



Desempenho silvicultural de espécies de *Eucalyptus spp.* em quatro espaçamentos de plantio na região noroeste de Minas Gerais

**Wagner Massote Magalhães ¹, Renato Luiz Grisi Macedo ², Nelson Venturim ²,
Emílio Manabu Higashikawa ³, Mauro Yoshitani Júnior ³**

*Programa de Pós-Graduação do Depto. de Ciências Florestais (UFLA). Campus Universitário,
Caixa postal 37, 37200-000¹*

Depto. de Ciências Florestais (UFLA). Campus Universitário, Caixa postal 37, 37200-000²

Depto. de Ciências Florestais (UFLA). Campus Universitário, Caixa postal 37, 37200-000³

Recebido em 01 de setembro de 2005

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de quatro espécies de eucalipto: Área de Produção de Sementes; *Eucalyptus urophylla* de Avaré; *Eucalyptus pellita* de Kuranda e *Eucalyptus camaldulensis* de Petford em quatro espaçamentos de plantio (3x2m; 6x2m; 6x3m e 6x4m). A coleta dos dados foi realizada com árvores de 9,4 anos de idade. Avaliou-se a sobrevivência, o DAP, a altura total, o volume individual e por hectare. Os resultados mostraram que, para o DAP e volume por planta as médias aumentaram conforme o aumento do espaçamento; o volume por hectare apresentou comportamento inverso; a altura sofreu influência apenas das espécies; a sobrevivência apresentou diferença entre os espaçamentos, sendo a maior média no espaçamento mais amplo.

Palavras-chaves: *Eucalyptus*; madeira; taxa de crescimento.

Silvicultural behave of species de *Eucalyptus spp.* in four plant spacing in the region the northwest of Minas Gerais

Abstract

The objective of this work was to evaluate the performance of four species of eucalypt: Seed Production Area; *Eucalyptus urophylla* from Avaré; *Eucalyptus pellita* from Kuranda and *Eucalyptus camaldulensis* from Petford, planted in four arrangement (3x2m; 6x2m; 6x3m and 6x4m). The collection of the data was carried out with plants 9,4 of years old. It was evaluated the survival, DBH, height, volume per plant and volume per hectare. The results had shown that for the DBH and volume per plant increased with the increase of the arrangement; the volume per hectare presented inverse correlation; the height suffered influence only from the species; the survival presented difference between the spaces and the average was greater in the largest arrangement.

Key words: *Eucalyptus*; wood; rate of growth

Introdução

O sucesso de qualquer empreendimento florestal passa, necessariamente, por um adequado planejamento da implantação das florestas, no que diz respeito à concepção de um sólido programa de melhoramento genético e à adoção de técnicas silviculturais e de manejo que propiciem alcançar níveis significativos de ganho de produtividade e qualidade da matéria prima desejada (Silveira, 1999).

Sob o aspecto da silvicultura e do manejo, um dos principais elementos de tomada de decisão é a análise do espaçamento ótimo de plantio, através de estudos de crescimento dos indivíduos em diferentes espaçamentos, pois a densidade de árvores de um povoamento florestal influencia a taxa de crescimento, qualidade da madeira, idade de corte e conseqüentemente os aspectos econômicos do investimento. Porém o setor florestal, apesar de possuir ciclos de produção longos, é muito dinâmico e, portanto mudanças no espaçamento de plantio, assim como o manejo da floresta, devem acompanhar os objetivos do empreendimento.

Segundo Zanine & Santos (2004), as interações competitivas entre plantas são bastante complexas, ocorrendo interação entre as competições abaixo e acima do solo, e portanto deve-se optar por um arranjo espacial que minimize a competição por luz, bem como a utilização de plantas com sistemas radiculares caracteristicamente diferentes, que explorem áreas distintas do solo.

Para que se faça a escolha do espaçamento adequado, é necessário um planejamento adequado, considerando-se variáveis como o hábito de crescimento da planta, a qualidade do sítio, o produto final, os tratamentos silviculturais e a forma de exploração. De acordo com Patiño-Valera (1986), o espaçamento ótimo é aquele capaz de produzir o maior volume de produto em tamanho, forma e qualidade desejáveis, sendo função da espécie, do sítio e do potencial genético do material reprodutivo que for utilizado.

