

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
382**

**Curvas de Crescimento e Produção em Dois
Arranjos de Eucalipto Desbastados em Sistema
de Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)**

*Sebastião Pires de Moraes Neto
Karina Pulrolnik
Lourival Vilela
Kleberon Worsley de Souza*

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente
no link: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/?initQuery=t>
(Digite o título e clique em "Pesquisar")

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
embrapa.br/cerrados
embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade

Presidente
Lineu Neiva Rodrigues

Secretária-executiva
Alexsandra Duarte de Oliveira

Secretária
Alessandra Silva Gelape Faleiro

Membros
Alessandra Silva Gelape Faleiro; Alexandre Specht; Edson Eyji Sano; Fábio Gelape Faleiro; Gustavo José Braga; Jussara Flores de Oliveira Arbues; Kleberson Worsley Souza; Maria Madalena Rinaldi; Shirley da Luz Soares Araujo

Supervisão editorial
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Revisão de texto
*Jussara Flores de Oliveira Arbues
Margit Bergener Leite Guimarães*

Normalização bibliográfica
Shirley da Luz Soares Araújo

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Renato Berlim Fonseca

Foto da capa
Fabiano Bastos

1ª edição

1ª impressão (2021): tiragem 30 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

C981 Curvas de crescimento e produção em dois arranjos de eucalipto desbastados em sistema de Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) / Sebastião Pires de Moraes Neto ... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2021.

19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X, ISSN on-line 2176-509X, 382).

1. Sistema agrossilvipastoril. 2. Arranjo espacial. 3. Predição de produção. I. Moraes Neto, Sebastião Pires de. II. Embrapa Cerrados. III. Série.

CDD (21 ed.) 634.9

Shirley da Luz Soares Araújo (CRB-1/1948)

© Embrapa, 2021

Sumário

Resumo5

Abstract6

Introdução.....7

Material e Métodos8

Resultados e Discussão12

Conclusões.....18

Referências18

Curvas de Crescimento e Produção em Dois Arranjos de Eucalipto Desbastados em Sistema de Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)

Sebastião Pires de Moraes Neto¹; Karina Pulrolnik²; Lourival Vilela³; Kleber Worsley de Souza⁴

Resumo – Curvas de crescimento e de produção são fundamentais para o planejamento florestal. A partir delas são retiradas informações da qualidade do local e se obtém predições ou projeções da produção. O presente trabalho teve por objetivo comparar o crescimento e a produção, em nível de povoamento, em dois arranjos do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em sistema ILPF com desbaste, no Cerrado do Distrito Federal. Os arranjos incluíram renques de duas linhas com espaçamento de (2 x 2) + 22 m e (2 x 2) + 12 m; o delineamento foi em blocos ao acaso com três repetições por arranjo. O experimento foi realizado no Cerrado do Distrito Federal e, medições de altura total e diâmetro utilizadas no presente trabalho, foram realizadas anualmente dos 30 meses aos 114 meses do plantio. Houve a realização de um desbaste aos 66 meses, de aproximadamente 48% (valores médios das três repetições) do número total de árvores plantadas por hectare, considerando os dois arranjos. Aos 114 meses de idade, nos arranjos (2 x 2) + 12 m e (2 x 2) + 22 m, o volume de madeira foi 227 m³ ha⁻¹ e 153 m³ ha⁻¹ e a área basal foi 17,4 m² ha⁻¹ e 11,6 m² ha⁻¹, respectivamente. As equações determinadas para o volume e a área basal tiveram bom ajuste para cada arranjo.

Termos para indexação: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, sistema agrossilvipastoril, arranjos espaciais, predição de produção.

¹ Engenheiro Florestal, doutor em Ciências Biológicas, Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

² Engenheira Florestal, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

³ Engenheiro-agrônomo, mestre em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Growth and Production Curves in Two Thinned Eucalypt Arrangements in an Integrated-Crop-Livestock-Forest (ICLF) System

Abstract – Growth and production curves are fundamental for forest planning, thus providing information about site quality as well as enabling yield predictions or projections. The present study aimed to compare growth and production, at the population level, in two arrangements of the hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* in an ICLF system with thinning in the Cerrado of the Federal District. The arrangements included rows of two lines with a spacing of $(2 \times 2) + 22$ m and $(2 \times 2) + 12$ m, in a randomized block design with three repetitions per arrangement. The experiment was carried out in the Cerrado of the Federal District and, measurements of total height and diameter used in the present study, were carried out annually from a planting period of 30 months to 114 months. Thinning was carried out at 66 months, of approximately 48% (average values of the three repetitions) of the total number of trees planted per hectare, considering the two arrangements. At 114 months of age, in the arrangements of $(2 \times 2) + 12$ m and $(2 \times 2) + 22$ m, the volume of wood was $227 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ and $153 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ respectively and the basal area was $17.4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ and $11.6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, respectively. The equations determined for volume and basal area presented a good fit for each arrangement.

