

CARLOS HENRIQUE RODRIGUES DE OLIVEIRA

**PRODUÇÃO DE EUCALIPTO EM ALTO FUSTE E TALHADIA E DE
BRAQUIÁRIA EM SISTEMAS SILVIPASTORIS COM DIFERENTES
ARRANJOS ESPACIAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Ciência
Florestal, para obtenção do título de
Doctor Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

048p
2014
Oliveira, Carlos Henrique Rodrigues de, 1980-
Produção de eucalipto em alto fuste e talhadia e de braquiária em
sistemas silvipastoris com diferentes arranjos espaciais / Carlos Henrique
Rodrigues de Oliveira. – Viçosa, MG, 2014.
xii, 106f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Geraldo Gonçalves dos Reis.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Eucalipto. 2. Talhadia. 3. Brotação. 4. Índice de área foliar.
5. Sistema agroflorestal. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento
de Engenharia Florestal. Programa de Pós-graduação em Ciência florestal.
II. Título.

CDO 22. Ed. 634.973766

CARLOS HENRIQUE RODRIGUES DE OLIVEIRA

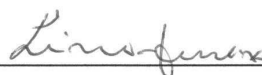
**PRODUÇÃO DE EUCALIPTO EM ALTO FUSTE E TALHADIA E DE
BRAQUIÁRIA EM SISTEMAS SILVIPASTORIS COM DIFERENTES
ARRANJOS ESPACIAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Ciência
Florestal, para obtenção do título de
Doctor Scientiae.

APROVADA: 28 de fevereiro de 2014.



José Eduardo Macedo Pezopane



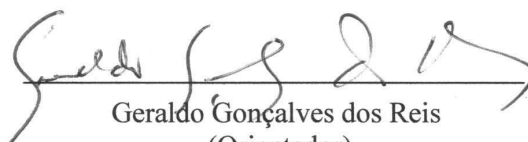
Lino Roberto Ferreira



Maria das Graças Ferreira Reis
(Coorientadora)



Hélio Garcia Leite
(Coorientador)



Geraldo Gonçalves dos Reis
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder o dom da vida e ensinar a arte de viver.

Aos meus pais Marlei Honório de Oliveira e Silvana Rodrigues de Oliveira e as minhas irmãs, Juliana e Fernanda, pelo incentivo, confiança e amor ao longo de toda minha vida.

A minha esposa Professora Fabricia Benda de Oliveira por todo apoio, carinho, incentivo, companheirismo e paciência em todos os momentos.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Florestal, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e a Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES), pela oportunidade concedida e pelo apoio financeiro.

À Votorantim Siderurgia S.A., pelo apoio à realização deste trabalho, em especial, aos Engenheiros Florestais Luciano e Raul e aos funcionários Monica e Evandro.

Aos professores Geraldo Gonçalves dos Reis e Maria das Graças Ferreira Reis pela confiança, pela orientação e dedicação a este trabalho, pelos incentivos e pela amizade, e principalmente pelo exemplo de profissionalismo que influenciaram na carreira na qual escolhi seguir.

Ao professor Helio Garcia Leite, pela amizade e ensinamentos que foram essenciais na elaboração desta tese.

Aos professores José Eduardo Pezzopane e Lino Roberto Ferreira pelas correções e sugestões fundamentais na conclusão deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal.

Aos colegas do IFMG, Campus São João Evangelista, pelo apoio quando necessário para a execução deste trabalho. Em especial a Aderlan, Ana Carolina, Angela, Charles, Jackson, Jadir, José Roberto, Keila, Kleber, Márcia, Márcio Takeshi, Nildimar e Paulo Modesto.

A todos os colegas do IFES, Campus Ibatiba, pela disponibilidade de horário e incentivo à conclusão deste trabalho.

Aos colegas Marco Antonio e Fellipe pelo essencial apoio ao processamento dos dados, mesmo que por telefone e e-mail. Pela disponibilidade, agradeço.

Ao amigo Victor Pirovani pelos esclarecimentos relativos ao processamento dos dados.

A toda equipe de pós-graduação e graduação do Laboratório de Ecologia e Fisiologia Florestal do Departamento de Engenharia Florestal, pela amizade, carisma, auxílio e esforço na coleta de dados, em especial: Diego, Diogo, Ernani, Frederico, Guilherme, Hortênsia, Junior, Mariana, Ranieri, Rodolfo, Ronan e outros que por lá passaram.

E a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira, filho de Marlei Honório de Oliveira e Silvana Rodrigues de Oliveira, nasceu em Formiga, Minas Gerais, em 02 de agosto de 1980.

Em abril de 1999, iniciou o curso de Engenharia Florestal, pela Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, graduando-se em julho de 2004.

Em agosto de 2004, iniciou o Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, na área de Silvicultura, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, concluindo os requisitos indispensáveis para obtenção do título de *Magister Scientiae* em setembro de 2006.

De agosto de 2006 a agosto de 2009 trabalhou na Associação das Siderúrgicas para fomento florestal (ASIFLOR), como Engenheiro Florestal, onde foi Supervisor do Programa de Fomento Florestal em Minas Gerais, em convênio com IEF.

Em agosto de 2009, iniciou o Doutorado no Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, na área de Silvicultura, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

Em setembro de 2010 foi aprovado no concurso para Professor efetivo no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – IFMG, *Campus* São João Evangelista-MG, onde atuou até outubro de 2012.

Em 2011, ingressou no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, na Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações (UNINCOR), em Contagem-MG, concluindo o curso no mesmo ano.

Em novembro de 2012 iniciou suas atividades como Professor efetivo no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo– IFES, *Campus* Ibatiba-ES, onde atua até hoje.

Em 2014, concluiu o curso de Pós-graduação em Ciência Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, MG, obtendo o título de *Doctor Scientiae*.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
CAPÍTULO I.....	10
DINÂMICA DE COPA DE EUCALIPTO E PRODUÇÃO DE BRAQUIÁRIA EM SISTEMAS SILVIPASTORIS COM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS.....	10
RESUMO	10
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
2.1. Área de estudo	12
2.2. Índice de área foliar e projeção de copa	13
2.3. Avaliação da massa seca da parte aérea da braquiária	14
2.4. Análise dos dados	15
3. RESULTADOS	16
4. DISCUSSÃO.....	23
5. CONCLUSÕES.....	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
CAPÍTULO II.....	35
MANEJO DE EUCALIPTO POR TALHADIA EM SISTEMAS SILVIPASTORIS: EFEITO SOBRE A DINÂMICA DE COPA E PRODUÇÃO DE BRAQUIÁRIA SOB DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS	35
RESUMO	35
ABSTRACT	36
1. INTRODUÇÃO.....	36
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	37
2.1. Área de estudo	38
2.2. Índice de área foliar e projeção de copa	39
2.3. Avaliação da massa seca da parte aérea da braquiária	39
2.4. Análise dos dados experimentais	40
3. RESULTADOS	41
4. DISCUSSÃO.....	47
5. CONCLUSÕES.....	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
CAPÍTULO III	58
CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE CLONES DE EUCALIPTO EM ALTO FUSTE SOB MONOCULTIVO E SISTEMAS SILVIPASTORIS.....	58
RESUMO	58
ABSTRACT	59
1. INTRODUÇÃO.....	59
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	61

2.1. Área de estudo	61
2.2. Instalação do experimento	62
2.3. Índice de área foliar	62
2.4. Análise dos dados experimentais	63
3. RESULTADOS	64
4. DISCUSSÃO	72
5. CONCLUSÕES	76
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
CAPÍTULO IV	83
COMPARAÇÃO DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO DE CLONES DE EUCALIPTO MANEJADOS POR TALHADIA E ALTO FUSTE EM TRÊS ARRANJOS ESPACIAIS EM SISTEMA SILVIPASTORIL	83
RESUMO	83
ABSTRACT	84
1. INTRODUÇÃO	84
2. MATERIAL E MÉTODOS	86
2.1. Área de estudo	86
2.2. Instalação do experimento	86
2.3. Análise dos dados experimentais	87
3. RESULTADOS	88
4. DISCUSSÃO	96
5. CONCLUSÕES	100
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
CONCLUSÕES GERAIS	106
CONCLUSÕES GERAIS	107

RESUMO

OLIVEIRA, Carlos Henrique Rodrigues de, D. Sc. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Produção de eucalipto em alto fuste e talhadia e de braquiária em sistemas silvipastoris com diferentes arranjos espaciais.** Orientador: Geraldo Gonçalves dos Reis. Coorientadores: Maria das Graças Ferreira Reis e Helio Garcia Leite.

O objetivo do presente estudo foi subsidiar a escolha de arranjos espaciais e clones de eucalipto em sistemas silvipastoris (SSP) e monocultivo com base no crescimento, produção e índice de área foliar (IAF) do componente arbóreo, e produção de matéria seca de braquiária, na região de cerrado. Foram estudados os clones 02, 58, GG100, 62 e 19 nos arranjos espaciais (2x2) + 10 m, (3x3) + 9 m e 9x3 m, em consórcio com a *Brachiaria brizanta* Stapf cv. Marandu. Os clones foram manejados em alto fuste e talhadia através da decepta de plantas com a idade de 11,5 meses e, em monocultivo, nos arranjos 3,6x2,5 m e 3,3x3,3 m, em alto fuste. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. O IAF foi medido ao longo de um transecto partindo da linha de plantio até a metade da distância entre as linhas de plantio aos 30, 50 e 62 meses e a projeção de copa foi medida em oito posições a cada 45°, aos 38 meses. A produção da braquiária com base na massa seca da parte aérea foi amostrada aos 50 meses em diferentes distâncias em relação à linha de plantio do eucalipto. O diâmetro à altura de 1,3 m (*dap*) e a altura média das árvores foram avaliados entre 10 e 62 meses após o plantio. O número de brotos por cepa e a sobrevivência foram avaliados aos 62 meses após plantio. Houve redução do IAF com o aumento da idade do povoamento florestal e com a diminuição da densidade de plantio das árvores para a maioria dos arranjos espaciais e clones avaliados em alto fuste e talhadia. O IAF apresentou correlação negativa com o espaçamento do componente arbóreo e com a massa seca produzida pela braquiária. Foi observada correlação positiva entre espaçamento e projeção de copa para todos os clones. A maior produção de massa seca da pastagem foi obtida em espaçamentos mais amplos ((3x3) + 9 m e 9x3 m), tendo sido observado aumento na parte central da entrelinha, nos sistemas em alto fuste, e na face sul, nos sistemas em talhadia, para a maioria dos clones e arranjos espaciais. O arranjo espacial influenciou no crescimento em altura ($p < 0,05$) apenas para os clones 58 e GG100 em alto fuste, mas as brotações apresentaram sempre menor

altura em relação ao alto fuste em todos os clones. O crescimento em *dap* foi influenciado pela proximidade das plantas ($p < 0,05$), apresentando menor crescimento nos arranjos mais adensados, mas com pequenas variações de respostas entre os clones, e menores nas plantas em talhadia. O crescimento em volume por planta foi maior nos arranjos com menor densidade de plantio, destacando-se o arranjo 9x3 m ($p < 0,05$). O volume por hectare foi influenciado pelo genótipo, arranjo espacial, *dap* e área basal, obtendo respostas diferentes entre os clones. Em determinados arranjos e clones, a produção em talhadia foi igual a de alto fuste ($p > 0,05$). A capacidade de sustentação de brotos pelo clone de eucalipto influenciou na produção final do povoamento florestal em talhadia. De modo geral, para maior produção de madeira de menores dimensões em SSP, o arranjo espacial de plantio (2x2) + 10 m é o mais indicado, porém, para o clone GG100 o arranjo (3x3) + 9 m é o mais indicado para atingir maior produção. O arranjo 9x3 m pode ser utilizado para produção de madeira de maiores dimensões, com maior valor agregado. Os resultados sugerem a possibilidade de uso da decepa de plantas jovens com o objetivo de produzir madeira de menores dimensões, sem comprometer a produção da forrageira em sistemas silvipastoris. Os clones mais adequados para manter maior produção da forrageira apresentam copa com baixa densidade de folhas e, ou, rápido crescimento. A escolha do arranjo espacial do componente arbóreo deve ser realizada para cada genótipo, visando obter elevada produção do componente arbóreo e da braquiária.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Carlos Henrique Rodrigues de, D. Sc. Universidade Federal de Viçosa, February 2014. **Production of eucalypt under high forest and coppice management and of brachiaria in silvopastoral systems with different spatial arrangements.** Adviser: Geraldo Gonçalves dos Reis. Co-Advisers: Maria das Graças Ferreira Reis and Hélio Garcia Leite.

The aim of this study was to subsidize the choice of spatial arrangements and eucalypt clones for silvopastoral systems (SSP's) and monoculture based on growth, yield and leaf area index (LAI) of the tree component, and brachiaria dry matter production, in the region of cerrado. The clones 02, 58, GG100, 62 and 19 were studied in the spatial arrangements (2x2) + 10 m, (3x3) + 9 m e 9x3 m, in consortium with *Brachiaria brizanta* Stapf cv. Palisade, managed as high forest and coppice, and in monoculture, in the arrangements 3.6x2.5 m, 3.3x3.3 m. The experiment was conducted in a completely randomized design with three replications. The LAI was measured along a transect starting from the tree planting line to half of the distance of the interplanting lines, at 30, 50 and 62 months after planting. Crown projection was measured in eight positions every 45°, at 38 months. The brachiaria dry weight production was obtained at the age of 50 months after planting, at different distances between tree-planting lines. The diameter of 1.3 m height (*dbh*) and average tree height were measured between 10 and 62 months after planting. The number of sprouts per stump and their survival were evaluated at 62 months after planting. There was a reduction in LAI with stand increasing age and with decreasing tree planting density for most spatial arrangements and clones, for the high forest and coppice systems. The LAI was negatively correlated with the tree spacing and brachiaria dry weight. Positive correlation between spacing and tree projection for all clones was observed. The highest brachiaria dry weight production was obtained in wider spacings. It was observed some increase in brachiaria dry weight in the central part of the interplanting line, for the high forest system, and in the south face for the coppice systems for most clones and tree planting spatial arrangements. The spatial arrangement influenced height growth ($p < 0.05$) for clones 58 and GG100 in the high forest system, and the coppice system always presented lower height as compared to high forest system for all clones. The diameter growth was influenced by the proximity of the plants ($p < 0.05$). The growth in volume per plant was

higher in arrangements with lower planting density, highlighting the arrangement 9x3 m ($p < 0.05$). The volume per hectare was influenced by genotype, spatial arrangement, *dbh* and basal area, with different responses among clones. In some spatial arrangements and clones coppice yield were equal to that achieved in the high forest system ($p > 0.05$). The capacity of eucalypt to maintain sprouts in the stump influenced the final production of coppice forest stand. In general, for higher wood production of small dimensions in silvopastoral systems, the spatial arrangement of planting (2x2) + 10 m is the most suitable, but the (3x3) + 9 m is the most suitable for the GG100 clone, the most productive one. The 9x3 m arrangement can be recommended for producing large dimension logs, with higher aggregation value. The overall results suggest the possibility of using juvenile plants coppice to produce small dimension wood without compromising the production of forage in silvopastoral systems. Some clones are more suitable for the silvopastoral systems due to their low density canopies and, or, due the the high wood production. The choice of the spatial arrangement of the tree component should be performed for each genotype, in order to obtain high yields of the tree component and forage.