Os espaçamentos utilizados atualmente pelas principais empresas reflorestadoras do Brasil, têm sido escolhidos visando possibilitar a mecanização das atividades de implantação, manutenção e exploração dos maciços florestais, motivo pelo qual tem sido dada preferência aos espaçamentos com aproxima-

damente três metros entre linhas. Esse arranjo entre plantas busca facilitar a movimentação de máquinas durante a manutenção e exploração do povoamento, com baixo risco de danos às plantas (Botelho, 1998).

De modo geral, os resultados mostram que o crescimento em diâmetro é uma característica altamente dependente dos espaçamentos (Coelho et al., 1970; Fishwich, 1976; Patiño-Valera, 1986). Entretanto, existe alguma controvérsia com relação aos reflexos do espaçamento sobre o crescimento em altura das árvores.

Pereira et al. (1983) verificaram uma tendência de maior crescimento em altura de *E. grandis* com a redução do espaçamento de 3x2m para 3x1m, justificando esta resposta em razão da competição por luz, o que estimularia o crescimento em altura das plantas. Patiño-Valera (1986) também verificou que o crescimento em altura, para *E. saligna*, no espaçamento 3x1m, foi maior que no espaçamento 3x2m, aos 32 meses de idade. Certamente, no espaçamento 3x1m, por exemplo, a competição por luz é muita elevada entre árvores e certas espécies como *E. grandis*, que são altamente exigentes em luz, podem ser muito prejudicadas, reduzindo o seu potencial produtivo.

Em sítios de melhor qualidade, onde a copa se desenvolve muito rapidamente, esse efeito pode ser bem evidenciado mesmo em idades jovens, o que, em parte, explica diferenças nas respostas em altura das plantas em função do espaçamento; ou seja, as respostas do crescimento em altura de espécies florestais devem ser analisadas cuidadosamente, uma vez que a grande maioria dos estudos até então concluídos envolve espaçamentos de, no máximo, 3x3m. Atualmente, tem havido por parte das empresas reflorestadoras, uma grande mobilização no sentido de se adotarem espaçamentos mais amplos e arranjos espaciais variados, o que pode implicar em mudanças nas respostas das plantas em relação à produtividade e à finalidade da madeira (Botelho, 1998).

A produção em volume de madeira de um povoamento, de acordo com Fishwich (1976), sempre diminui com o aumento do espaçamento inicial. Essa diferença de produção torna-se cada vez menor com o aumento da idade das plantas. Em plantios mais densos, a estagnação do crescimento ocorre mais cedo, resultando em rotações mais curtas e indivídu-

os de dimensões mais reduzidas. Em espaçamentos mais amplos, espera-se obter uma produção volumétrica no fim de uma rotação, similar aquela obtida em espaçamentos mais reduzidos.

A diferença de produção volumétrica de um espaçamento para outro é, portanto, dependente apenas do tempo requerido para se obter plena ocupação do sítio, havendo tendência de produção máxima por unidade de área similar para todos os espaçamentos, o que corresponde à lei da produção final constante (Radosevich & Osteryoung, 1987).

Uma análise econômica de povoamentos em diferentes espaçamentos é também importante na tomada de decisões do manejador florestal. Espaçamentos menores tendem a ser mais econômicos para a produção de fitomassa para fins energéticos em relação à manutenção do povoamento. No entanto, custos de implantação e de exploração são maiores, aumentando-se a relação entre custo de produção e benefício resultante de aumento de produtividade.

A influência de diferentes espaçamentos sobre a produção de biomassa varia com a espécie, a idade das plantas e a qualidade de sítio. Coelho et al. (1970) observaram que o peso da madeira de *E. saligna*, *E. grandis*, *E. alba*, e *E. propinqua*, plantados sob os espaçamentos 3x2m e 3x1m, não foi influenciado pela variação no espaçamento, aos cinco anos de idade. Esses autores ponderam, também, que madeiras de menores dimensões, produzidas em espaçamentos mais densos, apresentam aumento na porcentagem de casca.

No entanto, Poggiani et al. (1983) observaram que, aos três anos de idade, *E. grandis* apresentou produção de biomassa de madeira mais elevada no espaçamento 2x1m quando comparado com o espaçamento 3x2m. Esses resultados conflitantes resultam da variação da idade das plantas.

Povoamentos sob espaçamentos mais reduzidos, devem ser explorados em rotações mais curtas, pois a partir do momento em que a competição entre plantas se intensifica, ocorre redução na taxa de crescimento. Assim, em povoamentos mais velhos, quando fatores de crescimento estão sendo utilizados em sua capacidade máxima, há tendência de desaparecerem as diferenças entre espaçamentos (Botelho, 1998).

