



Efeito do arranjo espacial e do genótipo sobre a idade técnica de corte de eucalipto

Filipe Valadão do Prado Cacau¹, Edilson Urbano², Isabeli Moraes de Oliveira³, Karina dos Santos Falcão⁴

Resumo. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do arranjo espacial e do genótipo sobre a produção e idade técnica de corte de clones de eucalipto no município de Aquidauana - MS. Os clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (I-144) e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* (1277) foram estabelecidos nos arranjos espaciais de 3,00 x 3,00 m e 3,00 x 1,80 + 9,00 m. O diâmetro (dap) e a altura total (Ht) foram mensuradas entre 6 e 84 meses, em 12 parcelas permanentes. As variáveis do povoamento foram estimadas pelo modelo de Gompertz. Aos 7 anos de idade, o volume individual (Vi) foi maior para o clone I-144 no arranjo espacial 3,00 x 3,00 m. A redução da distância entre árvores na linha de plantio (3,00 x 1,80 + 9,00 m), resultou em Vi menores em relação ao arranjo 3,00 x 3,00 m, ambos com 9 m² árvore⁻¹. O clone I-144 no arranjo 3,0 x 1,8 + 9,0 m, apresentou o maior incremento médio anual na idade técnica de corte. A idade técnica de corte (ITC) variou entre 41 e 45 meses, sendo observada uma tendência de maior idade de corte para o arranjo 3,0 x 1,8 + 9,0 m, independente do genótipo.

Palavras-chave: Espaçamento. Clones de Eucalipto. Produtividade Florestal.

DOI:10.21472/bjbs.v10n22-003

Submitted on:
01/02/2023

Accepted on:
02/06/2023

Published on:
02/24/2023



Open Access
Full Text Article



Effect of spatial arrangement and genotype on the tree harvesting age of eucalyptus

Abstract. This study aimed to evaluate the effect of spatial arrangement and genotype on the production and tree harvesting age of eucalyptus clones in the municipality of Aquidauana - MS. The hybrid clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (I-144) and *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* (1277) were established in the spatial arrangements of 3.00 x 3.00 m and 3.00 x 1.80 + 9.00 m. The diameter (dbh) and total height (Ht) were measured between 6 and 84 months, in 12 permanent plots. The stand variables were estimated by Gompertz model. At 7 years of age, the individual volume (Vi) was greater for clone I-144 in the 3.00 x 3.00 m spatial arrangement. Reducing the distance between trees in the planting line (3.00 x 1.80 + 9.00 m) resulted in a smaller compared to the 3.00 x 3.00 m arrangement, both with 9 m² tree⁻¹. The clone I-144 in the 3.0 x 1.8 + 9.0 m arrangement showed the highest average annual increase on tree harvesting age (THA). The tree harvesting age varied between 41 and 45 months, with a trend towards a higher harvesting

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: filipecacau@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0580-8688>

² Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: edurbano2@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9351-5406>

³ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.
E-mail: isabelimoraes04@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-8466-8062>

⁴ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.
E-mail: falcao_karina@hotmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6973-1723>

age being observed for the 3.0 x 1.8 + 9.0 m arrangement, regardless of the genotype.

Keywords: Spacing. Eucalypt Clones. Forest Productivity.

Efecto de la disposición espacial y el genotipo en la edad técnica del corte de eucalipto

Resumen. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la disposición espacial y el genotipo en la producción y edad técnica de corte de clones de eucalipto en el municipio de Aquidauana - MS. Los clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (I-144) y *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* (1277) se establecieron en los arreglos espaciales de 3.00 x 3.00 m y 3.00 x 1.80 + 9.00 m. El diámetro (dap) y la altura total (Ht) se midieron entre los 6 y 84 meses, en 12 parcelas permanentes. Las variables poblacionales se estimaron mediante el modelo de Gompertz. A los 7 años de edad, el volumen individual (Vi) fue mayor para el clon I-144 en el arreglo espacial de 3.00 x 3.00 m. La reducción de la distancia entre árboles en la línea de plantación (3.00 x 1.80 + 9.00 m) resultó en Vis más pequeñas en comparación con la disposición de 3.00 x 3.00 m, ambas con 9 m² árbol⁻¹. El clon I-144 en el arreglo de 3,0 x 1,8 + 9,0 m mostró el mayor incremento anual promedio en la edad técnica de corte. La edad técnica de corte (ETC) varió entre 41 y 45 meses, observándose una tendencia hacia una mayor edad de corte para el arreglo 3.0 x 1.8 + 9.0 m, independientemente del genotipo.