Index terms: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, agrosilvopastoral system, spatial arrangements, yield prediction.

Introdução

Em 2019, a área total de árvores plantadas no Brasil cobria 9,0 milhões de hectares. O eucalipto representou 77% dessa área total, ou seja, 6,97 milhão de hectares. Em segundo lugar, veio o pinus com 18% da área total (1,62 milhão de hectare). Outras espécies como a seringueira, acácia, teca e paricá, dentre outras, preenchem o restante da área total plantada (IBÁ, 2020).

O híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*Eucalyptus urograndis*) é um dos híbridos mais conhecidos e usados no Brasil (Arruda et al., 2013). Reúne as melhores características do *Eucalyptus grandis*, como crescimento e qualidade da madeira, e do *Eucalyptus urophylla*, com adaptação e resistência a doenças (Conselho de Informações sobre Biotecnologia, 2008). Esse híbrido tem sido bastante utilizado em sistemas de integração-lavoura-pecuária-floresta (ILPF) na região do Cerrado e pode ser empregado para diversos usos como fabricação de papel e celulose, lenha, carvão vegetal, serraria em geral, construção civil, móveis, pontaletes, laminação e postes (Carvalho; Nahuz, 2001, 2004; Almeida, 2002).

Os avanços recentes e as tendências para o futuro da agricultura brasileira apontam para a oportunidade de nova transformação agrícola baseada em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I). Esta nova agricultura, que terá como alicerce avanços na fronteira do conhecimento em intensificação sustentável, sobretudo com o uso de sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta – ILPF, tecnologias digitais, bioeconomia, gestão de risco e convergência tecnológica, deverá gerar mais valor para as cadeias produtivas e para a sociedade (Embrapa, 2020).

No entanto, para que um sistema de ILPF resulte em sucesso econômico, é importante que práticas adequadas de manejo sejam adotadas, gerando di-retrizes seguras dentro do planejamento florestal. A predição ou projeção do crescimento e da produção de madeira junto à classificação de terras com-põem dois dos três elementos essenciais do manejo florestal. Os modelos aplicados neste processo servem para atualizar dados de inventário florestal, construir tabelas de produção, prescrever tratamentos silviculturais, e estimar estoques de crescimento e de colheita (Bezerra, 2009 apud Salles, 2010).

Os modelos de crescimento e produção florestal permitem simular a di-nâmica natural de um povoamento e prever a sua produção ao longo do

tempo, em diferentes possibilidades de manejo (Castro et al., 2013). Existem diversos tipos de modelos capazes de prever o crescimento e a produção, como os ecofisiológicos, os modelos de árvores individuais e de distribuição diamétrica e os modelos em nível de povoamento, entre outros. Estes últimos são os mais estudados e empregados no gerenciamento florestal no Brasil (Gorgens et al., 2007).

Modelos de crescimento e produção em nível de povoamento, às vezes denominados de modelos do tipo povoamento total, não explicam diretamente a variação do tamanho das árvores dentro do povoamento. Os modelos estimam o crescimento e/ou a produção a partir de atributos em nível de povoamento, como idade, área basal e índice de local. Têm como melhor representante os modelos de densidade variável. Tais modelos incluem a variável densidade como uma parte dinâmica do sistema de equação, sendo úteis quando o resultado pretendido é o volume por unidade de área, em especial para povoamentos submetidos a desbaste (Campos; Leite, 2013).

O presente trabalho teve por objetivo comparar o crescimento e a produção, em nível de povoamento, em dois arranjos de sistema ILPF no Cerrado do Distrito Federal.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido com dados de um experimento de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) implantado entre os meses de janeiro e fevereiro de 2009 na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF (15°36'S e 47°42'W; 980 m de altitude) em área anteriormente ocupada com pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu; *B. brizantha* consorciada com *Stylosanthes guianensis* e com *B. brizantha* consorciada com *Leucaena leucocephala*. Detalhes do manejo da área experimental foram descritos em Moraes Neto et al. (2020).

O clima da região é Aw (classificação de Köppen). As precipitações mensais e temperaturas médias mensais mínimas e máximas durante a fase experimental estão apresentadas na Figura 1. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho, com textura argilosa. As características químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1.

