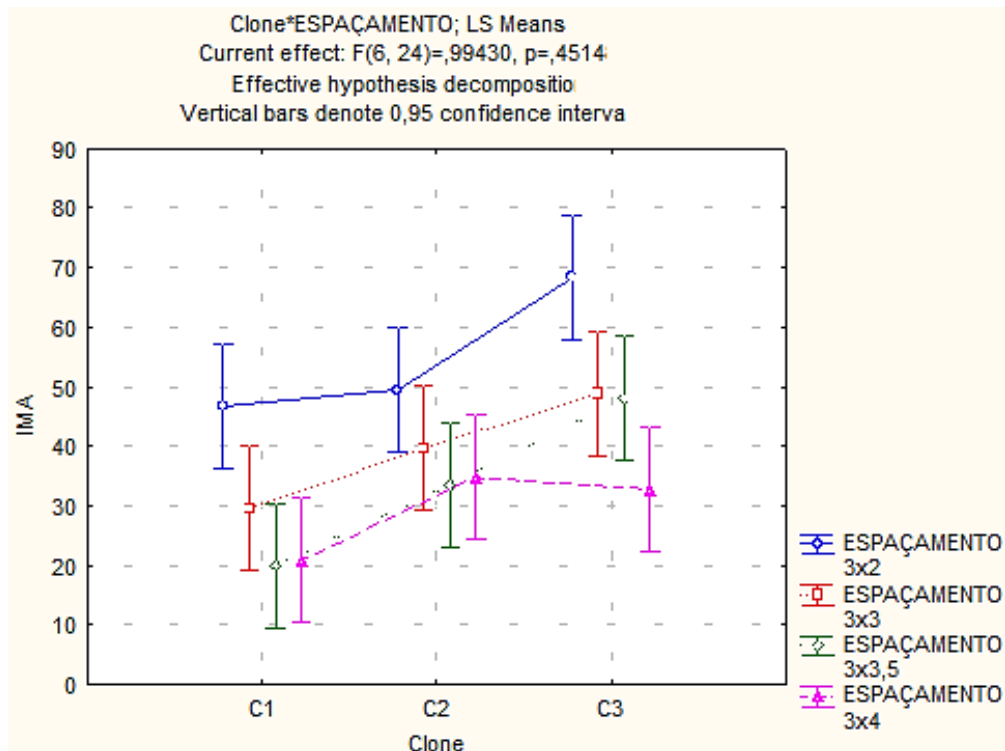


Figura 3. IMA 7 nos diferentes tipos de clones e espaçamentos.

Os resultados acima são corroborados por Assis et al. (1999), que, ao avaliarem os efeitos de diferentes arranjos de plantio na produção de biomassa de *E. urophylla* na região de cerrado de Minas Gerais, em delineamento inteiramente casualizado, observaram que a redução expressiva da biomassa de tronco por hectare com o aumento da retangularidade, sugerindo a adoção de distâncias próximas a 3 m na entrelinha para plantios de eucalipto na região do estudo.

Ladeira (2001) comparando *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. pellita* no Cerrado mostra que a produção de matéria seca total sofreu variação em função do espaçamento e da espécie, em espaçamentos menores o *E. urophylla* apresentou produção elevada de biomassa de madeira por unidade de área, de forma contrária ao *E. camaldulensis* que não apresentou variação aos diferentes espaçamentos.

Ao estudar treze clones de eucalipto em 4 espaçamentos (3 x 2 m; 3 x 2,5 m; 3 x 3 m; 3 x 3,5 m), Marcolino (2010), não constatou influência do espaçamento na altura das árvores, diferente da tendência que houve quanto ao diâmetro a altura do peito que apresentou aumento gradativo a medida que o espaçamento aumentava. O volume individual dos clones amostrados seguiu a mesma tendência do DAP, já que influencia diretamente no cálculo do volume. Analisando a diminuição do espaçamento em relação ao volume por hectare, os clones diminuiram o volume à medida que o espaçamento aumentava, ressaltando que essa relação pode se inverter com a elevação da idade do povoamento, em virtude da competição entre as plantas.