INTRODUÇÃO GERAL

Em 2012, o Brasil atingiu uma área de cerca de 6,7 milhões de hectares com florestas plantadas com eucalipto e pinus, crescimento de 2,2% em relação ao indicador de 2011. Os plantios de pinus representaram 23,4% da área total e os plantios de eucalipto, 76,6%. Os estados com maior concentração de plantios florestais foram Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Bahia e Mato Grosso do Sul. Neste mesmo ano, os segmentos da indústria brasileira de base florestal associada às florestas plantadas registraram crescimento das exportações e do consumo interno, com exceção da celulose, cuja produção foi inferior aos números de 2011 (ABRAF, 2013).

Até a década de 90, os plantios florestais no Brasil, que em grande maioria eram de origem seminal, foram implantados em espaçamentos com 4 a 8 m²/planta) (BALLONI; SIMÕES, 1980; BERNARDO et al., 1998; LELES et al., 1998; LADEIRA et al., 2001). Atualmente, em geral, tem sido utilizado o espaçamento de 9 a 12 m²/planta, para os plantios clonais, para a produção de madeira para celulose e carvão vegetal (XAVIER et al., 2002; REIS et al., 2006; SILVA et al., 2012), o que facilita os tratamentos silviculturais e a colheita florestal mecanizada (GONÇALVES et al., 2004), dentre outros.

Nas últimas décadas tem crescido o estabelecimento de florestas por empresas e produtores rurais em espaçamentos mais amplos e arranjos espaciais variados, em consórcio com culturas agrícolas e pastagem formando os sistemas agroflorestais (MORAIS, 2006; MAGALHÃES et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009; FONTAN et al., 2011; PAULA et al., 2013).

Nos plantios de eucalipto implantados em monocultivo era conduzida uma ou duas talhadas, antes da reforma (BALLONI; SILVA, 1978; RESENDE et al., 1980; STAPE, 1997). Em razão de desenvolvimento de pesquisas que permitiram a seleção de genótipos mais produtivos (BARROS; NOVAIS 1990; RESENDE, 1999; STAPE et al., 2006; BINKLEY et al., 2010; XAVIER; SILVA, 2010; ROSADO et al., 2012), houve necessidade de substituir os materiais genéticos já implantados imediatamente após a primeira rotação (REZENDE et al., 2005; LOPES, 2012). Com a crise econômica mundial que ocorreu em 2008, algumas empresas retomaram o manejo por talhadia em substituição à reforma dos povoamentos florestais de eucalipto (ABRAF, 2010), para redução de custos (CAMARGO et al., 1997). Tem aumentado a preocupação com o

manejo da talhadia para manter ou elevar a produtividade desses povoamentos em sucessivas rotações, destacando-se o aprimoramento nas técnicas de desbrota e fertilização (BARROS et al., 1997; REIS; REIS, 1997; MIRANDA et al., 1998; FARIA et al., 2002; BARROS; COMERFORD, 2002; GRACIANO et al., 2008; LOPES, 2012; SILVA, 2013). Silva (2013) observou maior produção da brotação em comparação com alto fuste, para clone de eucalipto, aos 60 meses de idade, com a correção do solo e adubação, o que resultou a antecipação da idade de corte da floresta manejada por talhadia.

Os estudos sobre a condução de povoamentos de eucalipto sob o regime talhadia foram, em sua maioria, realizados em monocultivo, principalmente até a década de 90 (BALLONI; SILVA, 1978; PEREIRA et al., 1980; PAULA NETO et al., 1982; PAIVA et al., 1983; SIMÕES; COUTO, 1985; COUTO; GOMES, 1986; BARROS et al., 1997; REIS; REIS, 1997; STAPE, 1997; FARIA et al., 2002; CAVICHIOLLO et al., 2004; SOUZA et al., 2012; SILVA, 2013). As informações envolvendo o manejo do eucalipto em sistemas agroflorestais (SAF), em regime de talhadia, ainda são escassas (OLIVEIRA, 2006; OLIVEIRA et al., 2008; CACAU et al., 2008; LOPES, 2012; PAULA et al., 2013). Uma vantagem do manejo por talhadia é a possibilidade de antecipação da idade de colheita (KAUPPI et al., 1988; HARRINGTON; FOWNES, 1993; SIMS et al., 2001; CACAU et al., 2008; SOUZA, 2011), em razão do estoque de reservas orgânicas e inorgânicas acumuladas na cepa e no sistema radicular que favorecem o rápido crescimento inicial das brotações (JACOBS, 1955; BLAKE, 1972; KRAMER e KOZLOWSKI, 1979; REIS; KIMMINS, 1986; TEIXEIRA et al. 2002).

A produção de madeira de menores dimensões, em SAF, é considerada importante, principalmente, quando estes sistemas são estabelecidos por pequenos agricultores que desejam produção de madeira para carvão e que não possuem equipamentos adequados para manipular madeiras de grandes dimensões (OLIVEIRA, 2006; CACAU, et al., 2008). A madeira de dimensão reduzida em SAF pode ser obtida com a redução na distância entre plantas na linha de plantio (OLIVEIRA, 2006; OLIVEIRA et al., 2009) ou com a decepa de plantas jovens e manutenção de vários brotos por cepa (OLIVEIRA et al., 2008; CACAU et al., 2008; PAULA, 2011).

Nos sistemas onde ocorre o consórcio entre diferentes espécies, a permeação de radiação é essencial para que não ocorra a perda na produtividade das culturas agrícolas ou da pastagem (CARVALHO et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2007; PACIULLO et al., 2009; SOARES et al., 2009; WALL et al., 2010).

O sistema silvipastoril é a combinação, na mesma área e ao mesmo tempo, de forrageiras, animais e árvores manejados de forma integrada e sustentável (NAIR, 1993; BERNARDINO e GARCIA, 2009; FERREIRO-DOMÍNGUEZ et al., 2011). Na implantação do SSP, devem ser observadas as condições de minimização da competição pelos recursos de crescimento (FASSBENDER, 1984; KING, 1979) para as forrageiras herbáceas (ANDRADE et al., 2003; VARELLA et al., 2009; DAS e CHATURVEDI, 2008) e para o componente arbóreo (ANDRADE et al., 2001; MACEDO et al., 2006; AZEVEDO et al., 2009; NICODEMO et al., 2009; FONTAN et al., 2011; PAULA et al., 2013), e assim tirar o melhor proveito da produção dos componentes do sistema. É fundamental, na seleção das forrageiras, selecionar aquelas que toleram algum nível de sombreamento (SOARES et al., 2009; PACIULLO et al., 2009).

O índice de área foliar (IAF) constitui um importante parâmetro da estrutura do dossel devido sua forte associação com a produtividade primária (WANDELLI; MARQUES FILHO, 1999). É influenciado pela época do ano, genótipo, idade do povoamento, disponibilidade hídrica e de nutrientes, além das condições de manejo que a cultura é submetida, como arranjo espacial e espaçamento (JONCKHEERE et al., 2004; WHITEHEAD; BEADLE, 2004; PAULA et al., 2013). Em sistemas agroflorestais, onde nas entrelinhas ou entre grupos de linhas de plantio (renques) são cultivadas culturas agrícolas ou forrageiras, o arranjo das plantas do componente arbóreo permite a distribuição de radiação fotossinteticamente ativa para todos os componentes do SAF (OLIVEIRA, 2006; PAULA et al., 2013).

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito de espaçamentos e arranjos espaciais na dinâmica de copa, através de sua projeção e do índice de área foliar sobre o crescimento e a produção de clones de eucalipto e da braquiária, em regime de alto fuste e talhadia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2009**/ABRAF. Brasília, 2010. 90p. 2010. Disponível em: <www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>. Acesso em: 2 de fevereiro de 2014.

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012**/ ABRAF. Brasília, 2010. 90p. 2013. Disponível em: <www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>. Acesso em: 02 jan. 2014.

- ANDRADE, C. M. S. et al. Transmissão de luz em sistemas silvipastoris com eucalipto. **Revista Árvore**, v. 26, n. 1, p. 19-23, 2001.
- ANDRADE, C. M. S. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.8, p.1845-1850, 2003.
- AZEVEDO, C. M. B. C. de et al., Desempenho de espécies florestais e pastagens em sistemas silvipastoris no Estado do Pará. **Pesquisa Florestal Brasileira (Online)**, v. 60, p. 57-65, 2009.
- BALLONI, E. A.; SILVA, A. P. Condução de touças de *Eucalyptus*: resultados preliminares. **Boletim Informativo IPEF**, n.6, p. 35-42, 1978.
- BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. Piracicaba: **IPEF**, 1980. 16 p. (Série técnica, 3).
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG, Folha de Viçosa, 1990. 430p.
- BARROS, N. F.; TEIXEIRA, P. C.; TEIXEIRA, J. L. Nutrição e produtividade de povoamentos de eucalipto manejados por talhadia. **Série Técnica – IPEF**, v.11, n.30, p.79-88, 1997.
- BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ, V. H. et al. eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, v. 2, p. 487-592, 2002.
- BERNARDO, A. L. et al. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* and *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 104, n. 1-3, p. 1-13, 1998.
- BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.77-87, 2009.
- BLAKE, T. J. Studies on the lignotubers of *Eucalyptus obliqua* LHherit. **New Phytologist**, v. 71, p. 227-334, 1972.
- BINKLEY, D. et al. Explaining growth of individual trees: Light interception and efficiency of light use by *Eucalyptus* at four sites in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1704-1713, 2010.
- CACAU, F. V. et al. Decepa de plantas jovens de eucalipto e manejo de brotações, em um sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.11, p.1457-1465, 2008.
- CAMARGO, F. R. A.; SILVA, C. R.; STAPE, J. L. Resultados experimentais da fase de emissão de brotação em *Eucalyptus* manejado por talhadia. **Série Técnica – IPEF**, v.11, n.30, p.115-122, 1997.
- CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; XAVIER, D. F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condições de

sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.5, p. 717-722, 2002.

CAVICHIOLO, S. R.; DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Preparo do solo e o estado nutricional da rebrota de *Eucalyptus saligna*. **Scientia Florestalis**, n.66, p. 120- 127, dez. 2004.

COUTO, L.; GOMES, J. M. Regeneração de povoamentos de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n. 144, p. 31- 35, 1986.

DAS, D. K.; CHATURVEDI, O. P. Root biomass and distribution of five agroforestry tree species. **Agroforestry Systems**, v. 74, n. 3, p. 223–230, 2008.

FARIA, G. E. et al. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.577-584, 2002.

FASSBENDER, H. W. **Bases edafológicas de los sistemas de producción agroforestales**. Turrialba: CATIE, 1984. 191 p.

FERREIRO-DOMÍNGUEZ, N.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M. R. Response to sewage sludge fertilisation in a *Quercus rubra* L. silvopastoral system: Soil, plant biodiversity and tree and pasture production. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 141, n. 1-2, p. 49-57, 2011.

FONTAN, I. C. I. et al. Growth of pruned eucalypt clone in an agroforestry system in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 83, p.121–131, 2011.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v.193, p.45-61, 2004.

GRACIANO, C. et al. Fertilization in a fourth rotation *Eucalyptus grandis* plantation with minimal management. **Journal of Sustainable Forestry**, v.26, n.2, p.155-169, 2008.

HARRINGTON, R. A; FOWNES, J. H. Allometry and growth of planted versus coppice stands of four fast-growing tropical tree species. **Forest Ecology and Management**, v.56, p.315-327, 1993.

JACOBS, M. R. **Growth habits of the *Eucalyptus***. Canberra: Forest Timber Bureau, 1955. 262p.

JONCKEERE, I. et al. Review of methods for in situ leaf area index determination - Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**. v.121, p.19-35, 2004.

KAUPPI, A.; KIVINIITTY, M.; FERM, A. Growth habits and crown architecture of *Betula pubescens* Ehrh. of seed and sprout origin. **Canadian Journal of Forest Research**, v.18, p.1603-1613, 1988.

KING, K. F. S. Concepts of agroforestry. In: CONFERENCE ON INTERNACIONAL COOPERATION IN AGROFORESTRY, 1979, **Anais...** Nairobi, ICRAF, 1979. P. 1-13.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic, 1979. 811p.

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

LELES, P. S. S. et al. Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**, v.22, n.1, p.41-50, 1998.

LOPES, H. N. S. **Crescimento e produção de eucalipto submetido à desbrota, interplântio e reforma**. 2012. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

MACEDO, R. L. G.; et al. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agrônômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, 701-709, 2006.

MAGALHÃES, W. M. et al. Desempenho silvicultural de clones e espécies/procedências de *Eucalyptus* na região noroeste de Minas Gerais. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 368-375, 2007.

MARTINI, S.L.; BORSSATTO, I.; SIMÕES, J.W. Estudo da viabilidade do interplântio em povoamento de *Eucalyptus grandis* em segunda rotação. **IPEF** - n.28, p.45-47, 1984.

MIRANDA, G. A. et al. Produtividade de povoamentos de eucalipto em regime de talhadia, em função da adubação parcelada, no Vale do Jequitinhonha-MG. **Revista Árvore**, v.22, n.1, p.51-60, 1998.

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

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. DORDRECHT: KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS. 1993. P.499.

NICODEMO, M. L. F. et al. Desenvolvimento inicial de espécies florestais em sistema silvipastoril na Região Sudeste. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 60, p. 89-92, 2009.