Palabras clave: Espaciado. Clones de Eucalipto. Productividad Forestal.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui 9,94 milhões de hectares de florestas plantadas. As espécies do gênero *Eucalyptus* são as de maior expressão, atingindo 7,60 milhões de hectares, seguidas pelo pinus com 1,90 milhões de hectares, e demais espécies com área de 440 mil hectares. A escolha do eucalipto como espécie a ser plantada está relacionada a sua alta produtividade, manejo em curtas rotações, adaptação ecológica das espécies e híbridos a diversos ambientes e a qualidade da madeira, principalmente, quando manejada em regimes de desbaste e desrama artificial (IBÁ, 2023).

Dentre os genótipos mais utilizados no Brasil destacam-se os híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* pelo rápido crescimento, e elevada performance na produção de papel e celulose, sendo normalmente utilizados em rotações de 6 e 7 anos (Carvalho, 2000; Bassa *et al.*, 2007). Além deste, os híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* são importantes, pois, possuem copa rala e reduzido índice de área foliar. Esta característica potencializa o seu uso em sistemas agroflorestais, uma vez que sua arquitetura de copa favorece a passagem de luz para o sub-bosque, beneficiando a pastagem (Embrapa, 2013).

Na década de 70, logo após o período dos incentivos fiscais, os plantios de eucalipto apresentavam produtividade média de 15 m³ ha⁻¹ano⁻¹ (Gonçalves *et al.*, 2013). Atualmente a produtividade média nacional é de 32,7 m³ ha⁻¹ano⁻¹ (IBÁ, 2023). Tal nível de produtividade foi alcançado por meio da clonagem e hibridação, seleção de genótipos para sítios e usos específicos (Santos

et al., 2006; Beltrame *et al.*, 2012; Xavier *et al.*, 2013), bem como pelo avanço tecnológico das técnicas silviculturais, como o preparo de solo, escolha do espaçamento e arranjo espacial, fertilização mineral e melhoramento genético (Gonçalves *et al.*, 2013).

Os espaçamentos mais utilizados no Brasil apresentam área útil variando entre 4 e 12 m² por planta, tendo como principal finalidade o abastecimento da indústria siderúrgica e de celulose. Segundo Stape (1995), para um mesmo espaçamento inicial é possível estabelecer diferentes arranjos de plantio, ou seja, uma planta pode ocupar uma mesma área útil que outra, entretanto com diferentes distâncias entrelinhas e entre plantas (retangularidade). O arranjo inicial do plantio pode interferir no crescimento das plantas, no custo das atividades de preparo de solo e de colheita florestal, na uniformidade da floresta, controle das plantas daninhas e idade técnica de corte (Melido, 2012). Geralmente, espaçamentos mais amplos resultam em plantas com maiores diâmetros. Enquanto, nos espaçamentos menores, dentro de certos limites, haverá maior área basal e maior produção (Kruchewsky *et al.*, 2007; Paula *et al.*, 2013; Pacheco *et al.*, 2015).

A idade técnica de corte (ITC) ou termo rotação florestal significa o tempo compreendido entre a implantação de um povoamento até o período de exploração, e serve para definir em qual idade um determinado povoamento será colhido (Clutter *et al.*, 1983). Quando o incremento médio anual (IMA) é máximo e se iguala ao incremento corrente anual (ICA), tem-se a idade técnica de corte (Silva; Ribeiro, 2006).

O espaçamento e o arranjo espacial também afetam o ritmo de crescimento das árvores. Em povoamentos mais adensados ou com maior retangularidade, a máxima taxa de crescimento ocorre em idades mais jovens, quando comparado a povoamentos estabelecidos em espaçamentos mais amplos ou de menor retangularidade (Clutter *et al.*, 1983; Melido, 2012). Desta forma é importante considerar que para sítios de elevada produtividade, onde estagnação do crescimento ocorre mais cedo, a opção por espaçamentos mais reduzidos deverá resultar em menor idade técnica de corte (ITC), e madeira de menor dimensão (Oliveira, 2014).