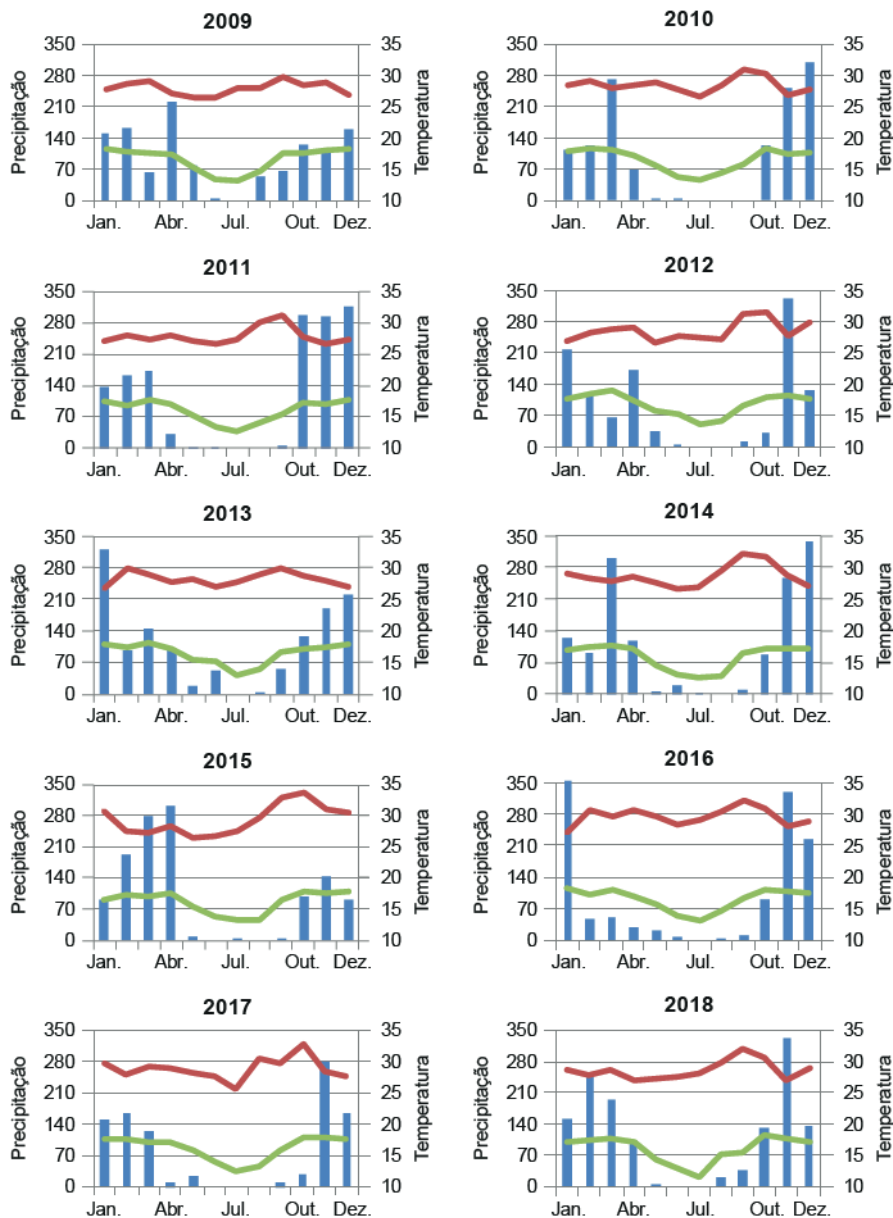


Figura 1. Precipitação mensal (mm) ■; temperatura média das máximas — e das mínimas mensais —, em que: temperatura em °C, coletada em estação meteorológica próxima à área experimental.

Fonte: Moraes Neto et al. (2020)

Tabela 1. Características químicas do solo da área do experimento realizada antes de sua instalação.

Prof. (cm)	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	CTC ⁽¹⁾	V(%) ⁽²⁾	CO ⁽³⁾
	H ₂ O	mg/L	mg/L	-----	-----	cmol _c /dm ³ -----	-----	-----	%	g kg ⁻¹
0-20	5,55	0,48	67,24	0,14	1,45	0,86	4,41	6,90	35,70	16,59
20-40	5,47	0,64	33,44	0,23	0,96	0,57	4,19	5,81	27,37	13,46

⁽¹⁾CTC = Ca+Mg+K/391+(H+Al); ⁽²⁾V(%) = ((Ca+Mg+K/391)/CTC)x100; ⁽³⁾CO = carbono orgânico.
Fonte: Pulrolnik et al. (2010)

O desenho experimental consistiu de blocos ao acaso, com três repetições nos cinco tratamentos, os quais incluíam variações dos sistemas e das culturas plantadas (Tabela 2). No presente estudo, foram utilizados somente os sistemas com o eucalipto *Eucalyptus urograndis*, o qual foi plantado em renques de duas linhas, em um espaçamento de 2 x 2 entre as plantas, e distância entre renques de 22 m e 12 m, respectivamente. Cada unidade experimental (um bloco e um tratamento) possuía em média 1,2 ha, pois, especialmente nos tratamentos com árvores, algumas unidades experimentais tinham diferentes números de parcelas. Denominou-se parcela uma faixa de duas linhas de árvores que ocupava parte da unidade experimental.