Como se pode verificar na Tabela 2 e Figura 3, nas condições do estudo, os espaçamentos mais adensados aludem uma maior produtividade nessa idade de plantio. Todavia, com o desenvolvimento da idade essa superioridade tende a se diluir em razão do aumento no crescimento em diâmetro nos espaçamentos menos densos (CARDOSO, 1989).

5. CONCLUSÃO

Existem diferenças estatísticas entre os tipos de clones e espaçamentos testados, onde o maior incremento médio anual em volume foi observado no espaçamento de 3 x 2 m (E1) sob o clone *Eucalyptus urophylla* x *E. camaudulensis* (C3). Por se tratar de um experimento em escala inicial, recomenda-se a continuidade das medições para melhor inferir sobre o arranjo espacial que proporcione o maior volume na idade de corte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, R. L., FERREIRA, M. M., MORAIS, E. J., FERNANDES, L. A. produção de biomassa de *E. urophylla* S. T. Blake sob diferentes espaçamentos na região do cerrado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 151-156, 1999.

CARDOSO, D.J. **Avaliação da influência dos fatores sítio, idade, densidade e posição sociológica na relação hipsométrica para Pinus taeda nas regiões central e sudoeste do Estado do Paraná.** 1989. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

CHIES, D. Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da Madeira serrada de Pinus taeda L[dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p. 2006.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Práticas de plantación forestal en America Latina.** Roma: FAO, 1960. (Cuadernos de fomento forestal, 15).

FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; CUNHA, V. L. P.; MARTINS, I. S.; MARTINS, R. C. C. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus* spp. no vale do Jequitinhonha, MG. **Ciência Florestal**, v.18, n.3, p.363-373, 2008.

HIJMANS, J.R.; CAMERON, S.E.; PARRA, J.L.; JONES, P.G.; ANDY JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International journal of climatology.** v.25, p.1965–1978, 2005.

LADEIRA, B.C. et al., Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos, em uma sequência de idade. **Revista Árvore.** Viçosa-MG, v. 25, n 1, p. 69-78, 2001.

MARCOLINO, Leandro. **CRESCIMENTO DE CLONES DE EUCALIPTO EM QUATRO ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO NO INTERIOR DE SÃO PAULO.** 2010. 26 f. Monografia (Silvicultura) – Instituto de Pesquisas Florestais da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Seropédica-RJ. 2010.

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

OLIVEIRA NETO, S. N. et al. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, 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, v. 6, n. 1, 2011.

ROSADO, Antônio Marcos et al. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 966-973, 2012.

SHIMOYAMA, V.R.S.; BARRICHELO, L.E.G. Densidade básica da madeira, melhoramento e manejo florestal. **Série Técnica IPEF**, v.6, n.20, p.1-22, 1989.

SILVA, C.R. **Efeito do espaçamento e arranjo de plantio na produtividade e uniformidade de clones de *Eucalyptus* na região noroeste do Estado de São Paulo**. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Setor Ciência Florestal, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2005.

SIPAM. **Sistema de Proteção da Amazônia. Zoneamento climático do Estado do Pará**. Centro Técnico e Operacional de Belém- Pará: SIPAM, 30f. 2009.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F. de; SOUZA, A. L. de. DENDROMETRIA E INVENTÁRIO FLORESTAL. 2º edição. Viçosa, MG: Editora UFV. 2011, 272 p.

STAPE, J. L. Espaçamento de plantio e dominância entre árvores. In: Reunião técnica do programa temático em silvicultura e manejo PTSM, 22, 2004. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 2004, p.16-22.

STATSOFT, INC. STATISTICA (data analysis software system), Version 9.0.South America: Statsoft, 2011.