Este estudo tem como objetivo avaliar a produção, os incrementos, e a idade técnica de corte dos clones dos híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* e de *E. grandis* x *E. camaldulensis*, em diferentes arranjos espaciais para o município de Aquidauana - MS.

METODOLOGIA

Descrição da Área de Estudo

O estudo foi realizado no município de Aquidauana - MS na área da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). De acordo com a classificação de Koppén, o clima da região é classificado como “Aw”, apresentando estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no

inverno, de maio a outubro. A temperatura média anual é de 23,3°C e a precipitação pluviométrica de 1.323 mm. A topografia é de suave ondulada a plana, com solo eutrófico, e pH de 6,2 até 40 cm de profundidade (Zaroni *et al.*, 2011).

Instalação do Experimento

Os clones de *E. grandis* x *E. urophylla* (I-144) e de *E. grandis* x *E. camaldulensis* (1277) foram plantados em agosto de 2013, no espaçamento de 9 m² árvore⁻¹, em dois arranjos espaciais: 3,0 x 3,0 m e 3,0 x 3,0 m e 3,0 x 1,8 (linhas triplas) + 9 m, ambos com 1111 árvores ha⁻¹.

O delineamento foi o inteiramente casualizado (DIC), no esquema fatorial 2 x 2, totalizando 4 tratamentos (2 genótipos e 2 arranjos espaciais), sendo eles Tratamento 1 = Clone I-144 (3,00 x 1,80 + 9,00 m), tratamento 2 = Clone 1277 (3,00 x 1,80 + 9,00 m), tratamento 3 = Clone I-144 (3,00 x 4 3,00 m) e tratamento 4 = Clone 1277 (3,00 x 3,00 m). Foram instaladas aleatoriamente 12 parcelas permanentes, perfazendo três repetições por tratamento, e 30 plantas úteis por parcela (três fileira de 10 plantas) para os tratamentos 1 e 3, e 20 plantas úteis por parcela (duas fileiras de 10 plantas) para os tratamentos 2 e 4. Em cada parcela foram medidas a circunferência a 1,3 m de altura de todas as árvores, dos 6 aos 50 meses, a cada dois meses, e uma medição final aos 84 meses (7 anos após o plantio).

A limpeza da área foi realizada com lâmina KG e motosserra. O material lenhoso foi retirado manualmente com auxílio de uma carreta acoplada a um trator. Foi realizada uma primeira gradagem com o objetivo de controlar as plantas daninhas, sendo aplicado em seguida uma dose de 11,76 L/ha de calcário líquido. Antes do preparo do solo foi realizada aplicação de herbicida pós-emergente em área total (glifosato com dose de 3L/ha).

O preparo do solo consistiu-se em uma gradagem niveladora seguida de subsolagem com profundidade de 30-40 cm na linha de plantio. Antes do plantio as mudas foram tratadas com monoamônio fosfato (MAP), considerando uma concentração de 1,5% e, inseticida sistêmico a base de imidacloprido com 0,5% de concentração. O plantio foi manual sendo realizado com o auxílio de plantadeiras (matraca de plantio) durante o mês de agosto de 2013.

A adubação de base foi realizada logo após o plantio com NPK (06-30-06) e dose de 80 g/planta, aplicada em covetas laterais a 20 cm de distância da muda. Foram realizadas quatro irrigações com, em média, quatro litros de água por muda. O primeiro controle das plantas daninhas foi realizado 80 dias após o plantio, com uma capina manual nas linhas de plantio e roçada mecanizada nas entrelinhas.

A primeira e segunda adubação de cobertura foram realizadas aos quatro e nove meses após o plantio com NPK (20-00-20) e dose de 80 g/planta, aplicada na projeção da copa. Aos 16 e 24 meses foi realizada adubação com NPK (00-00-60), utilizando mesma dose e forma de aplicação utilizada na primeira e segunda adubação de cobertura.