OLIVEIRA, C. H. R. **Decepa de plantas jovens de clone de eucalipto e condução da brotação em um sistema agroflorestal**. 2006. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

OLIVEIRA, C. H. R. de et al. Área foliar e biomassa de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clone de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. **Revista Árvore**, v.32, p.59-68, 2008.

OLIVEIRA, T. K. et al. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p. 01-09, dez., 2009.

OLIVEIRA, T. K. de et al. Radiação solar no sub bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v.13, p.40-50, 2007.

PACIULLO, D. S. C. et al. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1528-1535, 2009.

PAIVA, H. N. et al. Influência das idades de corte e de desbrota e do número de brotos sobre o desenvolvimento da brotação de cepas de *Eucalyptus spp.* **Revista Árvore**, v.7, p.1-10, 1983.

PAULA, R. R. **Avaliação silvicultural de eucalipto em monocultivo e em sistema agroflorestal com diferentes arranjos espaciais**. 2011. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

PAULA, R. R et al. Eucalypt growth in monoculture and silvopastoral systems with varied tree initial densities and spatial arrangements **Agroforestry Systems** v. 87, p.1295–1307, 2013.

PAULA NETO, F. et al. Fatores que influem no desenvolvimento de brotações em povoamentos de eucaliptos. **Revista Árvore**, v.6, n.2, p. 133- 9,1982.

PEREIRA, A. R. et al. Efeito do diâmetro das cepas no desenvolvimento de brotações de *Eucalyptus spp.* **Revista Árvore**, v.4, n.2, p. 215- 220, 1980.

REIS, M. G. F.; KIMMINS, J. P. Importância do sistema radicular no crescimento inicial de brotos de *Eucalyptus spp.* **Revista Árvore**, v.10, n.2, p.196-201, 1986.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série Técnica – IPEF**, v.11, n.30, p.9-22, 1997.

REIS, G. G. et al. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus spp* submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, v.30, n. 6, p.921-931, 2006.

RESENDE, M. D. V. de. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p.589-647.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. de; RODRIGUES, C. Efeito dos tributos no custo de produção, na rotação e na reforma de *Eucalyptus spp.* **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 70-83, 2005.

ROSADO, A. M. et al. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.7, p.964-971, jul. 2012.

SILVA, J. V. et al. Produção e acúmulo de nutrientes em povoamento de eucalipto em consequência da intensidade do desbaste e da fertilização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1555-1562, 2012.

SILVA, N. F. **Produtividade, demanda e eficiência nutricional de clones de eucalipto em regime de alto fuste e talhadia**. 2013. 52 P. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, MG, 2013.

STAPE, J. L. Planejamento global e normatização de procedimentos operacionais da talhadia simples em *Eucalyptus*. **Série Técnica IPEF**, v.11, n. 30, p. 51-62, mai. 1997.

SIMÕES, J. W.; COUTO, N. A. S. Efeito do número de brotos e da fertilização mineral sobre o crescimento da brotação de *Eucalyptus saligna* Smith, em segunda rotação. **IPEF**, v.31, p.23-32, 1985.

SIMS, R. E. H; MAIAVA, T. G.; BULLOCK, B. T. Short rotation coppice tree species selection for woody biomass production in New Zealand. **Biomass and Bioenergy**, v.20, p.329-335, 2001.

SOARES, A.B. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.443-451, 2009.

SOUZA, F. C. **Crescimento e potencial energético de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clones de eucalipto**. 2011. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2011.

SOUZA, F. C. et al. Sobrevivência e diâmetro de plantas intactas e brotações de clones de eucalipto. **Floresta e Ambiente**, v.19, n.1, p. 44-54, 2012.

STAPE, J. L. et al. A twin-plot approach to determine nutrient limitation and potential productivity in *Eucalyptus* plantations at landscape scales in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 223, n. 1-3, p. 358–362, 2006.

STAPE, J. L. Planejamento global e normatização de procedimentos operacionais da talhadia simples em *Eucalyptus*. **Série Técnica IPEF**, v.11, n. 30, p. 51-62, mai. 1997.

TEIXEIRA, P. C. et al. *Eucalyptus urophylla* root growth, stem sprouting and nutrient supply from the roots and soil. **Forest Ecology and Management**, v.160, p.263-271, 2002.

VARELLA, A. C. et al. Estabelecimento de plantas forrageiras em Sistemas de Integração Floresta-pecuária no Sul do Brasil. In: Fontaneli, R. S. et al. (org.) **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009.

WALL, A. J. et al. Evaluation of easily measured stand inventory parameters as predictors of PAR transmittance for use in poplar silvopastoral management. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 139, n. 4, p. 665-674, 2010.

WANDELLI, E.V.; MARQUES FILHO, A.O. Medidas de radiação solar e índice de área foliar de coberturas vegetais. **Acta Amazonica**, v.29, n. 1, p. 57-78, 1999.

WHITEHEAD, D.; BEADLE, C. L. Physiological regulation of productivity and water use in *Eucalyptus*: a review. **Forest Ecology and Management**, v.193, p.113-140, 2004.

XAVIER, A. C.; SOARES, J. V.; ALMEIDA, A. C. Variação do Índice de Área Foliar em clones de eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. **Revista Árvore**, v.26, n. 4, p.421-427, 2002.

XAVIER, A.; SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010.

CAPÍTULO I

DINÂMICA DE COPA DE EUCALIPTO E PRODUÇÃO DE BRAQUIÁRIA EM SISTEMAS SILVIPASTORIS COM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi subsidiar a escolha de clones de eucalipto e arranjos espaciais para o estabelecimento de sistemas silvipastoris (SSP), com base no índice de área foliar (IAF) e na projeção de copa do componente arbóreo, visando à produção de braquiária e de madeira. Foram avaliados os clones de eucalipto 02, 58, GG100, 62 e 19, nos arranjos espaciais de plantio $(2 \times 2) + 10$ m, $(3 \times 3) + 9$ m e 9×3 m, na região de cerrado. O IAF foi medido ao longo de um transecto partindo da linha de plantio até a metade da distância entre as linhas de plantio aos 38, 50 e 62 meses. A projeção de copa foi medida em oito posições a cada 45° , aos 38 meses. A massa seca de braquiária foi amostrada aos 50 meses em diferentes distâncias em relação à linha de plantio do eucalipto. Houve redução de IAF entre 38 e 62 meses de idade. Esse índice apresentou correlação negativa com o espaçamento do componente arbóreo e com a produção da braquiária. A maior produção de massa seca de braquiária foi obtida nos arranjos 9×3 m e $(3 \times 3) + 9$ m nos SSP com os clones 62 e GG100, não tendo sido observada diferença entre arranjos para os demais clones. Foi observada correlação positiva entre o espaçamento e a projeção de copa para todos os clones. Os resultados sugerem que a avaliação do arranjo do componente arbóreo deve ser realizada para cada genótipo visando obter elevada produção do componente arbóreo e da braquiária.

Palavras-chave: Espaçamento; sistemas agroflorestais; *Brachiaria brizantha*; clone de eucalipto; índice de área foliar; projeção de copa

ABSTRACT

The aim of this study was to subsidize the choice of eucalypt clones and spatial arrangements for the establishment of silvopastoral systems, based on the leaf area index (LAI) and the crown projection of the tree component, to optimize the production of pasture and wood. The eucalypt clones 02, 58, GG100, 62 and 19 were evaluated in the spatial arrangements $(2 \times 2) + 10$ m, $(3 \times 3) + 9$ m and 9×3 m, in the Brazilian

savannah region. The LAI was measured along a transect from the tree planting line to the half the distance between the tree rows at 38, 50 and 62 months and, tree crown projection was measured in eight positions every 45°, at 38 months. The brachiaria dry matter production was sampled along the tree inter-row. LAI decreased with age and it was negatively correlated with the tree spacing and brachiaria production. The highest pasture biomass was obtained in wider spacing. It was observed a positive correlation between spacing and tree crown projection for all eucalypt clones studied. The results suggest that the evaluation of the planting arrangement of the tree component should be performed for each genotype aiming to obtain high production of all components of the system.

Keywords: Spacing; agroforestry; *Brachiaria brizantha*; eucalypt clone; leaf area index; tree crown projection

1. INTRODUÇÃO

O eucalipto, por possibilitar usos múltiplos e apresentar genótipos com grande produção e variedade de estrutura de copa, tem sido muito utilizado na composição de sistemas silvipastoris (SSP), no Brasil (ANDRADE et al., 2001; DUBÈ et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2008; FONTAN et al., 2011; FREITAS et al., 2013; PAULA et al., 2013). Destaca-se o uso de *Eucalyptus camaldulensis* e seus híbridos nestes sistemas, principalmente na região de cerrado (MACEDO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2008; SANTIAGO et al., 2009; SILVEIRA et al., 2011), devido a sua tolerância ao déficit hídrico (GONÇALVES; PASSOS, 2000). A vantagem de uso desses genótipos em SSP está associada a características como copa rala, o que favorece a transmitância da radiação solar (FONTAN, 2007), beneficiando os demais componentes do sistema. Também, apresentam sistema radicular profundo, possibilitando a exploração de água e nutrientes a maiores profundidades no solo, reduzindo a competição entre plantas próximo à superfície (LELES, 1995; OLIVEIRA NETO et al., 2010).

A produção de biomassa da parte aérea da floresta e dos demais componentes dos SSP está diretamente ligada à interceptação de radiação solar, o que pode ser influenciada pelo arranjo espacial (BINKLEY et al., 2013; PAULA et al., 2013), desbaste (MEDHURST; BEADLE, 2001; CHAVES et al., 2007), desrama (LIMA, 2003; MONTE et al., 2007; CHAVES et al., 2007), arquitetura de copa (DOVEY;

TOIT, 2006), área foliar (FLORES et al., 2006), fenologia (XAVIER et al., 2002; MCDOWELL et al., 2007), condições edafoclimáticas (MAIRE et al., 2011; ÁLVAREZ et al., 2013), genótipo (XAVIER et al., 2002), dentre outros.

A baixa permeação da radiação solar nos SSP pode promover perda significativa em produtividade da pastagem no sistema (ANDRADE et al., 2001; KRUSCHEWSKY et al., 2006; PACCIULLO et al., 2007; SOARES et al., 2009; WALL et al., 2010). A determinação do índice de área foliar do componente arbóreo pode indicar a quantidade de radiação que deverá chegar ao sub-bosque do sistema (PACCIULLO et al., 2008). Segundo Wandelli e Marques Filho (1999), o IAF apresenta relação direta com a produtividade primária da vegetação.

O objetivo do presente estudo foi subsidiar a escolha de clones de híbridos de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. grandis* e arranjos espaciais de plantio para o estabelecimento de sistemas silvipastoris, com base no índice de área foliar e na projeção de copa do componente arbóreo, visando à maximização da produção de braquiária, na região de cerrado de Minas Gerais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na Região de Cerrado, na Fazenda Bom Sucesso da Votorantim Siderurgia S.A., no Município de Vazante, MG (17°36'09"S e 46°42'02"W), com altitude média de 550 m. O clima da região, segundo classificação de Koppen, é do tipo AW, a precipitação média anual na área do estudo é de 1.473 mm concentrada no período de novembro a março e a temperatura média anual é de 21,9°C (ALVARES et al., 2013). O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, textura argilosa, fase cerrado, de baixa fertilidade e elevada acidez (EMBRAPA SOLOS, 2006). As características físicas e químicas do solo, na área experimental, estão descritas na Tabela 1.

O estudo foi estabelecido com cinco clones de eucalipto (58 – híbrido de *E. camaldulensis* x *E. grandis*, 62 – híbrido natural de *E. camaldulensis*, 02 – híbrido natural de *E. urophylla*, GG100 e 19 – híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*), em área de pastagem degradada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Braquiarão).

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm, amostradas antes da instalação do experimento na região de cerrado, em Vazante, MG

Profundidade do solo (cm)	Argila	Silte	Areia	pH (água)	H+Al	Al	Ca	Mg	K	CTC
	(%)				(cmolc kg ⁻¹)					
0-20	26	24	50	5,1	4,0	0,3	1,1	1,0	0,45	1,0
20-40	24	23	53	4,8	4,0	1,2	0,3	0,3	0,21	0,7
Prof. do solo (cm)	P	S	MO	V	M	B	Zn	Fe	Mn	Cu
	(mg kg ⁻¹)			(%)		(mg kg ⁻¹)				
0-20	1,0	2,0	3,0	39	10	0,1	4,7	109	13,9	1,2
20-40	0,7	1,3	1,5	17	60	0,1	0,8	78	3,0	1,1

Fonte: PAULA et al.,(2013).

Foram utilizados três arranjos espaciais com a distância de nove ou dez metros entre os renques e, dois ou três metros entre as plantas na linha e entre as linhas no renque: (2x2) + 10 m; (3x3) + 9 m e 9x3 m. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições para cada tratamento e 24 plantas uteis em cada parcela em seis linhas de quatro plantas, com bordadura de pelo menos duas plantas. As linhas de plantio foram subsoladas a uma profundidade de 30 a 40 cm. Foi feita a incorporação de 725 kg ha⁻¹ de fosfato natural reativo gafsa. A quantidade de fertilizante foi determinada de acordo com o Nutricalc[®] (programa de recomendação de adubação do eucalipto). Foram aplicados 130 g de NPK 10-28-06 + 0,6% de Cu + 0,4% de Zn, com matraca, a 10 cm de profundidade, sendo metade em lados opostos da muda. Dois meses após o plantio, fez-se a capina química na entrelinha, com a aplicação de 3 L ha⁻¹ de glifosato, a 1 m de cada lado da linha de plantio. Novas aplicações foram realizadas, sempre que se fizeram necessárias, até as plantas completarem os dois anos. Também aos dois meses, foi feita a aplicação de 95 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio. Aos seis meses, foi feita a segunda adubação de cobertura com 106 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio e 25 kg ha⁻¹ de borogram (10 % de B). Posteriormente, foi utilizada apenas a roçada mecânica para permitir a regeneração da braquiária do banco de sementes do solo, para a condução do sistema silvipastoril, nos três arranjos acima definidos. Não foi utilizado o pastejo na área em razão da dificuldade de manutenção dos animais em área reduzida.