Tabela 2. Relação dos tratamentos experimentais (sistemas) implantados na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Sistema				Espaçamento (m)		Número de linhas do renque	Densidade (árvores/ha)
Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Entre árvores	Entre renques		
L	L	L	P	-	-	-	sem árvore
L + Eu	L + Eu	L + Eu	P + Eu	2 x 2	22	2	417
L + Eu	L + Eu	L + Eu	P + Eu	2 x 2	12	2	715
L + Ec	L + Ec	L + Ec	P + Ec	2 x 2	22	7	1.030
L + N	L + N	L + N	P + N	4 x 4	12	2	313

L – Lavoura de grãos; P – Pastagem consorciada; Eu – *Eucalyptus urograndis*; Ec – *Eucalyptus cloeziana*; N – Espécies nativas arbóreas.

Fonte: Pulrolnik et al. (2021).

Aos 66 meses, realizou-se um desbaste seletivo, nos dois arranjos, objetivando retirar árvores dominadas e codominadas com diâmetro à altura do peito menor ou igual a 18 cm. Na Tabela 3, são mostrados os valores médios por

hectare do número de árvores desbastadas, remanescentes e a mortalidade, junto à densidade de árvores por hectare e a área útil por planta nos dois arranjos.

Tabela 3. Os Valores médios por hectare da porcentagem de árvores desbastadas, remanescentes e a mortalidade por hectare (entre parênteses o número de árvores), aos 66 meses de idade, junto ao número de árvores por hectare e área útil por planta no plantio.

Arranjo	% de árvores desbastadas por hectare	% de árvores remanescentes por hectare	Mortalidade por hectare (%)	Nº de árvores por ha no plantio	Área útil por planta (m ²)
(2 x 2) + 22 m	47,42(198)	44,25(184)	8,33(35)	417	24
(2 x 2) + 12 m	49,93(357)	44,18(316)	5,83(42)	715	14

Para o cálculo do volume, mediu-se a altura total e o diâmetro à altura do peito de todas as árvores contidas em cada parcela amostral (160 m² antes do desbaste e 320 m² após o desbaste) anual. Essa mudança na área da parcela amostral teve como motivo a queda acentuada de indivíduos na parcela amostral de 160 m², após o desbaste. As parcelas amostrais foram permanentes. O volume foi calculado multiplicando-se a área basal na altura de 1,30 m do solo pela altura total multiplicado pelo fator de forma de 0,41 baseado em Moraes Neto et al. (2020) para sistemas agrossilvipastoris com eucalipto. Utilizou-se os dados a partir de 30 meses do plantio encerrando aos 114 meses.

Aos 30, 42, 54, 66, 78, 90, 102 e 114 meses do plantio de eucalipto, foram coletados dados das variáveis, diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total das plantas (H). Desses valores, foram calculados a área basal por planta e por hectare, o volume por planta (utilizando o fator de forma igual a 0,41 baseado em Moraes et al. (2020), o volume por hectare e o incremento médio anual do volume por hectare (IMAv/ha). O incremento corrente anual do volume e da área basal por hectare (ICAv e ICAg) foi calculado para as sete últimas épocas de avaliação. O IMA e o ICA foram calculados assim:

$$IMA = Y_t/t \quad ICA = Y_t - Y_{t-1}$$

Em que: Y_t = volume ou área basal na idade t; Y_{t-1} = volume ou área basal numa idade anterior a t; t = idade em anos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e foi aplicado o teste de Tukey ($P \leq 0,05$) às médias dos dois arranjos espaciais em cada época de avaliação. Para a realização das análises, utilizou-se o programa estatístico SAS.

Para o ajuste das curvas de volume de madeira e da área basal, usou-se o modelo logarítmico. As curvas foram traçadas no programa Excel e os parâmetros estatísticos dos modelos foram determinadas pelo Proc Model do SAS, por meio do coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2), do erro padrão da estimativa - Syx e erro padrão relativo - Syx(%). A seguir, é mostrado como foram realizados estes cálculos:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

$$R_{aj}^2 = 1 - \frac{(n-1)}{(n-1)-p} (1 - R^2)$$

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-p}}$$

$$S_{yx}(\%) = \frac{S_{yx}}{\bar{Y}} 100$$

Em que Y_i = valor observado da árvore i ; \hat{Y}_i = valor estimado da árvore i ; \bar{Y} = média de Y ; n = número de observações; p = número de parâmetros.