O controle de plantas daninhas foi realizado nas entrelinhas e linhas de plantio até o segundo ano de plantio, por meio de roçada mecanizada com roçadeira de arrasto e roçadeira costal, e capinas químicas nas linhas e entrelinhas.

Volume Individual

Os volumes individuais (V_i) foram obtidos pelo método de Smalian, a partir da cubagem rigorosa de 128 árvores, 32 árvores para cada tratamento. O modelo volumétrico utilizados foi o de Schumacher e Hall (1933) (1),

$$V_i = \beta_0 * DAP^{\beta_1} * Ht^{\beta_2} * \varepsilon_i; \quad (1)$$

em que:

V_i = volume, m³;

DAP = diâmetro a 1,3 m de altura, cm;

Ht = altura total da árvore, m;

β_0, β_1 e β_2 = parâmetros;

e ε_i = erro aleatório, $\varepsilon \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Crescimento e Produção

O crescimento das plantas em volume individual (V_i), foi estimado por meio de análise de regressão não linear, utilizando o modelo de Gompertz (2):

$$Y_i = \alpha e^{-e^{\beta-\gamma} I_i} + \varepsilon_i; \quad (2)$$

em que:

Y_i = variável dependente,

I_i = idade do povoamento, em meses,

α = valor assintótico,

β = parâmetro de locação, sem interpretação biológica,

γ = taxa de expansão do crescimento e

ε_i = erro aleatório, $\varepsilon \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Após o ajuste do modelo (2), para cada tratamento, as equações foram comparadas pelo teste de identidade de modelos (Regazzi e Silva, 2004, 2010).

O volume por hectare (V_{ha}) e idade técnica de corte (ITC) e os incrementos médio (IMA) e corrente (ICA) anuais foram calculados para a variável volume em todas as parcelas de cada tratamento.

Para cálculo de ICA e IMA foram usadas as seguintes fórmulas:

$$IMA = V / t \quad (3)$$

em que:

IMA = Incremento Médio Anual ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$);

V = Volume (ha) produzido em função da idade t (anos);

t = Idade da plantação (anos).

$$ICA = V - V' \quad (4)$$

em que:

ICA = Incremento Corrente Anual ICA ($m^3 ha^{-1}$);

V = Volume (ha) medido no ano atual;

V' = Volume (ha) medido no ano anterior.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tendências de crescimento para volume por planta, quando submetidas ao teste de identidade de modelos, diferiram ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, ou seja, essa característica foi afetada pelo clone e pelo arranjo espacial. (Tabela 1, Figuras 1). Por outro lado, as tendências de crescimento em volume por hectare foram iguais para os tratamentos 1 e 4 (Tabela 1, Figura 1).

Tabela 1 – Estimativa dos parâmetros do modelo de Gompertz ajustados para volume individual e produção, de clones de eucalipto, em diferentes arranjos espaciais, em Aquidauana, MS

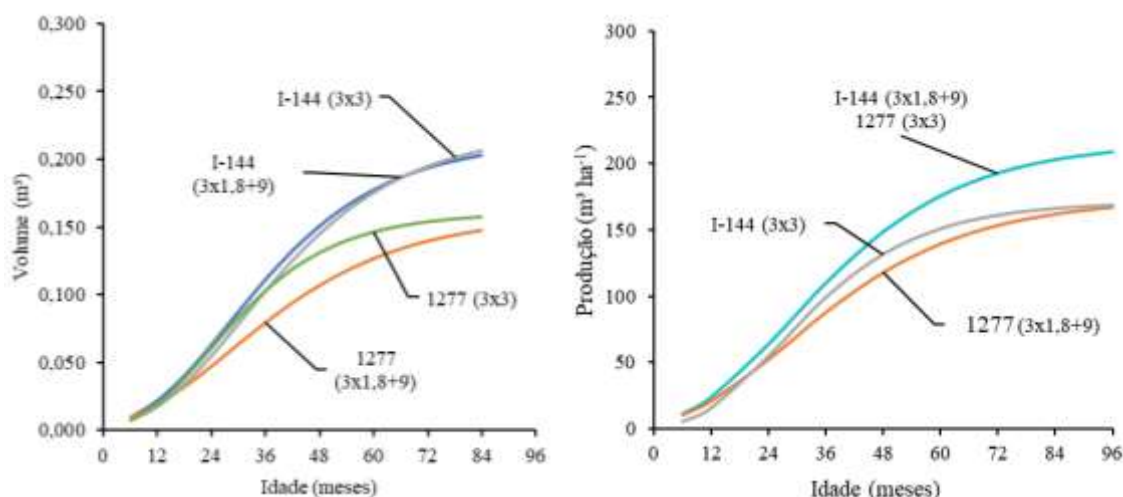
Tratamento	Parâmetros				
	$\alpha^{(1)}$	$\beta^{(1)}$	$\gamma^{(1)}$	$R^2y^{(2)}$	$S_{yx}^{(3)}$
Volume (m^3)					
1	0,2142	0,6972	0,0676	0,93	1,38
2	0,1588	0,3248	0,0557	0,89	1,27
3	0,2214	0,6579	0,0670	0,93	1,57
4	0,1606	0,3140	0,0683	0,94	0,88
Produção ($m^3 ha^{-1}$)					
1	223,5852	1,3865	0,0482	0,96	14,45
2	174,3705	1,3079	0,0470	0,98	8,95
3	170,8382	1,5970	0,0613	0,96	13,63