2.2. Índice de área foliar e projeção de copa

O índice de área foliar foi estimado aos 38, 50 e 62 meses após o plantio utilizando-se dois sensores, modelo LI-2050, conectados a dataloggers (LI-2000), produzidos pela LI-COR. Um dos sensores foi instalado em área aberta próxima ao povoamento e, o outro, utilizado para as medições no interior do povoamento. As

leituras foram feitas sob luz difusa, ao amanhecer ou no final da tarde (CHAVES et al., 2007). As medições no interior do povoamento foram tomadas em posições distintas devido às diferenças nos arranjos de plantio, conforme ilustrado na Figura 1, a saber: As leituras foram realizadas a partir da segunda planta da linha, no início de cada parcela útil. Nos arranjos $(2 \times 2) + 10$ m e $(3 \times 3) + 9$ m, com linhas duplas (Figura 1A), as leituras foram realizadas em quatro pontos por parcela em distâncias regulares, em linha reta, sendo: ponto 1, interseção entre diagonais de quatro plantas na linha dupla de plantio; ponto 2, entre as duas plantas da linha de plantio; ponto 3, a $\frac{1}{4}$ da maior distância entre as duas linhas mais distanciadas de plantio e, ponto 4, na metade da maior distância entre duas linhas de plantio mais distanciadas. No arranjo 9×3 m, as leituras foram realizadas em três pontos em cada parcela, sendo o ponto 1 entre as duas plantas da linha de plantio, o ponto 2, a $\frac{1}{4}$ da distância entre as linhas de plantio e, o ponto 3, na metade da distância entre as linhas de plantio (Figura 1B).

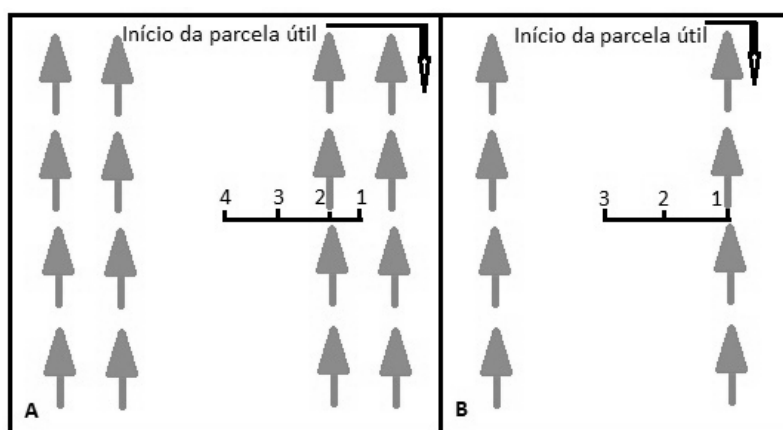


Figura 1. Croqui mostrando os pontos de avaliação de IAF em sistemas silvipastoris com cinco clones de eucalipto nos arranjos em linha dupla e simples, em Vazante, MG. A sequência de números indica os pontos de medição de IAF (A) 1, 2, 3 e 4 (arranjo em linhas duplas) e (B) 1, 2 e 3 (arranjo em linha simples)

A projeção média de copa foi avaliada, aos 38 meses de idade, na terceira árvore da segunda fileira de cada parcela, ou seja, média de três plantas por tratamento. Foi medido o maior raio de projeção da copa em oito posições a cada 45° , a partir da inserção do galho, sendo a posição 1 (inicial) correspondente ao raio direcionado na linha de plantio (sentido horário).

2.3. Avaliação da massa seca da parte aérea da braquiária

A amostragem da massa seca da braquiária foi realizada aos 50 meses após o plantio do componente arbóreo, em parcelas amostrais de 0,5 m de largura, sendo o seu comprimento de 5 m no arranjo (2x2) + 10 m e de 4,5 m nos arranjos 9x3 m e (3x3) + 9 m, o que corresponde à metade da maior distância entre linhas de plantio. A parcela iniciou-se próximo ao tronco da árvore onde se mediu o IAF, para permitir a análise de correlação entre a massa seca da forrageira com os parâmetros de copa dos clones. Considerando a possibilidade de ocorrerem diferenças na disponibilidade de radiação da base da árvore até a metade da distância da entrelinha, a área de amostragem da braquiária foi dividida ao meio. Assim, no arranjo (2x2) + 10 m foram alocadas parcelas retangulares de 0,5 m na largura e 5,0 m de comprimento, sendo uma coleta realizada na faixa de 0 a 2,5 m e a outra de 2,5 a 5,0 m e, nos arranjos (3x3) + 9 m e 9x3 m, as parcelas foram de 0,5 m de largura e 4,5 m de comprimento, sendo uma coleta de 0 a 2,25 m e outra de 2,25 a 4,5 m. Foram realizadas duas amostragens de braquiária em cada parcela, sendo uma do lado direito e outra do lado esquerdo da linha de plantio.

Após a demarcação das parcelas amostrais, o corte da gramínea foi realizado com roçadeira manual a uma altura próxima a 10 cm do solo, sendo coletado todo o material, seco ou verde, acima desta altura. As amostras foram pesadas em campo, em balança digital, obtendo-se o peso úmido total. Posteriormente, foram retiradas, no laboratório, uma sub-amostra, para determinação do peso fresco, em balança de precisão. Esse material foi acondicionado em sacos de papel e levado à estufa com ventilação forçada e temperatura de 65°C, até peso constante. Após a secagem e pesagem, foi estimada a matéria seca total da forrageira.

2.4. Análise dos dados

A análise dos dados médios de IAF, de projeção de copa e de produção de massa seca da braquiária dentro dos povoamentos e nos diferentes arranjos espaciais foi realizada por meio de análise de regressão usando o software SIGMAPLOT 11.0 (SYSTATSOFT, INC, 2008). As equações foram selecionadas com base no coeficiente de determinação (R^2) e erro-padrão residual. O valor total médio de IAF, produção de massa seca da braquiária e projeção de copa foram analisadas por meio de análise descritiva e pelo teste t a 5 % de probabilidade, utilizando o software STATISTICA 10 (STATSOFT, INC, 2013). Foram estimados os coeficientes de correlação entre o IAF

médio, projeção de copa, espaçamento e genótipo, dentro da mesma idade de avaliação, sendo a significância avaliada pelo teste t a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

O índice de área foliar, na idade de 38 meses, decresceu a partir da linha de plantio até a metade da entrelinha (Figura 2), exceto para o clone 02 no arranjo (2x2) + 10 m e dos clones 58 e 62 no arranjo 9x3 m, que mantiveram valores similares em todos os pontos de avaliação. Para maiores idades, especialmente aos 62 meses, os valores de IAF se mantiveram praticamente constantes, exceto para os clones 19 e GG100, no arranjo (2x2) + 10 m e, para o clone 02 nos três arranjos. As equações foram ajustadas apenas para a faixa de medição do IAF, ou seja, até a metade da distância da entrelinha. O clone 02, no arranjo (2x2) + 10 m, foi o único que apresentou valor de IAF, aos 62 meses, maior que aos 38 meses, em todos os pontos.

Os clones avaliados apresentaram comportamento diferenciado, nas diferentes idades, quanto à relação entre o IAF do povoamento e o espaçamento (12 a 27 m²/planta) (Figura 3). O clone 62 apresentou a menor variação nos valores de IAF em relação aos espaçamentos estudados, nas três idades, enquanto o clone 58 apresentou baixa variação no IAF médio, aos 50 e 62 meses e, decréscimo acentuado aos 38 meses. Nas maiores idades, especialmente aos 62 meses, existe a tendência de IAF mais elevado quando o espaçamento é de 18 m² por planta para os clones 19, 02 e GG100.

O índice de área foliar aos 38 meses foi menor no arranjo 9x3 m, exceto para o clone 02 que não apresentou diferença entre arranjos espaciais pelo teste t ($p > 0,05$) (Tabela 2). Comportamento similar foi observado aos 50 meses para os clones 62, 19, 02 e GG100, sendo que o clone 58 apresentou diferença ($p < 0,05$) entre todos os três arranjos. Aos 62 meses, o IAF para os clones 58 e 62 não diferiram ($p > 0,05$) entre arranjos espaciais.

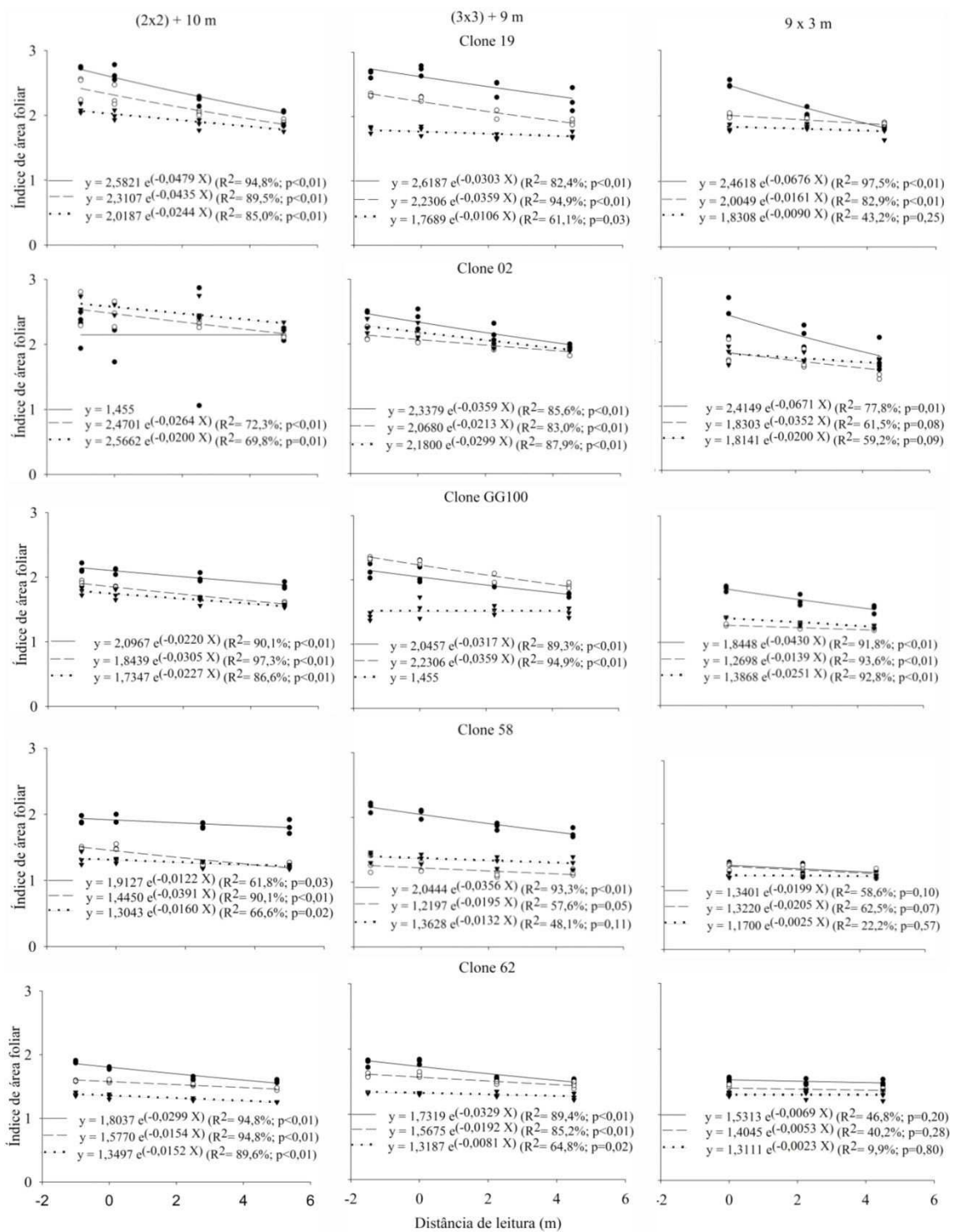


Figura 2. Índice de área foliar (Y) aos 38 (círculo fechado), 50 (círculo aberto) e 62 meses (triângulo fechado) em diferentes distâncias (X) em relação à linha de plantio em sistemas silvipastoris com cinco clones de eucalipto e três arranjos espaciais de plantio em Vazante, MG. Sendo: distância negativa - medição na interseção entre diagonais de quatro plantas na linha dupla de plantio. As demais medições foram realizadas a 0, ¼ e ½ da maior distância entre duas linhas de plantio

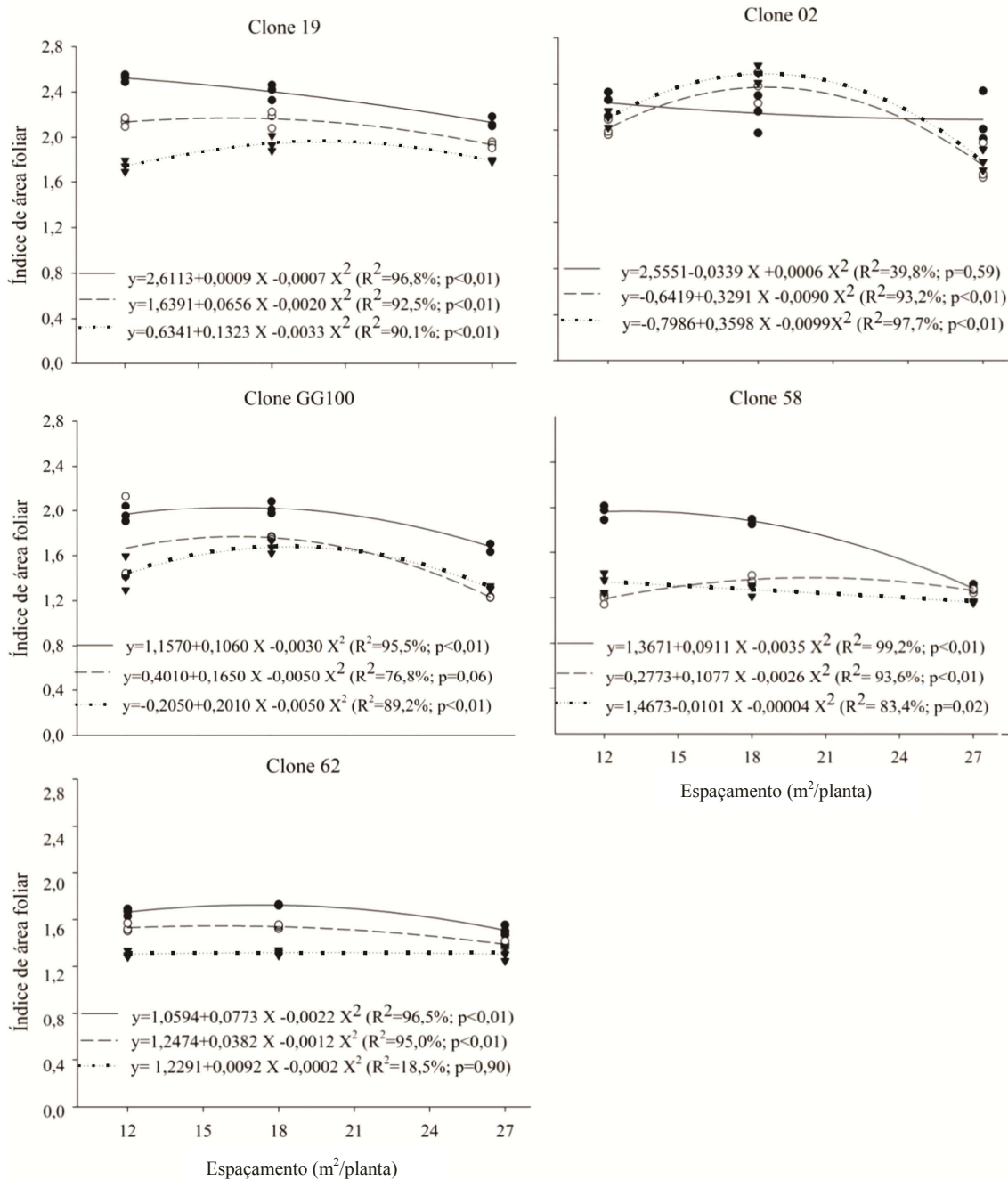


Figura 3. Índice de área foliar (Y) do dossel arbóreo em função do espaçamento (X), aos 38 (círculo fechado), 50 (círculo aberto) e 62 meses (triângulo fechado), em sistemas silvipastoris com cinco clones de eucalipto, em Vazante, MG. Sendo: espaçamentos de 12, 18 e 27 $m^2/planta$ correspondentes aos arranjos (2x2) + 10 m, (3x3) + 9 m e 9x3 m, respectivamente