Resultados e Discussão

Na Tabela 4, observa-se que o diâmetro à altura do peito (DAP) e área basal por plantas (G/pl) tiveram comportamento semelhantes em nível de diferença de médias nos dois arranjos, por serem aproximadamente a mesma medida. Contudo, o diâmetro médio quadrático (que se origina da área basal) difere um tanto do diâmetro médio aritmético (Campos; Leite, 2013). Os maiores valores dessas variáveis a favor do arranjo (2 x 2) + 22 m decorrem da maior área útil por árvore desta em detrimento do arranjo (2 x 2) + 12 m, 24 m² no primeiro e 14 m² no segundo. Esse fato foi também constatado por Paula et al. (2013) em sistema silvipastoril e Torres et al. (2016) em sistema agroflorestal, ambos com eucalipto.

Matias (2015) observou em sistema de integração lavoura pecuária floresta com eucalipto numa densidade de 434 árvores/ha na época do plantio ((3 x 2) + 20 m, com duas linhas em cada renque), aos 72 meses de idade, volume médio por árvore de 0,33 m³, enquanto, no presente trabalho, no arranjo de (2 x 2) + 22 m (densidade de 417 árvores por hectare na época do plantio), o volume médio por árvore foi de 0,30 m³ aos 66 meses, antes do desbaste, demonstrando haver similaridade no crescimento em volume entre esses dois estudos.

A altura das plantas não diferiu entre os arranjos nas idades analisadas na Tabela 4. Esse comportamento também foi verificado em arranjos agrosilvipastoris em Oliveira et al. (2009) e silvipastoril (Paula et al., 2013). A área basal e volume por hectare foram maiores no arranjo (2 x 2) + 12 m devido principalmente ao maior número de árvores nesta.

O incremento médio anual em volume (IMAv) também foi maior no arranjo (2 x 2) + 12 m, principalmente pelo maior número de plantas, já que o volume por planta (Vol/pl) foi maior aos 114 meses no arranjo (2 x 2) + 22 m (Tabela 4). Ferreira et al. (2020), em estudo com clone de *Eucalyptus urograndis* de 5 anos de idade em sistema ILPF (renques de 3 linhas, espaçamento entre árvores de 3,0 m x 2,0 m, e distância entre renques de 15 m – 715 árvores por hectare no plantio), observaram que o incremento médio anual em volume (IMAv) foi de 22,98 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. No presente estudo, no arranjo de (2 x 2) + 12 m, com 715 árvores por hectare no plantio, observou-se que o IMAv foi de 28,32 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ aos 5,5 anos (Tabela 4). No presente estudo, o IMAv foi maior; as possíveis causas para esse efeito são a idade das árvores, a competição maior entre as plantas no renque de três linhas (especialmente da linha central) e a fertilidade do solo, dentre outras.

Tabela 4. Diâmetro à altura do peito (DAP), altura das plantas (H), área basal por hectare (G/ha), área basal por plantas (G/pl), volume por hectare (V/ha), volume por planta (V/pl), incremento médio anual em volume por hectare (IMAV) e número de árvores por hectare, nos dois arranjos espaciais de sistema ILPF, aos 66 (antes e após o desbaste), 78 e 114 meses de idade em Planaltina, DF.

Arranjo espacial	Nº de árvore (ha)	DAP (cm)	H (m)	G/ha (m ² /ha)	G/pl (m ² /pl)	V/ha (m ³ /ha)	V/pl (m ³ /pl)	IMAV (m ³ /ha)
66 meses (5,5 anos) antes do desbaste								
(2x2) +22 m	382	18,6a	23,9a	9,68b	0,02882a	99,55b	0,2965a	18,10b
(2x2) +12 m	673	17,5a	24,2a	15,35a	0,02525a	155,76a	0,2588a	28,32a
66 meses (5,5 anos) após o desbaste								
(2x2) +22 m	184	21,6a	25,8a	6,84b	0,03693a	73,70b	0,3934a	13,40b
(2x2) +12 m	316	20,2b	25,8a	10,63a	0,03238b	113,43a	0,3452b	20,62a
78 meses (6,5 anos)								
(2x2) + 22 m	179	23,6a	27,9a	8,27b	0,04484a	94,08b	0,5067 a	14,47b
(2x2) +12 m	316	22,4b	27,2a	13,30a	0,04035b	154,15a	0,4675 a	23,72a
114 meses (9,5 anos)								
(2x2) +22 m	179	28,3a	31,7a	11,55b	0,06442a	152,58 b	0,8467a	16,06b
(2x2) +12 m	316	25,9b	30,9a	17,43a	0,05442b	226,79 a	0,7077b	23,87a