4	207,0197	1,3569	0,0504	0,98	11,76
1 e 4	216,5522	1,3712	0,0490	0,97	13,44

⁽¹⁾ α , β e γ = Parâmetros do modelo de Gompertz na forma $y = \alpha e^{-e^{-\beta-\gamma I_i}} + \varepsilon_i$; ⁽²⁾ R_{jy} = Coeficiente de correlação ⁽³⁾ S_{yx} = Erro padrão residual. 1 = Clone I-144 (3,00 x 1,80 + 9,00 m); 2 = Clone 1277 (3,00 x 1,80 + 9,00 m); 3 = Clone I-144 (3,00 x 3,00 m); 4 = Clone 1277 (3,00 x 3,00 m).

Fonte: Elaborada pelos autores

Figura 1. Estimativa do crescimento em volume por planta (m^3) e produção ($m^3 ha^{-1}$) para clones de eucalipto, em diferentes arranjos espaciais, em Aquidauana, MS. Curvas representando mais de um clone e arranjo espacial indicam que não houve diferenças ($p>0,05$) entre os tratamentos pelo teste de identidade de modelos.



Fonte: Elaborada pelos autores

Os valores assintóticos (parâmetro α) (Tabela 1) do modelo de Gompertz ocorrem em idade tendendo ao infinito, o que dificulta a comparação direta entre tratamentos. Desta forma, foi fixada a idade de 7 anos, que é usual em rotação regulatória, para a comparação entre os clones e arranjos espaciais, em relação as variáveis volume por planta (m^3) e produção ($m^3 ha^{-1}$).

O maior volume por planta ($0,2063 m^3$) foi observado para o clone I-144, no arranjo 3,00 x 3,00 m, e o menor ($0,1474 m^3$) foi para o clone 1277, no arranjo 3,00 x 1,80 + 9,00 m. O clone I-144 apresentou crescimento 25% superior ao clone 1277 para a variável volume. O arranjo 3,00 x 3,00 m, também foi superior (4%) ao arranjo 3,00 x 1,80 + 9,00 m para o crescimento em volume (Figura 1). Paula *et al.* (2013) observaram aumento do volume por planta de 155% quando a área útil variou de 9,0 m^2 para 27,0 m^2 , para *Eucalyptus camaldulensis*.

Os menores valores de volume por planta para o arranjo 3,00 x 1,80 + 9,00 m pode estar relacionado ao fato de que a linha central dispõe de menor área útil por planta (5,40 m^2), em relação as linhas laterais (10,80 m^2). Ferreira *et. al* (2017) também observaram menor volume por planta para esses mesmos genótipos em arranjo com linhas triplas.

Há concordância de que espaçamentos mais amplos produzem plantas de maiores diâmetros, maiores volumes por planta e menor volume total por hectare. Contudo, ainda não há uma definição sobre o espaçamento inicial para diferentes espécies (LEITE *et al.*, 2006). Apesar de haver uma

tendência clara de redução do volume das plantas com o aumento do espaçamento, poderá haver respostas distintas em função do genótipo utilizado (Magalhães *et al.*, 2007).