Tabela 2. Índice de área foliar do dossel arbóreo aos 38, 50 e 62 meses após plantio em sistemas silvipastoris com cinco clones de eucalipto e três arranjos espaciais de plantio, em Vazante, MG

Idade (mês)	Clone	Arranjos espaciais		
		(2x2) + 10 m	(3x3) + 9 m	9x3 m
38	19	2,40 aA	2,52 a A	2,13 b A
	02	2,15 aAB	2,24 a AB	2,09 a AB
	GG100	2,03 a B	1,97 a C	1,68 b B
	58	1,87 a B	1,96 a BC	1,28 b C
	62	1,72 a C	1,66 a D	1,51 b B
50	19	2,16 aA	2,14 a A	1,93 b A
	02	2,37 aA	2,01 a A	1,69 a AB
	GG100	1,76 a B	1,66 abAB	1,23 b C
	58	1,36 a D	1,19 b C	1,26 ab C
	62	1,54 a C	1,53 a B	1,39 b B
62	19	1,94 a B	1,75 b B	1,79 ab A
	02	2,37 aA	2,01 bA	1,69 cA
	GG100	1,67 a C	1,43 ab BC	1,31 b B
	58	1,27 a D	1,34 a C	1,16 a C
	62	1,32 a D	1,31 a C	1,30 a B

Médias com as mesmas letras minúsculas, na linha, ou maiúscula, na coluna, não diferem significativamente pelo teste t ($p>0,05$)

Os clones 19 e 02 apresentaram, de modo geral, maiores valores de IAF nos três arranjos espaciais de plantio avaliados.

O IAF apresentou correlação negativa com o espaçamento nos sistemas com os clones 02 (-0,99), GG100 (-0,97), 19 (-0,95), 62 (-0,94) e 58 (-0,60).

As produções de massa seca de braquiária variaram com o arranjo espacial de plantio apenas para os SSP com os clones 62 e GG100 (Tabela 3). A produção de braquiária no sistema com o clone GG100 foi maior no espaçamento menos denso (27 m² /planta, arranjo 9x3 m) em comparação com os demais. No sistema com o clone 62, observa-se a menor massa seca da forrageira no espaçamento de 12 m²/planta (arranjo (2x2) + 10 m).

Observa-se na Tabela 3 o efeito do clone sobre a produção da braquiária, em todos os arranjos espaciais. A produção de braquiária no sistema com o clone 62 foi maior ($p<0,05$) do que com os demais clones, nos arranjos (3x3) + 9 m e 9x3 m. No arranjo (2x2) + 10 m, mais adensado, houve maior produção nos sistemas com os clones 58 e 19. As menores produções de massa seca ocorreram nos sistemas silvipastoris com os clones GG100, nos arranjos (2x2) + 10 m e (3x3) + 9 m, e com clone 02, nos arranjos (2x2) + 10 m e 9x3 m.

Tabela 3. Produção de matéria seca de braquiária (Mg ha^{-1}) aos 50 meses em sistemas silvipastoris com cinco clones de eucalipto e três arranjos espaciais de plantio, em Vazante, MG

Clone	Arranjos espaciais		
	(2x2) +10 m	(3x3) + 9 m	9x3 m
19	1,705 a A	1,948 a AB	1,840 aAB
02	0,849 a B	1,576 a AB	1,042 aB
GG100	0,878 b B	1,439 b B	2,456 aAB
58	1,604 a A	2,033a AB	2,256 aAB
62	1,463 bAB	2,646 a A	2,259 aA

Médias com mesmas letras minúsculas na linha ou maiúscula na coluna não diferem pelo teste t ($p > 0,05$).

Avaliando a distribuição de massa seca de braquiária a diferentes distâncias da linha de plantio (Figura 4), observou-se que quando a distância entre plantas foi de apenas 2 m, ou seja, no arranjo (2x2) +10 m, houve tendência de maior produção na parte central das entrelinhas (clones 19, 58 e 02). Neste arranjo espacial, ocorreu distribuição de massa seca da braquiária mais uniforme em toda a extensão da maior entrelinha, para o clone GG100. Quando a distância entre plantas foi de 3 m no arranjo com linha dupla ((3 x 3) + 9 m), houve tendência de redução na produção de massa seca de braquiária ao longo da entrelinha, exceto para o clone 58 que apresentou produção uniforme. No arranjo 9x3 m houve decréscimo para os clones 19 e 02 e maior produção na área central da entrelinha para os demais clones.

De forma geral, houve uma tendência de maior produção da braquiária no espaçamento mais amplo ($27 \text{ m}^2/\text{planta}$). A massa seca de braquiária apresentou correlação negativa com o IAF no SSP com o clone GG 100 (-0,99) e 58 (-0,72), tendo sido observada baixa correlação negativa para os demais clones.

A área de projeção de copa variou entre os arranjos espaciais de plantio apenas para os clones 62 e 58 (Tabela 4, Figura 5). Estes clones apresentaram a menor projeção de copa e raio médio no espaçamento mais denso ($12 \text{ m}^2/\text{planta}$, arranjo (2x2) + 10 m). A projeção de copa não variou entre clones no espaçamento mais denso, porém, nos mais amplos observou-se que o clone 62 apresentou projeção de copa maior ($p < 0,05$) do que os demais clones.

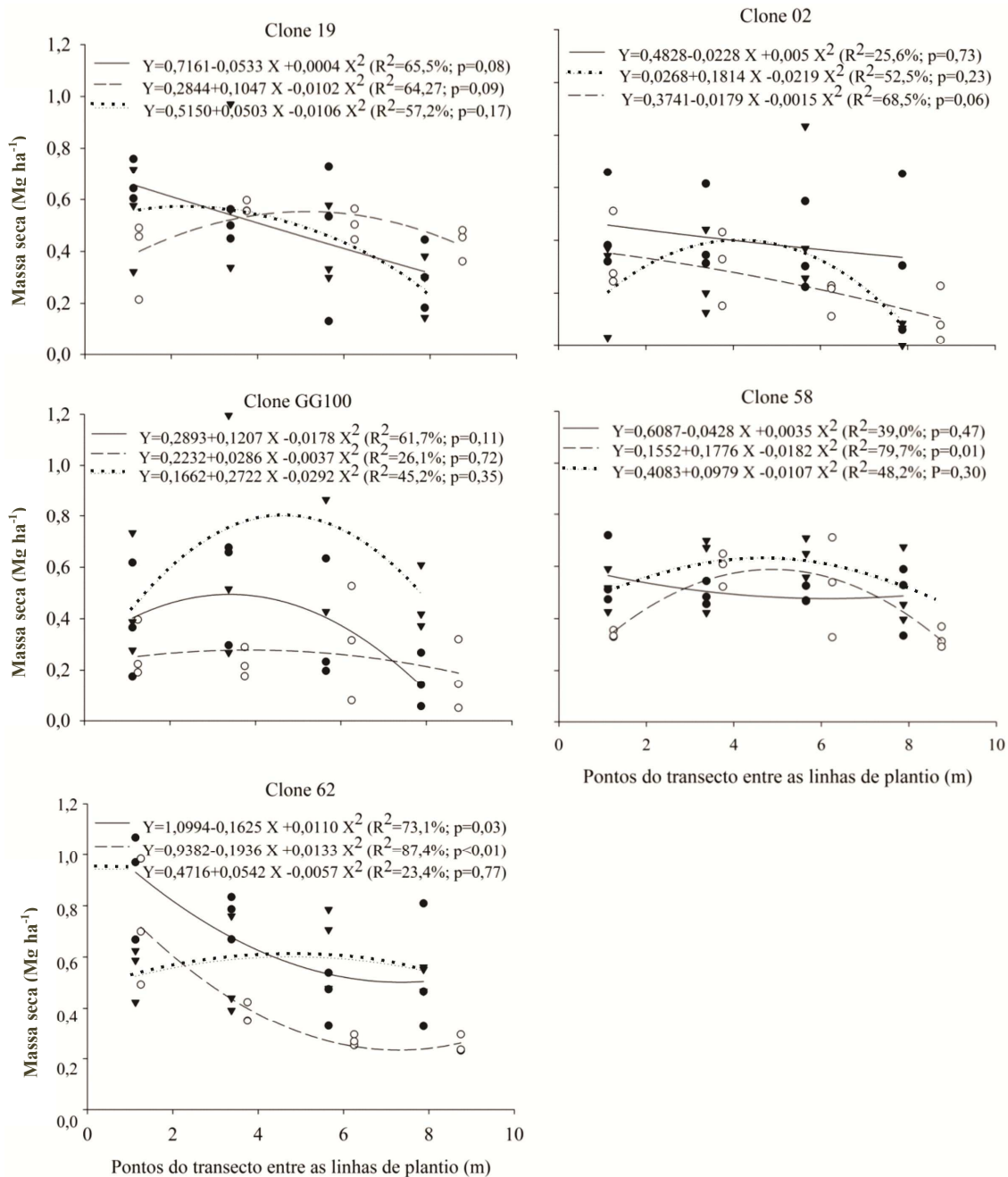


Figura 4. Massa seca de braquiária (Y) em diferentes distâncias em relação à linha simples ou dupla de plantio (X), aos 50 meses após plantio, em sistema silvipastoril, com cinco clones de eucalipto, nos arranjos espaciais (2x2) + 10 m (círculo aberto com linha tracejada), (3x3) + 9 m (círculo fechado com linha sólida) e 9 x 3m (triângulo fechado com linha pontilhada) em Vazante, MG. Sendo: nos arranjos com 9 m entre as linhas - medição entre 0-2,25 m; 2,25-4,5 m, 4,5-6,75 m; 6,75-9 m e no arranjo com 10 m; medição entre 0-2,5 m; 2,5-5,0 m, 5,0-7,5 m; 7,5-10 m

Tabela 4. Área (m²) e raio (m) de projeção de copa de cinco clones de eucalipto, em sistemas silvipastoris em três arranjos espaciais de plantio, em Vazante, MG

Clone	Arranjos espaciais		
	(2x2) +10m	(3x3) +9m	9x3m
19	11,7 (1,99) a A	13,8 (2,21) a B	18,5 (2,53) a B
02	15,5 (2,31) a A	18,0 (2,51) a AB	19,6 (2,62) a B
GG100	10,1 (1,86) a A	14,3 (2,22) a B	15,1 (2,28) a B
58	13,1 (2,11) bA	18,3 (2,54) abAB	19,9 (2,65) a B
62	10,5 (1,92) bA	22,9 (2,82) a A	24,7 (2,92) aA

Médias com mesmas letras minúsculas, na linha, ou maiúscula, na coluna, não diferem pelo teste t (p>0,05).

O IAF apresentou correlação negativa com a área de projeção de copa para os clones 02 (-0,99), 19 (-0,99), 58 (-0,80), GG100 (-0,75) e 62 (-0,64). Foi observada uma correlação positiva entre o espaçamento e a projeção de copa para todos os clones de eucalipto analisados.