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas em cada idade, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Na Tabela 5, são mostrados o incremento corrente anual médio em área basal (ICAg) e o volume (ICAv) durante a fase experimental. Deve-se mencionar que o valor dos ICAg e ICAv aos 66 meses foi o incremento entre 54 e 66 meses, antes do desbaste e, aos 78 meses, foi o incremento entre 66 meses e 78 meses, após o desbaste. Observa-se que houve uma queda mais acentuada dos ICAg e ICAv no arranjo de $(2 \times 2) + 22$ m aos 78 meses devido, principalmente, ao desbaste realizado aos 66 meses. Já no arranjo de $(2 \times 2) + 12$ m os incrementos praticamente não variaram até 78 meses de idade. A queda dos incrementos neste arranjo ocorreu aos 90 meses. Nota-se também que os ICAg e ICAv não foram diferentes dos 90 aos 114 meses de idade das árvores, indicando que as árvores no arranjo de $(2 \times 2) + 22$ m estão crescendo mais em área basal por árvore, já que o número de árvores por hectare é menor do que do arranjo $(2 \times 2) + 12$ m e, a altura foi similar estatisticamente nesse mesmo período (Tabela 4).

Tabela 5. Incremento corrente anual em área basal e volume durante a fase experimental.

Arranjo	Incremento corrente anual de área basal (ICAg) ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$)						
	42 meses	54 meses	66 meses	78 meses	90 meses	102 meses	114 meses
$(2 \times 2) + 22$ m	2,48b	1,99b	2,02b	1,43b	1,35a	1,29a	1,50a
$(2 \times 2) + 12$ m	3,57a	2,91a	2,82a	2,66a	0,97a	1,12a	1,18a
	Incremento corrente anual de volume (ICAv) ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)						
$(2 \times 2) + 22$ m	24,85b	27,26b	28,94b	20,37b	17,10a	20,19a	23,14a
$(2 \times 2) + 12$ m	41,55a	40,19a	41,50a	40,72a	22,68a	26,19a	21,20a

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas em cada idade, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Na Figura 2, são mostrados os modelos de regressão para área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) nos espaçamentos estudados. Aos 66 meses houve desbaste. Os pontos (áreas basais) aos 126 e 138 meses são projeções baseadas nas regressões, após o desbaste. Observa-se que o crescimento em área basal no arranjo de $(2 \times 2) + 12$ m foi superior ao de $(2 \times 2) + 22$ m, antes do desbaste e, aos 78 meses de idade depois de desbaste, confirmado pelos incrementos correntes anuais em área basal (ICAg) superiores do primeiro em relação ao segundo até 78 meses de idade (Tabela 5). Pode-se fazer essa afirmação devido ao bom ajuste das curvas confirmado pelas estatísticas de ajuste e precisão (Tabela 6), em que o erro padrão relativo variou de 1,6% a 3,4% no maior espaçamento e de 2,1% a 2,8% no menor espaçamento.

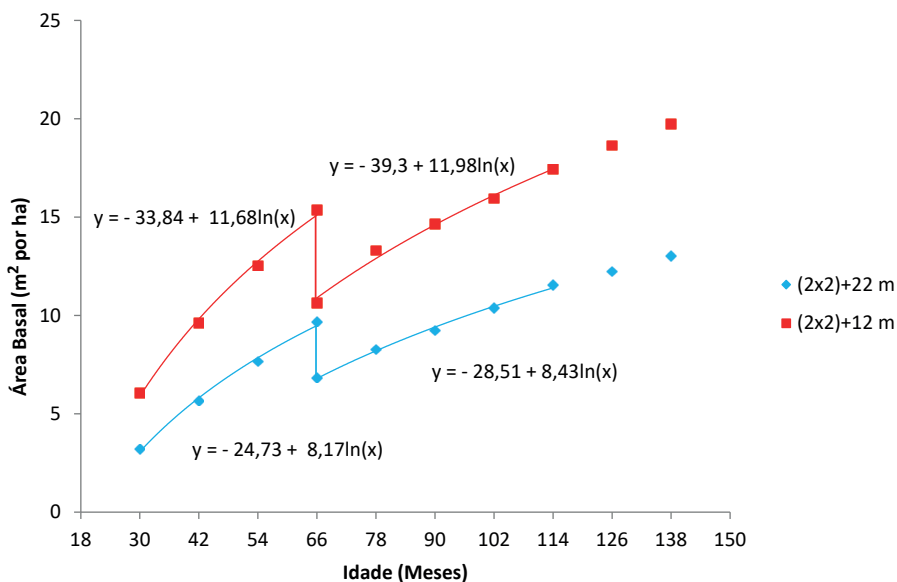


Figura 2. Modelos de regressão para área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) nos espaçamentos estudados. Os pontos (áreas basais) aos 126 e 138 meses são projeções baseadas nas regressões, após o desbaste.

Tabela 6. Estatísticas de ajuste e precisão para as equações de área basal (G) em $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ nos dois arranjos estudados nas idades de plantio antes (30 a 66 meses) e após o desbaste (66 a 114 meses).