O volume por hectare (produção) é resultado do efeito do espaçamento sobre a sobrevivência e sobre o crescimento em diâmetro e altura (Leite *et al.*, 2006). No presente estudo foi observado efeito significativo ($p \leq 0,05$) da sobrevivência sobre o volume por hectare. Pode-se observar que a produção não seguiu as mesmas tendências de crescimento do volume individual, o que pode ser explicado pela diferença de sobrevivência entre os genótipos. A sobrevivência do clone I-144 foi em média de 82,06%, por outro lado, a sobrevivência do clone 1277 foi em média de 99,52% (Tabela 2). Magalhães *et al.* (2007) observaram sobrevivência superior a 90,0% para clones de eucalipto, enquanto para espécies/procedências a sobrevivência foi menor ($p \leq 0,05$) (70,93 - 76,03%). Essa sobrevivência reduzida afetou negativamente a produção por hectare desses genótipos.

Tabela 2 – Sobrevivência média de clones híbridos de eucalipto plantados em diferentes arranjos espaciais em Aquidauana - MS.

Tratamento	Clone	Arranjo espacial (m x m)	Sobrevivência %
1	I-144	3,0 x 1,8 + 9,0	87,78
2	1277	3,0 x 1,8 + 9,0	99,05
3	I-144	3,0 x 3,0	76,25
4	1277	3,0 x 3,0	100,00

Fonte: Elaborada pelos autores

Os menores valores de sobrevivência observados para o clone I-144 estão relacionados a falhas provenientes de quebra de árvores pelo vento. A maior proporção de árvores quebradas para o clone I-144 em relação ao 1277 pode ser explicada por sua copa mais densa e galhos mais grossos.

O clone I-144 no arranjo 3,0 x 1,8 + 9,0 m, juntamente com o clone 1277 no arranjo 3,0 x 3,0 m, foram os que apresentaram maior produção ($203,03 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) aos 7 anos (Tabela 1 e 3, Figura 1). Para o clone I-144 esta superioridade está relacionada ao maior volume individual das plantas (Figura 1), enquanto para o clone 1277 pode ser explicado pela elevada sobrevivência (Tabela 2). De forma geral, o clone I-144 apresentou maior volume individual e menor sobrevivência, e o clone 1277 apresentou menor volume individual e maior sobrevivência.

Não foi possível estabelecer a comparação direta em relação a produtividade média entre 5 e 7 anos para o clone I-144, em diferentes arranjos espaciais, dada a discrepância dos dados de sobrevivência. Por outro lado, o clone 1277 apresentou produção média entre 5 e 7 anos 17,7% superior em arranjo espacial com menor retangularidade (3,0 x 3,0 m) (Tabela 1 e 3, Figura 1). Paula *et al.* (2013) não observaram diferença significativa no volume por hectare quando o número de plantas por hectare variou entre 1.111 e 833, o que representa 9 m^2 e 12 m^2 por planta, respectivamente. Esse resultado indica que é possível, dentro de certos limites, a obtenção de árvores com maior volume individual sem

comprometimento da produção. Esse resultado ressalta a importância de mais estudos para definição do espaçamento inicial de plantio de acordo com o genótipo.

Tabela 3 – Produção ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA) para clones de eucalipto, em diferentes arranjos espaciais, em Aquidauana, MS.

Idade anos	Tratamento				
	1	2	3	4	1 e 4
Produção ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)					
1	23,75	21,24	16,03	24,79	24,25
2	63,63	52,61	54,98	64,91	64,15
3	110,54	88,16	99,24	109,84	110,14
4	150,66	118,27	131,69	146,42	148,73
5	179,20	139,80	150,81	171,32	175,75
6	197,51	153,76	160,93	186,68	192,83
7	208,57	162,32	166,02	195,64	203,03
8	215,04	167,41	168,51	200,72	208,93
IMA ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)					
1	23,75	21,24	16,03	24,79	24,25
2	31,81	26,31	27,49	32,45	32,07
3	36,85	29,39	33,08	36,61	36,71
4	37,66	29,57	32,92	36,60	37,18
5	35,84	27,96	30,16	34,26	35,15
6	32,92	25,63	26,82	31,11	32,14
7	29,80	23,19	23,72	27,95	29,00
8	26,88	20,93	21,06	25,09	26,12
ICA ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)					
1	39,88	31,37	38,95	40,12	39,90
2	46,92	35,55	44,25	44,93	45,99
3	40,11	30,11	32,45	36,58	38,59
4	28,55	21,53	19,12	24,90	27,02
5	18,30	13,96	10,12	15,36	17,08
6	11,06	8,56	5,09	8,97	10,20
7	6,47	5,08	2,49	5,08	5,90
8	3,71	2,96	1,21	2,83	3,35