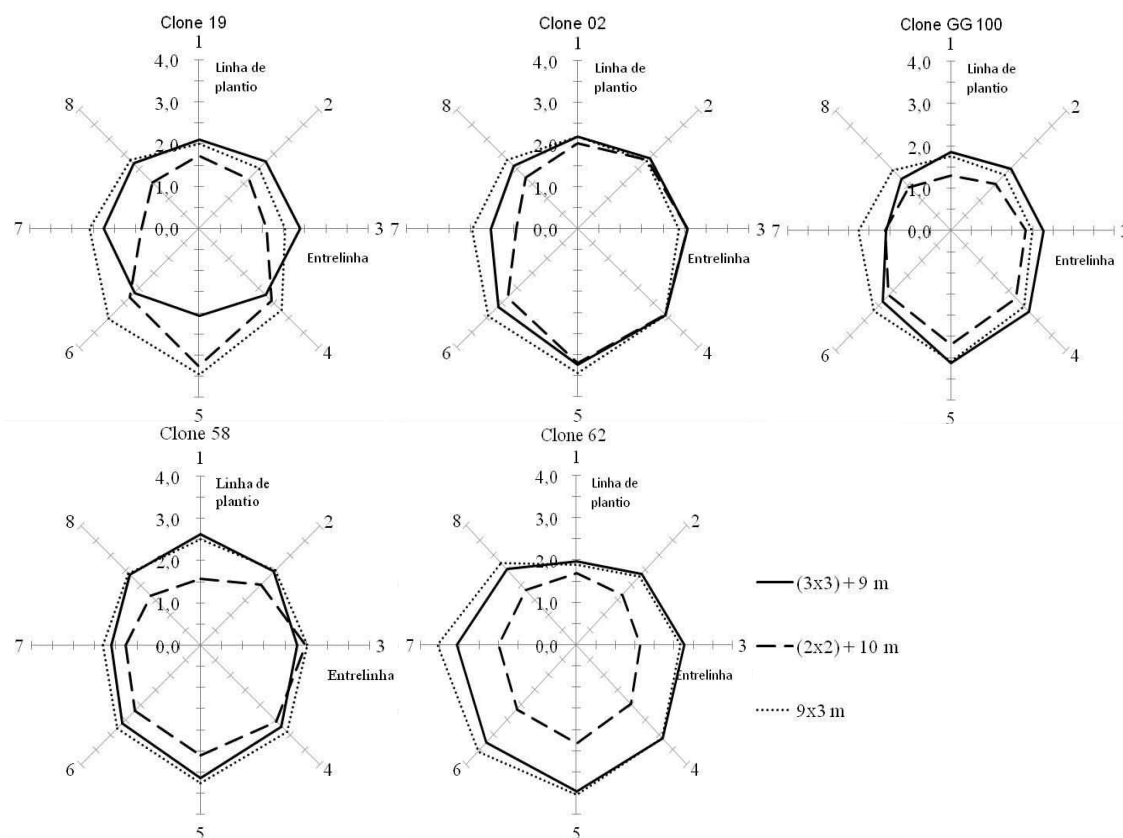


Figura 5. Projeção de copa (m) determinada a partir do maior raio, em oito posições ortogonais da copa, aos 38 meses, em sistemas silvipastoris com cinco clones de eucalipto, nos arranjos espaciais de plantio (3x3) + 9 m (linha contínua), (2x2) + 10 m (linha tracejada), e 9 x 3 m (linha pontilhada), em Vazante, MG

4. DISCUSSÃO

As diferenças na dinâmica de copa e na produção da braquiária em função dos clones de eucalipto estudados e dos arranjos espaciais de plantio indicam a possibilidade de maximizar a produção do sistema, adotando-se genótipos e arranjos adequados. O componente arbóreo de um sistema silvipastoril deve ser estabelecido de forma a se obter produção elevada do sistema, englobando as árvores e a pastagem (NAIR, 1993), devendo-se, para isto, escolher genótipos produtivos e que apresentem reduzida competição com a pastagem (ROZADOS-LORENZO et al., 2007). A disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) é um dos fatores que pode afetar a produção da pastagem ou culturas agrícolas no sub-bosque (PACIULLO et al., 2011).

O IAF, em razão de apresentar estreita relação com a transmitância da RFA e, ser de fácil obtenção no campo, tem sido utilizado em substituição à RFA (CHAVES et al., 2007; ROZADOS-LORENZO et al., 2007; DEVKOTA et al., 2009; PAULA et al., 2013). A transmitância da RFA para o sub-bosque bem como o IAF dependem de características da copa, da idade, do arranjo espacial das árvores, da orientação das linhas de plantio, bem como de métodos de manejo como desbaste e desrama artificial, dentre outros (XAVIER et al., 2002; CHAVES et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2007; DEVKOTA et al., 2009; OLIVEIRA NETO et al., 2010; PRASAD et al., 2010; FONTAN et al., 2011; PACIULLO et al., 2011).

A obtenção de dados de IAF ou radiação a diferentes distâncias da linha de plantio das árvores em sistemas silvipastoris é recente (BURNER, BRAUER, 2003; FONTAN, 2007; PRASAD et al., 2010; PACIULLO et al., 2011).

No presente estudo, observou-se decréscimo de IAF a partir da linha de plantio até a metade da entrelinha, para a maioria dos clones, principalmente aos 38 meses de idade, porém, houve tendência de similaridade no IAF em idades mais avançadas. Em idades mais jovens, o IAF pode ser substancialmente maior na linha de plantio em relação ao centro da entrelinha em razão do reduzido tamanho das plantas e maior efeito da copa que se encontra mais próximo da superfície do solo, na linha de plantio.

Fontan (2007) obteve IAF médio de 1,51 e 0,67 na linha de plantio e de 0,19 e 0,02 na entrelinha, para os clones 19 (híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*) e 58 (híbrido de *E. camaldulensis* x *E. grandis*), respectivamente, entre as idades de 12 e 15 meses após o plantio, em SSP com espaçamento de 9,5 x 4,0 m. Cacau (2008) relatou

valores de IAF na linha (entrelinha) de plantio, de 0,72(0,81), 1,34(1,29) e 1,17(1,06), nas idades de 24, 36 e 42 meses, para o clone 58, no espaçamento de 9,5x4,0 m, demonstrando a tendência de diminuição da diferença entre linha e entrelinha com o aumento da idade do povoamento, conforme observado no presente estudo.

Prasad et al. (2010), também, observaram redução substancial na diferença entre linha e entrelinha com o aumento da idade do povoamento. A magnitude dessas diferenças depende do arranjo espacial, principalmente no que se refere a distâncias entre linhas de plantio ou entre renques (conjunto de linhas de plantio da árvore) e do número de linhas de plantio em cada renque. Paciullo et al. (2011) relataram aumento da RFA a partir da linha de plantio até a distância de 14,9 m em um arranjo com renques de quatro linhas de plantio implantadas com 3x3 m, com distância de 30 m entre os renques, na idade de 9,5 a 10,5 anos. Prasad et al. (2010) observaram maior diferença na RFA entre o centro da entrelinha e a linha de plantio de *Eucalyptus tereticornis* nos arranjos com maior distância entre linhas de plantio. A interação entre disponibilidade de radiação e linha e entrelinha de plantio foi significativa em várias idades do povoamento de clone de eucalipto, em arranjos espaciais em monocultivo e SAF (OLIVEIRA et al., 2007).

No presente estudo observou-se decréscimo do IAF com o aumento do espaçamento principalmente aos 38 meses de idade, com tendência de maior similaridade entre espaçamentos em maiores idades. A análise desses resultados deve se basear no espaçamento, bem como no arranjo espacial, principalmente para número de linhas de plantio em cada renque, proximidade das plantas e distância entre renques. Prasad et al. (2010) observaram aumento da transmitância média da RFA com o aumento da distância entre renques, independente do arranjo em linha simples ou dupla. Porém, segundo Paula et al. (2013), a maior proximidade das plantas no renque, como ocorre no arranjo (2x2) + 10 m, pode interferir na transmitância média da radiação.

A tendência de redução do IAF com a idade para a maioria dos clones e espaçamentos (Figura 3), foi observada, também, para três clones estabelecidos no arranjo espacial de 3x3m, com a idade entre 12 a 84 meses (XAVIER et al., 2002), embora estes autores tenham observado valores constantes de IAF para dois clones ao longo deste período. Lima (2003) relatou aumento do IAF em povoamento de eucalipto (3x3 m) entre a idade de 16 a 40 meses, atingindo valores médios de 1,06, 2,77 e 2,94 aos 16, 28 e 40 meses de idade, indicando rápido aumento até 28 meses, seguido de ligeira estagnação.

Usualmente, o IAF cresce até o fechamento do dossel, podendo manter-se estável por um período, decrescendo a seguir, conforme revisto por Forrester et al. (2010). A idade em que ocorre o fechamento do dossel e o decréscimo do IAF depende da capacidade de sítio, da densidade populacional, dentre outros. Observa-se que no presente estudo o IAF decresce com a idade, com maior intensidade, no povoamento mais denso (12 m^2), cujo arranjo é $(2 \times 2) + 10 \text{ m}$. Como a distância entre plantas é reduzida na linha e na entrelinha, o fechamento do dossel no renque ocorre mais cedo, promovendo abscisão foliar intensa e rápido decréscimo do IAF em idades subsequentes. Por outro lado, no espaçamento de 18 m^2 essa competição é menor em razão de maior distância entre plantas (3 m), o que deve favorecer a manutenção de maior proporção de copa viva. As diferenças de IAF entre clones ocorrem em razão de diferenças nas características da copa, destacando-se diâmetro e comprimento dos galhos, altura de inserção do primeiro galho vivo, o que determina a altura da copa, e arranjo das folhas/galhos na copa (FONTAN, 2007).

O IAF varia com o genótipo (XAVIER et al., 2002; ALVES, 2011) e esta informação auxilia na definição de materiais mais adequados para o estabelecimento de sistemas silvipastoris, uma vez que a produção da pastagem depende, dentre outros, de disponibilidade adequada de radiação fotossinteticamente ativa (OLIVEIRA NETO et al., 2010; PACIULLO et al., 2007, 2011).

Alves (2011) obteve IAF variando de 0,61 a 1,56, aos 13 meses de idade, e 2,31 a 3,48 aos 21 meses, para 16 clones de eucalipto, no espaçamento $3 \times 3 \text{ m}$. Os híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis* ou de *E. urophylla* apresentaram os valores mais elevados de IAF nas duas idades. O GG100 e o 02 apresentaram baixos valores aos 13 meses, porém, aos 21 meses, juntamente com o clone 19, ficaram entre os cinco maiores IAF aos 21 meses. Fontan (2007), também, relatou menor IAF para o clone 58 em comparação ao clone 19. Os clones 58 e 62 (híbridos de *E. camaldulensis*) ficaram entre os quatro menores valores de IAF.

No presente estudo foi também observado que os clones 58 e 62, que apresentam galhos finos e pendentes, apresentaram os menores valores de IAF, independente do arranjo espacial, nas idades de 38 a 62 meses. Essa característica da copa implica em menor IAF e permite maior transmissividade da radiação para o sub-bosque (FONTAN, 2007; PAULA et al, 2013), favorecendo o seu uso em sistemas silvipastoris. O clone GG100, segundo Alves (2011) apresenta aumento contínuo na taxa de crescimento, sendo que a partir de 31 meses permanece entre os quatro clones de maior volume. Em

razão dessa elevada taxa de crescimento, a desrama natural se intensifica, implicando em redução do IAF, e conseqüente maior transmissividade da RFA. Assim, este clone também poderia ser indicado para SSP.

A depender da produção do clone e da sua qualidade para madeira serrada, a desrama artificial e o desbaste podem ser usados para reduzir o IAF (CHAVES et al., 2007; FONTAN, 2007; DEVKOTA et al., 2009; FONTAN et al., 2011) e, assim, manter elevada produtividade da pastagem, com aumento do valor da madeira.

Paciullo et al. (2007) encontraram maior produção de *Brachiaria decumbens* a pleno sol, na primeira avaliação, quando comparada com áreas sombreadas pelas árvores de *E. grandis* (aos 6 anos após o plantio) e o IAF foi maior onde a massa seca foi menor, e em um ano, na segunda medição após um desbaste no SSP, a diferença de produção de braquiária entre as duas áreas desapareceram, indicando uma possível correlação negativa entre a produção desta pastagem e o IAF.

A massa seca de braquiária apresentou grande dispersão ($R^2 = 0,23$ a $0,73$), em relação à sua distribuição entre as linhas de plantio ($R^2 = 0,77$) conforme observado para o clone 62 no arranjo $(2 \times 2) + 10$ m. Estes resultados permitem concluir que a produção da braquiária pode ser maior em área sombreada ou a pleno sol, sendo influenciada pelo genótipo, arranjo espacial, e dinâmica de copa do componente arbóreo. Castro et al. (2009) não encontraram tendência consistente entre o nível de sombreamento e a produção de pastagem em estudo sobre sistema silvipastoril com *Acacia angustissima*, *A. mangium*, *A. auriculiformis*, *Albizia lebbek* e *Gliricidia sepium* e *Brachiaria decumbens*, quando avaliaram a massa seca de forragem no inverno, primavera e verão, em três níveis de sombreamento (0, 29% e 45%). No inverno, a massa seca foi maior sob pleno sol e 29% de sombreamento, e menor no sombreamento mais intenso (45%). Em parte, tal resultado contrasta com resultados obtidos por Wilson (1998), que levantou a hipótese de que o crescimento da pastagem poderia ser favorecido na época seca do ano, em condições de sombreamento, em função da redução da perda de água do solo, comparado com pleno sol.

A variação na produção de pastagem entre as linhas de plantio do componente arbóreo pode ser atribuída à distribuição aleatória de bolo fecal dos animais, influenciando a disponibilidade de nutrientes na pastagem (RADOMSKI; RIBASKI, 2012; SILVA, 2012); ou pela sombra das árvores e deposição de serapilheira (FREITAS et al., 2013; SILVA, 2012); ou pela compactação do solo na pastagem sob intenso pisoteio pelo gado em pontos específicos (MIGUEL et al., 2009; GREGO et al., 2012).

A matéria seca de *Brachiaria brizantha* teve a tendência de maior produção na parte central das entrelinhas nos arranjos (2x2) +10 m para os clones 19, GG100 e 58, e também no arranjo 9x3 m, com os clones GG100 e 58. Estes resultados confrontam com dados de Radomski e Ribaski (2012), que encontraram maior produção de *B. brizantha* na área de projeção de copa, em Tapejara-PR, em SSP com *Grevillea robusta* (30 x 3,5 m), em relação à distribuição da massa seca de pastagem. Este fato pode ser atribuído à fixação de nitrogênio pela *Grevillea robusta*, melhorando o solo próximo às árvores. Diversos estudos destacam a importância das leguminosas na manutenção e aumento da produção de pastagens em sistemas silvipastoris (SIERRA; NYGREN, 2006; SNYDER et al., 2007; DAUDIN; SIERRA, 2008; SIERRA; DAUDIN, 2010; FERREIRO-DOMÍNGUEZ et al., 2011).

Soares et al. (2009) verificaram que espécies forrageiras em povoamentos de *Pinus taeda*, com aproximadamente 10 anos de idade, apresentaram diminuição na produção de massa seca da forragem com a diminuição da radiação no interior do sistema. Entre essas espécies forrageiras destaca-se a *B. brizantha*, que teve maior produção de massa seca na entrelinha do que na projeção da copa das árvores.

Nos arranjos (3x3) + 9 m houve produção descendente de pastagem no sentido norte-sul entre as linhas de plantio em todos os clones e, também, no arranjo 9 x 3 m com os clones 19 e 02. Esta distribuição de massa seca pode ser devido à posição diferenciada em relação à sombra projetada pelas árvores ao longo do dia, ou declividade das árvores causadas pelo vento, já que, segundo Varella et al. (2009), a *B. brizantha* possui tolerância à sombra, sendo recomendada como espécie com alto potencial de produção em sistemas silvipastoris.