Arranjo	Mês	Modelo - $\text{Ln}(\text{idade})^{(1)}$	$R^2_{\text{ajustado}}^{(2)}$	$S_{xy}^{(3)}$	$S_{yx}(\%)^{(4)}$
(2x2)+22 m	30-66	$G = - 24,73 + 8,1677 \text{Ln}(x)$	0,9936	0,2233	3,4
(2x2)+12 m	30-66	$G = - 33,84 + 11,68 \text{Ln}(x)$	0,9942	0,3021	2,8
(2x2)+22 m	66-114	$G = - 28,51 + 8,43 \text{Ln}(x)$	0,9934	0,1483	1,6
(2x2)+12 m	66-114	$G = - 39,3 + 11,98 \text{Ln}(x)$	0,9870	0,2966	2,1

⁽¹⁾Ln = logaritmo neperiano; ⁽²⁾ R^2_{ajustado} = coeficiente de determinação ajustado; ⁽³⁾ S_{xy} = erro padrão da estimativa; e ⁽⁴⁾ $S_{yx}\%$ = erro padrão relativo.

Na Figura 3, são mostrados os modelos de regressão para volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) nos espaçamentos estudados. Aos 66 meses, houve desbaste. Os pontos (áreas basais) aos 126 e 138 meses são projeções baseadas nas regressões após o desbaste. O crescimento em volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) apresentou similaridade de padrão com o de área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), sendo maior no arranjo (2 x 2) + 12 m, antes do desbaste e, aos 78 meses de idade das árvores, depois do desbaste, confirma-

dos pelos ICAv ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) (Tabela 5). As estatísticas de ajuste e precisão foram boas (Tabela 7).

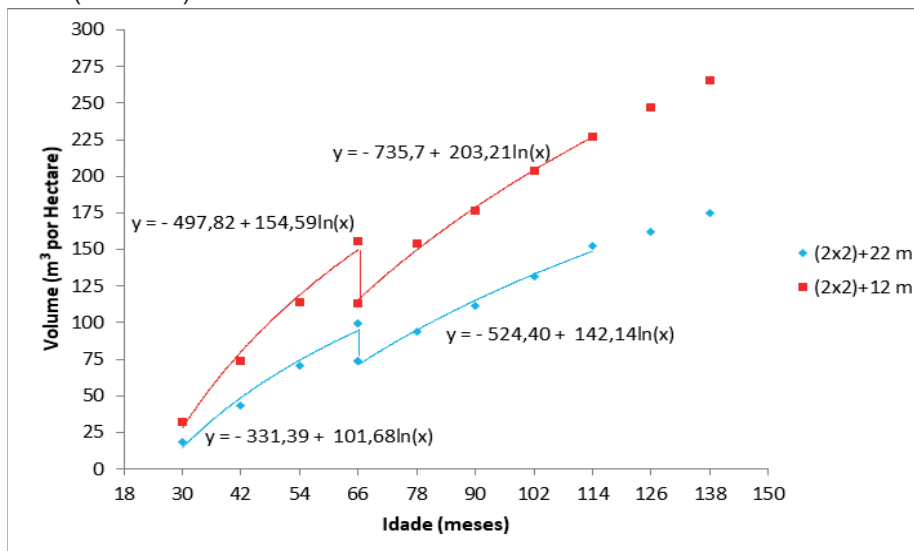


Figura 3. Modelos de regressão para volume do tronco total ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) nos espaçamentos estudados.

Tabela 7. Estatísticas de ajuste e precisão para as equações de volume (V) em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ nos dois arranjos estudados nas idades de plantio antes (30 a 66 meses) e após o desbaste (66 a 114 meses).

Arranjo	Mês	Modelo - $\text{Ln}(\text{idade})^{(1)}$	$R^2_{\text{ajustado}}^{(2)}$	$S_{xy}^{(3)}$	$S_{xy}(\%)^{(4)}$
(2x2)+22 m	30-66	$V = - 331,80 + 101,68$	0,9670	6,3523	11,0
(2x2)+12 m	30-66	$V = - 497,82 + 154,59$	0,9801	7,4595	7,9
(2x2)+22 m	66-114	$V = - 524,40 + 142,14$	0,9859	3,3381	3,0
(2x2)+12 m	66-114	$V = - 735,70 + 203,21$	0,9950	3,1223	1,8

⁽¹⁾ Ln = logaritmo neperiano; ⁽²⁾ R^2_{ajustado} = coeficiente de determinação ajustado; ⁽³⁾ S_{xy} = erro padrão da estimativa; e ⁽⁴⁾ $S_{xy}\%$ = erro padrão relativo.