1 = Clone I-144 (3,00 x 1,80 + 9,00 m); 2 = Clone 1277 (3,00 x 1,80 + 9,00 m); 3 = Clone I-144 (3,00 x 3,00 m); 4 = Clone 1277 (3,00 x 3,00 m).

Fonte: Elaborada pelos autores

Na idade técnica de corte (ITC) pode-se observar o incremento médio máximo, que variou de 29,78 a 37,78 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (Tabela 4). A idade técnica de corte (ITC) apresentou variação de 4 meses entre arranjos espaciais e genótipos, sendo observada uma tendência de maior idade de corte para o arranjo 3,0 x 1,8 + 9,0 m.

A ITC é definida pelo ponto em que a curva de incremento médio anual (IMA) intercepta a curva de incremento corrente anual (ICA), indicando qual a idade ideal para realizar a colheita florestal, de acordo com a produtividade. A ITC pode ser afetada pela qualidade do sítio, genótipo, espaçamento e arranjo espacial (Demolinari *et al.*, 2007; Melido 2012). Quando comparadas as ITC's para os arranjos espaciais de 3,0 x 3,0 m e 6,0 x 1,5 m, foi observada a redução de 1,0 ano na ITC para os clones 58 e 224, e de 1,5 ano para o clone 100 (Melido 2012).

Tabela 4 – Idade técnica de corte e incremento médio anual para clones de eucalipto, em diferentes arranjos espaciais, em Aquidauana, MS

Tratamento	Clone	Arranjo espacial (m x m)	ITC (meses)	IMA _{ITC} (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)
1	I-144	3,0 x 1,8 + 9,0	45	37,78
2	1277	3,0 x 1,8 + 9,0	43	29,78
3	I-144	3,0 x 3,0	41	33,52
4	1277	3,0 x 3,0	42	37,02
1 e 4	I-144/1277	3,0 x 1,8 + 9,0/3,0 x 3,0	43	37,40

ITC - Idade técnica de corte; IMA_{ITC} - Incremento médio anual na idade técnica de corte.

Fonte: Elaborada pelos autores

CONCLUSÃO

A análise do crescimento do volume individual das plantas permitiu concluir que o clone I-144 apresentou potencial para produção de madeira de maiores dimensões, independente do arranjo espacial. Entretanto, considerando que a sobrevivência para este clone foi menor que a usual em plantios comerciais, este deve ser indicado com ressalvas.

De forma geral, o clone 1277 apresentou menor crescimento, sendo necessário 100% de sobrevivência para que a sua produção seja igual à do clone I-144.

A menor distância entre plantas na linha de plantio (maior retangularidade) resultou em menor crescimento em volume individual independente do clone.

O aumento da retangularidade do arranjo espacial afetou negativamente a produtividade média entre 5 e 7 anos de idade. Estes resultados indicam que os arranjos espaciais com maior retangularidade devem ser evitados.

A ITC apresentou variação de apenas 4 meses entre os arranjos espaciais e genótipos avaliados, com tendência de menores valores para o arranjo espacial de 3,0 x 3,0 m.

REFERÊNCIAS

- BASSA, A. G. M. C.; JUNIOR, F. G. S.; SACON, V. M. Misturas de madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Pinus taeda* para produção de celulose kraft através do Processo Lo-Solids®. **Scientia Forestalis**, v. 75, n. 1, p. 19-29, 2007.
- BELTRAME, R.; BISOGNIN, D. A.; MATTOS, B. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A.; SANTOS, G. A. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.6, p.791-796, 2012.
- CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- CLUTTER, J. L. *et al.* **Timber Management: A quantitative approach**. New York: Wiley, 1983. 333 p.