Os sistemas silvipastoris com os clones GG100 e 62 apresentaram menor produção de braquiária por hectare, no espaçamento mais denso (12m² /árvore) em relação aos espaçamentos mais amplos (27 e 18 m²/ árvore). Resultado semelhante foi encontrado por Burner e Brauer (2003) em sistema silvipastoril com pinus, sendo observada menor produção da forrageira nos espaçamentos mais densos, onde se mensurou também menor transmitância da radiação solar.

O efeito da densidade de árvores sobre a produção da pastagem foi encontrado também por Rozados-Lorenzo et al. (2007), em sistema silvipastoril com seis espécies arbóreas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Pinus pinaster* Aiton, *Pinus radiata* D. Don, *Betula alba* L., *Quercus rubra* L. e *Castanea sativa* Mill.), aos sete anos de idade. Os autores verificaram que este efeito da densidade de árvores sobre a produção da

pastagem foi maior nos primeiros seis meses do ano, enquanto que de julho a dezembro a produção de forragem foi menos afetada, e tornou-se mais evidente ao longo do tempo, sendo que na última análise evidenciou-se a relação inversa entre a densidade de plantação e a produção de forragem. Este estudo indicou, também, que a produção anual de pastagem sob diferentes espécies arbóreas apresentou correlação negativa com o IAF das árvores. Esses resultados corroboram com os encontrados no presente estudo nos arranjos espaciais de plantio com o clone GG100, onde foi observada correlação negativa (-0,98) entre o IAF e o espaçamento de plantio, e entre o IAF e a produção de massa seca de pastagem (-0,99).

Em relação à projeção de copa, observa-se uma relação direta com o espaçamento em todos os clones avaliados, ou seja, quanto maior o espaçamento maior a projeção de copa. O clone 62 apresentou a maior projeção de copa nos arranjos (2x2) + 10 m e 9x3 m. Em observação de campo, foi verificado que estas árvores apresentam maior porte (volume e diâmetro). Estes resultados são explicados por Binkley et al. (2013), que concluíram que a absorção de luz está associada ao tamanho de copa das árvores individuais, com aumento praticamente linear na interceptação de luz com aumento na área foliar, o que favorece o acúmulo de biomassa do tronco das árvores.

5. CONCLUSÕES

O índice de área foliar variou com o arranjo espacial, o espaçamento e o clone de eucalipto o que interfere na produção da pastagem. Assim, esta variável pode auxiliar na seleção de genótipos de espécies florestais a serem utilizados na composição de sistemas silvipastoris bem como na definição do arranjo espacial de plantio mais adequado.

A produção da braquiária, de modo geral, foi maior na parte central das entrelinhas, do que abaixo das copas, havendo necessidade de estabelecer os ganhos na produção de matéria seca da braquiária com o aumento de distância nas entrelinhas superior os 9 (arranjo 9x3m) a 10m ((2x2) +10m), para os clones 62 e GG100.

O clone 62 apresentou a copa mais densa e de maior projeção o que pode interferir negativamente na produção de braquiária, ao passo que o clone GG100 foi o de copa menos compacta, e de menor projeção, favorecendo a transmitância de radiação nas entrelinhas, tornando este último genótipo com maior possibilidade para uso em sistemas silvipastoris, quando as forrageiras forem menos tolerantes ao sombreamento.

É importante que haja uma avaliação dos genótipos do componente arbóreo e respectivo arranjo espacial de plantio, em conjunto com a produção da forrageira, para que a produção total do sistema silvipastoril seja maximizada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, V. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.11-32.

ALVAREZ, J. et al. Factors influencing the growth of radiata pine plantations in Chile. **Forestry**, 86(1), 13-26, 2013.

ALVARES, C.A., et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ALVES, F. F. **Seca de ponteiros e crescimento de clones de eucalipto em diferentes doses de adubação**. 2011. 48f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

ANDRADE, C. M. S. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.8, p.1845-1850, 2003.

ANDRADE, C. M. S. et al. Transmissão de luz em sistemas silvipastoris com eucalipto. **Revista Árvore**, v. 26, n. 1, p. 19-23, 2001.

AZEVEDO, C. M. B. C. de et al., Desempenho de espécies florestais e pastagens em sistemas silvipastoris no Estado do Pará. **Pesquisa Florestal Brasileira (Online)**, v. 60, p. 57-65, 2009.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.77-87, 2009.

BINKLEY, D. et al. Light absorption and use efficiency in forests: Why patterns differ for trees and stands. **Forest Ecology and Management**, v.288, p.5-13, 2013.

BURNER, D. M.; BRAUER, D. K.. Herbage response to spacing of loblolly pine trees in a minimal management silvopasture in southeastern USA. **Agroforestry Systems**, v. 57, n.1, p. 69–77, 2003.

CACAU, F. V. et al. Decepa de plantas jovens de eucalipto e manejo de brotações, em um sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.11, p.1457-1465, 2008.

CASTRO, C. R. T. et al. Características agrônômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 19-25, dez. 2009. Edição especial.

CHAVES, R. A. et al. Dinâmica de cobertura de dossel de povoamentos de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden submetidos a desrama artificial e desbaste. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p.989-998, 2007.

CORDEIRO, I. M. C. C et al. Comportamento do curauá sob diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa em condições de cultivo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.49-53, 2010.

DAS, D. K.; CHATURVEDI, O. P. Root biomass and distribution of five agroforestry tree species. **Agroforestry Systems**, v. 74, n. 3, p. 223–230, 2008.

DAUDIN, D.; SIERRA, J. Spatial and temporal variation of below-ground N transfer from a leguminous tree to an associated grass in an agroforestry system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 126, 3-4, p. 275-280, 2008.

DEVKOTA, N. R. et al. Relationship between tree canopy height and the production of pasture species in a silvopastoral system based on alder trees. **Agroforestry Systems**, v.76 p.363-374, 2009.

DOVEY, S. B.; TOIT, B. Calibration of LAI-2000 canopy analyser with leaf area index in a young eucalypt stand. **Trees**, v. 20, n. 3, p. 273–277, 2006.

DUBÈ, F. et al. A simulation model for evaluating technical and economic aspects of an industrial *Eucalyptus*-based agroforestry system in Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, v.55, p. 73–80. 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2006.

FASSBENDER, H. W. **Bases edafológicas de los sistemas de producción agroforestales**. Turrialba: CATIE, 1984. 191 p.

FERREIRO-DOMÍNGUEZ, N.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M. R. Response to sewage sludge fertilisation in a *Quercus rubra* L. silvopastoral system: Soil, plant biodiversity and tree and pasture production. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 141, n. 1-2, p. 49-57, 2011.

FLORES, F.J. et al. D. Using multispectral satellite imagery to estimate leaf area and response to silvicultural treatments in loblolly pine stands. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 36, p. 1587–1596, 2006.

FONTAN, I. C. I. **Dinâmica de copa e crescimento de clones de eucalipto submetidos a desrama, em sistema agroflorestal**. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2007.

FONTAN, I. C. I et al. Growth of pruned eucalypt clone in an agroforestry system in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 83, p.121–131, 2011.

FONTANELI, R. S. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p. 283-328.

FORRESTER, D. I. et al. Growth and physiological responses to silviculture for producing solid-wood products from Eucalyptus plantations: An Australian perspective. **Forest Ecology and Management**, v.15 n.4, p1819–1835, 2010.

FREITAS, E. C. S. de et al. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, 2013.

GONÇALVES, M. R.; PASSOS, C. A. M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciencia Florestal Santa Maria**. v. 10, n. 2, p.145-161, 2000.

GREGO, C.R. et al. Variabilidade espacial do solo e da biomassa epígea de pastagem, identificada por meio de geostatística. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1404-1412, 2012.

GRIGG, A. H. et al. Does initial spacing influence crown and hydraulic architecture of *Eucalyptus marginata*. **Tree Physiology**, v. 28, n. 5, p. 753–760, 2008.

HINGSTON, F. J.; GALBRAITH, J. H.; DIMMOCK, G. M. Application of the process-based model BIOMASS to *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* plantations on ex-farmland in south western Australia - I. Water use by trees and assessing risk of losses due to drought. **Forest Ecology and Management**, v. 106, p. 141-156, 1998.

KING, K. F. S. Concepts of agroforestry. In: CONFERENCE ON INTERNATIONAL COOPERATION IN AGROFORESTRY, 1979, **Anais...** Nairobi, ICRAF, 1979. P. 1-13.

KRUSCHEWSKY, G. C. et al. Estudo da densidade de fluxo de fótons em sistema agrossilvipastoril com eucalipto. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2006, Campos dos Goytacazes, RJ. **Anais...**Campos dos Goytacazes, 2006.

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

LIMA, A. P. L. **Desrama artificial em clone de *Eucalyptus grandis* (HILL ex MAIDEN): efeitos sobre o crescimento, a dinâmica de copa e o tempo de desrama.** 200f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.

MACEDO, R. L. G. et al. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agrônômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, 701-709, 2006.

MAIRE, G.L. et al. Leaf area index estimation with MODIS reflectance time series and model inversion during full rotations of *Eucalyptus* plantations. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, p. 586-599, 2011.

- MCDOWELL N. G. et al. The role of stand density on growth efficiency, leaf area index and resin flow in southwestern ponderosa pine forests. **Canadian Journal of Forest Research**, v.37, p. 343–355, 2007.
- MEDHURST, J. L.; BEADLE, C. L. Crown structure and leaf area index development in thinned and unthinned *Eucalyptus nitens* plantations. **Tree Physiology**, v. 21, n. 12-13, p. 989–999, 2001.
- MIGUEL, F.R.M.; VIEIRA, S.R.; GREGO, C.R. Variabilidade espacial da infiltração de água em solo sob pastagem em função da intensidade de pisoteio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1513-1519, 2009.
- MONTE, M. A. et al. Métodos indiretos de estimação da cobertura de dossel em povoamentos de clone de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.769-775, 2007.
- NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p.499, 1993.
- NICODEMO, M. L. F. et al. Desenvolvimento inicial de espécies florestais em sistema silvipastoril na Região Sudeste. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 60, p. 89-92, 2009.
- OLIVEIRA, C. H. R. et al. Área foliar e biomassa de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clone de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p.59-68, 2008.
- OLIVEIRA, T. K. de et al. Radiação solar no sub bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v.13, p.40-50, 2007.
- OLIVEIRA NETO, S. N. et al. Arranjos estruturais do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril e seu manejo por desrama e desbaste. **Informe Agropecuário**, v. 31, p. 47-58, n. 257, 2010.
- PACIULLO, D. S. C. et al. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1528-1535, 2009.
- PACIULLO, D. S. C. et al. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distânciadas árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1176-1183. 2011.
- PACIULLO, D. S. C. et al. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.7, p.917-927, 2008.
- PACIULLO, D. S. C. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.573-579, 2007.
- PAULA, R. R et al. Eucalypt growth in monoculture and silvopastoral systems with varied tree initial densities and spatial arrangements **Agroforestry Systems**, v. 87, p.1295–1307, 2013.

- PRASAD, J. V. N. S. et al. Tree row spacing affected agronomic and economic performance of *Eucalyptus*-based agroforestry in Andhra Pradesh, Southern India. **Agroforestry Systems**, v. 78, n. 2, p. 253–267, 2010.
- RADOMSKI MI, RIBASKI J. Fertilidade do solo e produtividade da pastagem em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.32, n. 69, p.53-61, 2012.
- ROZADOS-LORENZO, M. J. et al. Pasture production under different tree species and densities in an Atlantic silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v. 70, n.1, p. 53-62, 2007.
- SANTIAGO, A. R. et al . Monocultivo de eucalipto e consórcio com sesbânia: crescimento inicial em cavas de extração de argila. **Revista Árvore**, v. 33, n. 1, 2009.
- SIERRA, J.; NYGREN, P. Transfer of N fixed by a legume tree to the associated grass in a tropical silvopastoral system. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, n. 7, p. 1893 – 1903, 2006.
- SIERRA, J.; DAUDIN, D. Limited ¹⁵N transfer from stem-labeled leguminous trees to associated grass in an agroforestry system. **European Journal of Agronomy**, v. 32, n. 3, p. 240-242, 2010.
- SILVA, J. M. da. **Atributos do solo em função da distribuição das excretas bovinas em sistema silvipastoril**. 2012. 70 p. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente – SP.
- SILVEIRA, D. de P. et al . Classificação de árvores de eucalipto para postes em sistema agroflorestal. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, 2011 .
- SNYDER, L. J. U. et al. Growth characteristics and allometry of *Robinia pseudoacacia* as a silvopastoral system component. **Agroforestry Systems**, v. 70, n.1, p. 41–51, 2007.
- SOARES, A.B. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.443-451, 2009.
- VARELLA, A. C. et al. Estabelecimento de plantas porrageiras em Sistemas de Integração Floresta-pecuária no Sul do Brasil. In: Fontaneli, R. S. et al. (org.) **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009.
- WALL, A. J. et al. Evaluation of easily measured stand inventory parameters as predictors of PAR transmittance for use in poplar silvopastoral management. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 139, n. 4, p. 665-674, 2010.
- WANDELLI, E.V.; MARQUES FILHO, A.O. Medidas de radiação solar e índice de área foliar de coberturas vegetais. **Acta Amazonica**, v.29, n. 1, p. 57-78, 1999.
- WILSON, J. R. Influence of planting four tree species on the yield and soil water status of green panic pasture in subhumid south-east Queensland. **Tropical Grassland**, v. 32, p. 209-220, 1998.

XAVIER, A. C.; SOARES, J. V.; ALMEIDA, A. C. Variação do Índice de Área Foliar em clones de eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. **Revista Árvore**, v.26, n. 4, p.421-427, 2002.