Portanto o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho silvicultural de quatro espécies de *Eucalyptus* spp. em quatro espaçamentos de plantio.

Material e Métodos

Caracterização da Área Experimental

Este estudo foi conduzido na Fazenda Riacho, da Companhia Mineira de Metais (CMM-AGRO); localizada no município de Paracatu, na região noroeste do Estado de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas 17°36'09"S e 46°42'02"W, apresentando uma altitude aproximada de 550m.

O clima da região é Aw pela classificação de Köppen (tropical úmido de savana, com inverno seco e verão chuvoso). A temperatura média anual é de 24° C. Com precipitação média anual de 1.400mm, concentrados de novembro a início de março.

Instalação do Experimento

O experimento foi instalado em novembro de 1991. O preparo do solo inicial foi feito por meio de gradagem com grade bedding. A correção do solo foi feita com 400kg/ha de fosfato natural de Araxá, 200kg/ha de gesso agrícola e 80kg/ha de magnesita. A adubação foi efetuada utilizando-se 100g/planta de NPK (6:30:6) + 1% de Boro (8,7% Bórax).

Descrição do Experimento

O experimento consistiu na implantação de quatro espécies de eucalipto (APS-V, Área de Produção de Sementes – V – *Eucalyptus camaldulensis*; EuA, *Eucalyptus urophylla* de Avaré; EcP, *Eucalyptus camaldulensis* de Petford e EpK, *Eucalyptus pellita* de Kuranda) em quatro espaçamentos: 3 x 2 m; 6 x 2 m; 6 x 3 m e 6 x 4 m. Foi utilizado o esquema fatorial (4x4x3), com delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições, totalizando 48 parcelas experimentais, com área de 288m² cada.

Avaliações

Aos 9,4 anos avaliou-se a Sobrevivência (S%), Diâmetro à Altura do Peito (DAP), Altura Total da Planta (HT), e calculou volume por árvore e por hectare.

Porcentagem de sobrevivência

Os resultados de porcentagem de sobrevivência das mudas foram transformados para $\arcsen(S\%/100)^{0.5}$; para conferir normalidade aos dados.

Tabela 1. Resumo da Análise de Variância para as variáveis sobrevivência (S%), diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (HT), volume por planta (V/p) e volume por hectare (V/ha), para espécies de eucalipto aos 9,4 anos de idade.

Table 1. Summary of Variance Analysis of survival (S%), breast height diameter (DAP), total height (HT), volume per plant (V/p) and volume per hectare (V/ha), for eucalypt species at 9.4 years old.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio									
		S%		DAP		HT		V/p		V/ha	
Espaçamentos	3	0,3008	*	46,6209	*	2,6640	ns	0,014413	*	18.248,9402	*
Espécies	3	0,0118	ns	9,8272	*	47,2582	*	0,019052	*	5.640,1475	*
Espaç. x Espéc.	9	0,0222	ns	2,9860	ns	2,8068	ns	0,003103	ns	221,6075	ns
Resíduo	32	0,0192		2,8783		1,9281		0,001934		1.012,6980	
CV		13,2		10,7		7,7		25,2		32,1	

GL=graus de liberdade, * = significativo a 5% de probabilidade e CV=coeficiente de variação experimental (%).

Diâmetro à Altura do Peito (DAP)

Mediu-se a circunferência à altura do peito (CAP) de todas as plantas de cada parcela, transformando os valores para diâmetro pela seguinte fórmula $DAP=CAP.p^{-1}$; onde: DAP=diâmetro à altura do peito; CAP=circunferência à altura do peito; p=constante (0,14159...)

Altura Total das Plantas (HT)

As alturas totais das plantas foram medidas utilizando-se o hipsômetro Haga. Todas as árvores dentro da parcela experimental foram medidas.

Volume por planta (Vp)

O volume por planta dos indivíduos da área útil de cada parcela, foi obtido por meio da seguinte expressão: $V=DAP^2.H.p.f.40000^{-1}$; onde: V=volume em m³; p=constante; DAP = diâmetro à altura do peito; H = altura das árvores; i = fator de forma (0,42), calculado e adotado pela C.M.M.