Conclusões

Aos 114 meses de idade das árvores, a área basal e volume por árvore foram maiores no arranjo (2 x 2) + 22 m. A área basal, o volume e o incremento médio anual por hectare foram superiores no arranjo (2 x 2)+12 m. A altura das árvores foi similar nos dois arranjos;

Os incrementos correntes anuais em área basal (ICAg) e volume (ICAv) por hectare foram superiores no arranjo (2 x 2) + 12 m até os 78 meses de idade. Dos 90 até os 114 meses de idade, o ICAg e o ICAv foram similares em cada um dos dois arranjos;

As curvas de área basal e volume por hectare tiveram bom ajuste.

Referências

- ALMEIDA, R. R. **Potencial da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para a produção de lâminas e manufatura de painéis compensados**. 2002. 75 f. Dissertação (Mestrado Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-19082002-151109/pt-br.php>. Acesso em: 24 jun. 2020.
- ARRUDA, T. P. M.; HEIN, P. R. G.; FONSECA, A. S.; CASTRO, J. P. Propriedades da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para uso energético no Mato Grosso. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 11, n. 2, p. 127-136, 2013. Disponível em: <http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol112/5%20MODELO%20ARTIGO%20RCAA%20v11n2a2013.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4. ed. atual. ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. 605 p.
- CARVALHO, A. M.; NAHUZ, M. A. R. Variação da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 61-76, 2001. Disponível em: <https://www.ipef.br/PUBLICACOES/scientia/nr59/cap05.pdf>. Acesso em: 19 set. 2020.
- CARVALHO, A. M.; NAHUZ, M. A. R. Interferência na qualidade e rendimento de polpa celulósica de eucalipto devido ao uso múltiplo da madeira. **Cerne**, v. 10, n. 2, p. 242-256, 2004. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/744/74410208.pdf>. Acesso em: 1 fev. 2021.
- CASTRO, R. V. O.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, F. B.; LEITE, H. G. Crescimento e produção de plantios comerciais de eucalipto estimados por duas categorias de modelos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 3, p. 287-295, mar. 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000300007
- CONSELHO DE INFORMAÇÃO SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia do Eucalipto: oportunidade para um desenvolvimento sustentável**. 2008. 20 p. Disponível em: http://avamflora.com.br/wp-content/uploads/2015/11/Guia_do_Eucalipto.pdf. Acesso em: 1 dez. 2020.

- EMBRAPA. VII Plano Diretor da Embrapa 2020-2030. Introdução. Brasília, DF, 2020. 31 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/vii-plano-diretor/introducao>. Acesso em: 18 nov. 2020.
- FERREIRA, M. D.; MELO, R. R.; TONINI, H.; STANGERLIN, D. M.; BELTRAME, R.; GATTO, D. A.; MASCARENHAS, A. R. P. Growth, production and wood quality in integrated crop-livestock-forest and monoculture systems. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 3, e7928, 2020. DOI: 10.5039/agraria.v15i3a7928.
- GORGENS, E. B.; LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; DIAS, A. N. Tendência de crescimento de povoamento de eucalipto após aplicação de desbaste. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 879-885, 2007.
- IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual 2020. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 1 fev. 2021.
- MATIAS, S. V. B. G. **Desempenho silvicultural e qualidade da madeira de Clones de Eucalyptus em sistemas de integração Lavoura Pecuária Floresta**. 2015. 89 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, DF, 2015.
- MORAES NETO, S. P.; PULROLNIK, K.; VILELA, L.; SOUZA, K. W.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. **Estimativa do volume de madeira de eucalipto em sistema agrossilvipastoril**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020. 22 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 354). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215586/1/Bolpd-354-Sebastiao-Neto.pdf>. Acesso em: 8 out. 2020.
- OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; IGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 01-09, dez. 2009. Edição Especial. DOI: 10.4336/2009.pfb.60.01.
- 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.; SOUZA, F. C. Eucalypt growth in monoculture and silvopastoral systems with varied tree initial densities and spatial arrangements. **Agroforestry Systems**, v. 87, p. 1295-1307, 2013. DOI: 10.1007/s10457-013-9638-5
- PULROLNIK, K.; VILELA, L.; MORAES NETO, S. P. de; MARCHAO, R. L.; GUIMARAES JUNIOR, R. **Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 17 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 276).
- SALLES, T. T. **Modelagem de crescimento e produção de clones de eucalipto em um sistema agroflorestal**. 2010. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3034/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: ago. 2020.
- TORRES, C. M. M. E.; OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C.; JACOVINE, L. A. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; CARNEIRO, C. O.; TORRES, C. M. M. E. Estimativas da produção e propriedades da madeira de eucalipto em Sistemas Agroflorestais. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 137-148, mar. 2016. DOI: dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n109.13