DEMOLINARI, R. A.; SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; SOUZA, A. L. Crescimento de plantios clonais de eucalipto não desbastados na região de Monte Dourado (PA). **Revista Árvore**, v.31 p.503-512, 2007.

EMBRAPA. FLORESTA. Escolha de cultivares de eucaliptos em função do ambiente e do solo. **Comunicado Técnico**, 2013.

FERREIRA, A. D.; SERRA, A. P.; LAURA, V. A.; ORTIZ, A. C. B.; ARAUJO, A. R.; PEDRINHO, D. R.; CARVALHO, A. M. 2017. Influência de arranjos espaciais sobre as características silviculturais de três clones de eucalipto em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. Embrapa Gado de Corte- Documentos (INFOTECA-E).

GONÇALVES, J. L. D.; ALVARES, C. A.; HIGA, A. R.; SILVA, L. D.; ALFENAS, A. C.; STAHL, J.; FERRAZ, S. F. D.; LIMA, W. D. P.; BRANCALION, P. H. S.; HUBNER, A.; BOUILLET, J. P. D.; LACLAU, J. P.; NOUVELLON, Y.; EPRON, D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 6–27, 2013.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – Ibá. **Relatório 2017**. Brasília, 2017.

KRUSCHEWSKY, G. C.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; OLIVEIRA, T. K. de. Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *Eucalyptus* spp., em sistema agrossilvipastoril no cerrado. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 360-367, 2007.

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

MAGALHÃES, W. M.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E. M.; JUNIOR, M. Y. Desempenho silvicultural de clones e espécies/procedências de *Eucalyptus* na região noroeste de Minas Gerais. **Revista Cerne**, v.13, n.4, p.368- 375, 2007.

MELIDO, R. C. N. **Avaliação técnica e econômica de dois projetos florestais com eucalipto para fins energéticos**. 2012. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

OLIVEIRA C. H. R. **Produção de eucalipto em alto fuste e talhadia e de braquiária em sistemas silvipastoris com diferentes arranjos espaciais**. 2014. 106 f. Tese

PACHECO J. M.; FIGUEIREDO FILHO A. F.; DIAS N. A.; MACHADO A. S.; LIMA R. Efeito da densidade inicial no crescimento de *Pinus taeda* L. na região Centro Sul do Paraná. **Scientia Forestalis**, Piracicaba-SP, v.43, n.106, p.353-365, 2015.

PAULA, R. R.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; OLIVEIRA NETO, S. N.; LEITE, H. G.; MELIDO, R. C. N.; LOPES, H. N. S.; SOUSA, F. C. Eucalypt growth in monoculture and silvopastoral systems with varied tree initial densities and spatial arrangements. **Agroforestry Systems**, v.87, n.6, p.1285-1307, 2013.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. I. dados no delineamento inteiramente casualizado. **Revista de Matemática e Estatística**, v.22, n.3, p.33-45, 2004.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Testes para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear em dados de experimento com delineamento em blocos casualizados. **Revista Ceres**, v.57, n.3, p.315-320, 2010.

SANTOS, G. A.; XAVIER, A.; LEITE, H. G. Desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus grandis* em relação às árvores matrizes. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.737-747, 2006.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: 2 Ed. UFV, 272 p., 2013.

SILVA, M. L.; RIBEIRO, C. A. A. S. Estabecelimento de rotação econômica para uma florestal regulada. **Revista Árvore**, v. 30, n. 1, p. 65-73, 2006.

ZARONI, M. J.; AMARAL, F. C. S.; SILVA, E. F.; COELHO, M. R.; JÚNIOR, W. C.; BEHRING, S. B.; CHAGAS, C. S.; PEREIRA, N. R.; GONÇALVES, A. O.; DART, R. O.; AGILIO, M.; L.; D.; LOPES, C. H. L.; TAKAGI, J. S.; EARP, C. G. S. **Zoneamento Agroecológico do município de Aquidauana – MS**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. EMBRAPA. Rio de Janeiro-RJ, 2011. 63 p. (Documento 185).