Volume por hectare (V/ha)

Para a obtenção do volume por hectare, utilizou-se a média dos volumes individuais. Essa média foi multiplicada pelo número de árvores vivas contidas na parcela, extrapolado por hectare, através de “regra de três”.

Análise Estatística

Os dados obtidos para todas as variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância, aplicando-se às médias dos tratamentos, o teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Utilizou-se o software estatístico de sistema de análise de variância – SISVAR (Ferreira, 2000).

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta o resumo da análise de variância das fontes de variação: Espaçamentos, espécies e a interação entre elas; para as variáveis sobrevivência (S%), diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (HT), volume por planta (V/p) e volume por hectare (V/ha).

O resumo da análise de variância para sobrevivência, apresentado na Tabela 1, mostrou diferenças significativas, a 5% de probabilidade, apenas para a fonte de variação espaçamentos.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios de sobrevivência, para espaçamentos.

Tabela 2. Valores médios de Sobrevivência (%) para espaçamentos de eucalipto aos 9,4 anos.

Table 2. Mean value of Survival (%) for eucalypt arrangement at 9.4 years old.

Espaçamentos	Médias
3x2m	62,74 c
6x3m	64,58 c
6x2m	78,66 b
6x4m	90,28 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

O teste de médias para a fonte de variação espaçamentos mostrou que a percentagem de sobrevivência foi baixa nos espaçamentos mais adensados, sendo que o espaçamento mais amplo (6x4m) apresentou a maior média. Possivelmente, este espaçamento disponibilizou os fatores de produção essenciais para o estabelecimento e crescimento do eucalipto por um período maior de tempo, condicionando menor competição intraespecífica (Zanine & Santos, 2004). A percentagem de plantas dominadas e mortas cresce com o aumento da competição, em idade precoce e com maior intensidade nos espaçamentos mais adensados (Botelho, 1998).

O resumo da análise de variância para DAP, apresentado na Tabela 01, mostrou diferenças significativas, a 5% de probabilidade, para as fontes de variação espaçamentos e espécies.

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios de diâmetro à altura do peito (DAP), para espaçamentos e para espécies.

Tabela 3. Valores médios de DAP (cm) para espaçamentos e espécies de eucalipto aos 9,4 anos.

Table 3. Mean of DAP (cm) for row spacing and eucalypt species at 9.4 years old.

Espaçamentos	Médias	Espécies	Médias
3x2m	13,41 c	EpK	14,93 b
6x2m	15,24 b	EcP	15,59 b
6x3m	16,82 b	EuA	15,80 b
6x4m	17,94 a	APS-V	17,09 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Observa-se que o maior valor de DAP foi obtido para o espaçamento 6x4m e o menor foi para o 3x2m, sendo que os espaçamentos intermediários, 6x2m e 6x3m não se diferenciaram. Pode-se notar que o crescimento em diâmetro acompanha a área útil disponível para cada planta. Espaçamentos mais amplos tendem a apresentar plantas com maiores diâmetros (Botelho, 1998). Para as espécies observa-se que a APS-V mostrou-se melhor do que as outras, provavelmente, devido ao material ser proveniente de sementes de árvores matrizes, previamente selecionadas.

O resumo da análise de variância para altura, apresentado na Tabela 01, mostrou diferenças significativas, a 5% de probabilidade, apenas para a fonte de variação espécies.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios de altura total da planta, para espécies.

Tabela 4. Valores médios de Altura (m) para espécies de eucalipto aos 9,4 anos.

Table 4. Mean of Height (m) for eucalypt species at 9.4 years old.

Espécies	Médias
EpK	15,8 c
EuA	16,9 c
EcP	18,63 b
APS-V	20,32 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para espécies observa-se o melhor desempenho da APS-V, seguida pela espécie EcP, sendo que as espécies EuA e EpK não se diferenciaram e, apresentaram as piores médias para esta variável. Estes resultados mostram que a altura é mais afetada pela qualidade do material genético do que pelo espaçamento de plantio. O destaque da APS-V deve-se ao fato de ter origem numa área com material selecionado.

O resumo da análise de variância para volume por planta, apresentado na Tabela 1, mostrou diferenças significativas, a 5% de probabilidade, para as fontes de variação espaçamentos e espécies.

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios de volume por planta, para as fontes de variação espaçamentos e espécies.

Tabela 5. Valores médios de Volume por planta (m³/planta) para espaçamentos e espécies de eucalipto aos 9,4 anos.

Table 5. Mean of Volume per plant (m³/planta) for row spacing and eucalypt species at 9.4 years old.

Espaçamentos	Médias	Espécies	Médias
3x2m	0,131292 b	EpK	0,132382 b
6x2m	0,166342 b	EuA	0,164191 b
6x3m	0,187001 a	EcP	0,173284 b
6x4m	0,213402 a	APS-V	0,228178 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Observa-se que há um maior volume individual das plantas nos espaçamentos mais amplos. Como o volume está diretamente ligado ao diâmetro das plantas e à sua altura (Botelho, 1998), e como não houve diferença para a variável altura, espera-se que os resultados de volume individual apresentem a mesma tendência de variação observada para os resultados do DAP. Para espécies, observa-se que a APS-V se mostrou novamente um material superior aos demais, apresentando um bom potencial de crescimento.

O resumo da análise de variância para volume por hectare, apresentado na Tabela 01, mostrou diferenças significativas, a 5% de probabilidade, para as fontes de variação espaçamentos e espécies.

Na Tabela 6 são apresentados os valores médios de volume por hectare, para as fontes de variação espaçamentos e espécies.

Tabela 6. Valores médios de Volume por hectare (m³/ha) para espaçamentos e espécies de eucalipto aos 9,4 anos.

Table 6. Mean of Volume per hectare (m³/ha) at different spacings and eucalypt species at 9.4 years old.

Espaçamentos	Médias	Espécies	Médias
6x4m	65,471667 c	EpK	68,433333 b
6x3m	77,840833 c	EuA	100,259167a
6x2m	99,151667 b	APS-V	109,238333a
3x2m	153,684167 a	EcP	118,2175a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Houve um decréscimo do volume por hectare com o aumento do espaçamento, acompanhando a tendência de área basal, em que o somatório de muitas árvores com um menor volume individual fornece um maior valor de área basal (Scolforo, 1998). O menor valor médio de volume por hectare correspondeu à procedência EpK, as demais espécies não apresentaram diferença significativa entre si.

Conclusões

- O aumento do espaçamento de plantio diminuiu a competição intraespecífica e disponibilizou, por mais tempo, fatores de produção favoráveis ao crescimento das espécies de eucalipto utilizadas, como constatado pela variável sobrevivência.
- De um modo geral, com o aumento do espaçamento de plantio, obteve-se maiores médias de DAP e volume por planta e, comportamento inverso para volume por hectare.
- A altura das árvores não foi afetada pelo espaçamento, sofreu influência apenas das espécies de eucalipto.
- Para a produção de madeira serrada, sem adoção da prática de desbaste, recomenda-se o espaçamento 6x4m e a espécie de eucalipto APS-V.
- Para a produção de fitomassa recomenda-se o espaçamento 3x2m e as espécies de eucalipto APS-V, EcP e EuA.

Referências Bibliográficas

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

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

FERREIRA, D.F. **Manual do sistema SISVAR para análises estatísticas.** Lavras: UFLA/DEX, 2000. 66p.

- FISHWICK, R. W. Estudos de espaçamentos e desbastes em plantações brasileiras. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 7, n. 26, p. 13-23, 1976.
- PATIÑO VALERA, F. **Variación genética em progenies de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com espaçamento**. Piracicaba, ESALQ, 1986. 192p.
- PEREIRA, A.R.; MORAIS, E.J.; NASCIMENTO FILHO, M.B. Implantação de florestas de ciclos curtos sob novos modelos de espaçamentos. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 429-32, 1983.
- POGGIANI, F.; COUTO, H.T.Z.; SUITER, R.W. Biomass and nutrient estimates in short rotation intensively cultured plantation of *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, Piracicaba, v. 23, p. 37-42, 1983.
- RADOSEVICH, S. R. & OSTERYOUNG, K. **Principles governing plant-environment interactions**. In: WALSTAD, J.B & KUCH, P.J. (Ed.) Forest vegetation management for conifer production. New York, John Wiley & Sons, 1987. p. 105-156.
- SILVEIRA, V. **Comportamento de clones de *Eucalyptus* em diversos ambientes definidos pela Qualidade de sítios e espaçamento**. Lavras: UFLA, 1999. 124p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Univ. de Federal de Lavras, 1999.
- SCOLFORO, J.R.S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 441p.
- ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana: PUC-RS, v. 11, n. 1. p. 103-122, 2004.