CAPÍTULO II

MANEJO DE EUCALIPTO POR TALHADIA EM SISTEMAS SILVIPASTORIS: EFEITO SOBRE A DINÂMICA DE COPA E PRODUÇÃO DE BRAQUIÁRIA SOB DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

RESUMO

As florestas plantadas de eucalipto em sistemas silvipastoris manejadas por talhadia devem favorecer a produção de madeira e de braquiária. A produção de massa seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, o índice de área foliar (IAF) e a projeção de copa em povoamentos de cinco clones de eucalipto, nos arranjos espaciais (2x2) + 10 m, (3x3) + 9 m e 9x3 m, decepadas aos 11,5 meses e manejados por talhadia, foram determinados com o objetivo de subsidiar a escolha adequada de arranjos espaciais de plantio do componente arbóreo. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Aos 11,5 meses após o plantio, as plantas de eucalipto foram decepadas. O IAF dos povoamentos de eucalipto foi obtido aos 38, 50 e 62 meses após o plantio, com medições a partir da linha de plantio até a metade da distância da entrelinha. A massa seca da braquiária foi amostrada na entrelinha de plantio. A projeção de copa foi obtida em oito posições a cada 45° aos 38 meses. Houve redução do IAF com o aumento da idade das brotações e com a diminuição da densidade de plantio das árvores para a maioria dos arranjos espaciais e clones avaliados. A produção da braquiária respondeu diferentemente aos arranjos espaciais em relação aos cinco clones, tendo sido observado ora aumento ora redução na massa seca da braquiária, principalmente em face das características de copas dos clones estudados. Os resultados indicam a possibilidade de uso da decepta de plantas jovens na produção de madeira de menores dimensões, sem comprometer a produção da forrageira em sistemas silvipastoris, sendo alguns clones mais adequados para esses sistemas em razão de apresentarem copa rala, favorecendo a transmitância de radiação nas entrelinhas.

Palavras-chave: Espaçamento; decepta de plantas; sistemas agroflorestais; *Brachiaria brizantha*; brotação; clones de eucalipto; índice de área foliar

ABSTRACT

The eucalypt plantations in silvopastoral systems managed by coppicing should favor the production of the tree component and pasture. The dry mass production of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, the leaf area index (LAI) and the crown projection of five eucalypt clones, established in the spatial arrangements (2x2) + 10 m, (3x3) + 9 m and 9x3 m, managed by coppicing, were determined to provide the proper choice of arrangements for the establishment of a silvopastoral system. The experiment was conducted in a completely randomized design (CRD), with three replications. At 11.5 months after planting, eucalypt plants were decapitated. The pasture dry mass production between planting lines was evaluated along the inter-rows 50 months after tree planting. The LAI of the eucalypt plantation was obtained at 38, 50 and 62 months after planting, by taking measurements from the tree planting lines to the half of the distance between the tree rows. Tree crown projection was obtained in eight positions every 45° at the age of 38 months. It was observed LAI decrease with coppice sprouts age increase and tree planting density decrease for most spatial arrangements and clones. The pasture production dry mass responded differently to spatial arrangements for the five clones, either increasing or decreasing, due to differences in the tree clones crown characteristics. The results suggest the possibility of using coppicing of juvenile plants to produce wood of reduced diameter without compromising the forage production in silvopastoral systems, being some clones more appropriate for these systems due to their crown characteristics, such as low crown density.

Keywords: Spacing; coppice; agroforestry; *Brachiaria brizantha*; eucalypt clones, leaf area index

1. INTRODUÇÃO

Os povoamentos estabelecidos com eucalipto, em monocultura, eram inicialmente manejados por talhadia, em até três rotações subsequentes (REZENDE et al., 1980), em razão de sua elevada capacidade de emissão de brotação (BLAKE, 1983; SOUZA et al., 2012). Com a constante introdução de genótipos mais produtivos, observou-se intensificação da reforma de povoamentos em substituição ao manejo por talhadia (STAPE, 1997). Com a crise econômica mundial que ocorreu em 2008, as empresas florestais brasileiras reduziram as suas áreas de implantação e de reforma dos

povoamentos florestais de eucalipto, em favor da condução da brotação (ABRAF, 2013), uma vez que este tipo de manejo implica em redução de custos (CAMARGO et al., 1997).

Os estudos sobre a condução das florestas de eucalipto sob o regime de talhadia foram, em sua maioria, realizados em povoamentos de maior densidade, principalmente até a década de 90 (BALLONI; SILVA, 1978; PEREIRA et al., 1980; PAULA NETO et al., 1982; PAIVA et al., 1983; SIMÕES; COUTO, 1985; COUTO; GOMES, 1986; BARROS et al., 1997; REIS; REIS, 1997; STAPE, 1997; FARIA et al., 2002), destacando-se poucos trabalhos nos últimos 10 anos (CAVICHIOLO et al., 2004; SOUZA et al., 2012; SILVA, 2013).

As informações sobre o manejo da brotação de eucalipto em sistemas agroflorestais, em regime de talhadia, no Brasil, são recentes e escassos (OLIVEIRA, 2006; OLIVEIRA et al., 2008; CACAU, 2008; CACAU et al., 2008; LOPES, 2012; PAULA, 2011). Existem diferenças marcantes entre alto fuste e talhadia, no que se refere ao padrão de crescimento das árvores, especialmente em relação à copa, bem como no uso de água e nutrientes (KAUPPI et al., 1988; KAUPPI et al., 1990; REIS; REIS, 1991; DRAKE et al., 2012; SILVA, 2013). Harrington e Fownes (1995) relataram que a interceptação de radiação foi maior em povoamentos de *E. camaldulensis* sob talhadia do que alto fuste, nas idades de 3 a 13 meses.

As características relativas à copa das brotações podem variar com o genótipo (PELLIS et al., 2004; CACAU, 2008), com o arranjo espacial de plantio (PAULA, 2011), dentre outros, o que irá afetar a disponibilidade de recursos de crescimento para a cultura agrícola ou braquiária, especialmente no que se refere à radiação. Pellis et al. (2004) relataram IAF variando de 2 a 6 em povoamentos de brotação de 17 clones de *Populus*, na primeira estação de crescimento, com a densidade de 10.000 plantas por hectare.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, o índice de área foliar e a projeção de copa em povoamentos de cinco clones de eucalipto, nos arranjos espaciais (2x2) + 10 m, (3x3) + 9 m e 9x3 m, manejados por talhadia, para subsidiar a escolha adequada de arranjos espaciais de plantio do componente arbóreo em sistema silvipastoril.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na Região de Cerrado, na Fazenda Bom Sucesso da Votorantim Siderurgia S.A., no Município de Vazante, MG (17°36'09"S e 46°42'02"W), com altitude média de 550 m. O clima da região, segundo classificação de Koopen, é do tipo AW, a precipitação média anual na área do estudo é de 1.473 mm concentrada no período de novembro a março e a temperatura média anual é de 21,9°C (ALVARES et al., 2013). O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, textura argilosa, fase cerrado, de baixa fertilidade e elevada acidez (EMBRAPA SOLOS, 2006). As características físicas e químicas do solo, na área experimental.

O estudo foi estabelecido com cinco clones de eucalipto (Clone 58 – híbrido de *E. camaldulensis* x *E. grandis*, 62 – híbrido natural de *E. camaldulensis*, 02 – híbrido natural de *E. urophylla*, GG100 – híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* e 19 – híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*) em área de pastagem degradada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Braquiaraão) em três arranjos espaciais: (2x2) + 10 m; (3x3) + 9 m e 9x3 m. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições para cada tratamento e 24 plantas na parcela útil, com pelo menos duas linhas de plantas como bordadura.

No preparo do solo, as linhas de plantio foram subsoladas a uma profundidade de 30 a 40 cm, sendo incorporado, em média, 725 kg ha⁻¹ de fosfato natural reativo gafsa. A quantidade de fertilizante foi determinada de acordo com o Nutricalc[®] (programa de recomendação de adubação do eucalipto). Foram aplicados 130 g de NPK 10-28-06 + 0,6% de Cu + 0,4% de Zn, com matraca, a 10 cm de profundidade, metade em cada lado oposto da muda.

Dois meses após o plantio, fez-se a capina química na entrelinha, com a aplicação de 3 L ha⁻¹ de glifosato, a 1 m de cada lado da linha de plantio após o plantio. Novas aplicações foram realizadas, sempre que se fizeram necessárias, até as plantas completarem os dois anos. Também aos dois meses foram aplicados 95 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio. Aos seis meses, foi feita a segunda adubação de cobertura com 106 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio e 25 kg ha⁻¹ de borogram (10 % de B). Posteriormente, foi utilizada apenas a roçada mecânica para permitir a regeneração da braquiária do banco de sementes do solo, para a condução do sistema silvipastoril, nos três arranjos acima definidos.

Com o objetivo de produção de madeira de dimensão reduzida, para a produção de energia, as árvores dos clones de eucalipto foram decepadas aos 11,5 meses após o plantio, na altura de 10 cm do solo. Não foi feita a desbrota nas cepas.

2.2. Índice de área foliar e projeção de copa

O índice de área foliar (IAF) foi obtido aos 38, 50 e 62 meses após o plantio quando as brotações apresentavam 27,5, 48,5 e 50,5 meses de idade, respectivamente, utilizando-se de dois sensores, modelo LI-2050, conectados a dataloggers (LI-2000), produzidos pela LI-COR. Um dos sensores foi instalado em área aberta próxima ao povoamento e o outro, utilizado para as medições no interior do povoamento. As leituras foram feitas sob luz difusa, ao amanhecer ou no final da tarde (CHAVES et al., 2007). As medições no interior do povoamento foram tomadas em posições distintas devido às diferenças nos arranjos de plantio, a saber: As leituras foram tomadas a partir da segunda cepa da linha, na parcela útil. Nos arranjos (2x2) + 10 m e (3x3) + 9 m, as leituras foram realizadas em quatro pontos por parcela em distâncias regulares, em linha reta, sendo: ponto 1, interseção entre diagonais de quatro plantas na linha dupla de plantio; ponto 2, entre as duas plantas da linha de plantio; ponto 3, a $\frac{1}{4}$ da maior distância entre duas linhas de plantio e, ponto 4, na metade da maior distância entre duas linhas de plantio. No arranjo 9x3 m, as leituras foram realizadas em três pontos em cada parcela, sendo o ponto 1 entre as duas plantas da linha de plantio, o ponto 2 a $\frac{1}{4}$ da distância entre as linhas de plantio e, o ponto 3, na metade da distância entre as linhas de plantio. O croqui mostrando os pontos de avaliação de IAF foi apresentado no capítulo 1.

A projeção de copa foi avaliada, aos 38 meses após o plantio, na terceira cepa da segunda fileira de cada parcela útil, nos arranjos de linha simples, ou na terceira cepa da quarta fileira nos arranjos de filas duplas. Foi medido o maior raio de projeção da copa para o conjunto de brotos da cepa em oito posições a cada 45°, a partir da inserção do primeiro galho, sendo a posição 1 (inicial) corresponde à linha de plantio e então foi obtido o raio médio.

2.3. Avaliação da massa seca da parte aérea da braquiária

A amostragem de massa seca da braquiária foi realizada aos 50 meses após o plantio do componente arbóreo (38,5 meses após a decepa das plantas), em parcelas amostrais de 0,5 m de largura, sendo o seu comprimento de 5 m no arranjo (2x2) + 10 m e de 4,5 m nos arranjos 9x3 m e (3x3) + 9 m, o que corresponde à metade da maior distância entre linhas de plantio. A parcela iniciou-se próximo à cepa da árvore onde se mediu o IAF, para permitir a análise de correlação entre a massa seca da forrageira com os parâmetros de copa para cada clone estudado. Considerando a possibilidade de ocorrerem diferenças na disponibilidade de radiação da base da árvore até a metade da distância da entrelinha, a área de amostragem da massa seca da braquiária foi dividida ao meio. Assim, no arranjo (2x2) + 10 m foram alocadas parcelas retangulares de 0,5 m na largura e 5,0 m de comprimento, sendo uma coleta realizada na faixa de 0 a 2,5 m e outra de 2,5 a 5,0 m e, nos arranjos (3x3) + 9 m e 9x3 m, as parcelas foram de 0,5 m de largura e 4,5 m de comprimento, sendo uma coleta de 0 a 2,25 m e a outra de 2,25 a 4,5 m.

Após a demarcação das parcelas amostrais, o corte da gramínea foi realizado com roçadeira manual a uma altura próxima a 10 cm do solo, sendo coletada toda a produção de braquiária sobre o solo. As amostras de braquiária foram pesadas em campo em balança digital, obtendo-se o peso úmido total. Posteriormente, foram retiradas no laboratório uma sub-amostra para determinação do peso fresco, em balança de precisão. Esse material foi acondicionado em saco de papel e levado à estufa com ventilação forçada e temperatura de 65°C, até peso constante. Após a secagem e pesagem, foi estimada a matéria seca total da forrageira.

2.4. Análise dos dados experimentais

A análise dos dados de IAF e de massa seca da braquiária dentro dos povoamentos e nos diferentes arranjos espaciais foi realizada por meio de análise de regressão usando o software SIGMAPLOT 11.0 (SYSTATSOFT, INC, 2008). As equações foram selecionadas com base no coeficiente de determinação (R^2) e erro-padrão residual. O valor médio de IAF e da produção da braquiária foi analisado por meio de análise descritiva, pelo teste t a 5% de probabilidade, com usando o software STATISTICA 10 (STATSOFT, INC, 2013). Também, determinou-se a correlação entre o IAF médio, projeção de copa, espaçamento e clone, dentro de cada idade de avaliação, sendo a significância avaliada pelo teste t a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

O IAF, nas idades de 38, 50 e 62 meses após o plantio (26,5; 38,5; 50,5 meses após a decepa das plantas, respectivamente), decresceu a partir da linha de plantio até a metade da entrelinha para a maioria dos clones e arranjos avaliados (Figura 1). Esse decréscimo foi mais acentuado para a idade de 38 meses, com tendência de maior uniformidade de IAF ao longo da entrelinha, com o aumento da idade. Os clones 58 e 62, principalmente no arranjo espacial 9x3 m, apresentaram menores variações de IAF entre a linha de plantio e o centro da entrelinha e menores diferenças entre as três idades. O clone 02, aos 38 meses, apresentou valores baixos no arranjo (2x2) + 10m, em todos os pontos de amostragem.

Ao analisar a Figura 2, verifica-se que os clones avaliados apresentaram comportamento semelhante, nas diferentes idades avaliadas, quanto à relação entre o IAF médio do povoamento e o espaçamento (12 a 27 m²/planta), sendo os valores médios de IAF maiores aos 38 meses seguidos dos obtidos aos 50 e 62 meses, com exceção do clone 02 que respondeu de forma diferente em relação ao IAF, espaçamento e idade. O clone 19 apresentou a maior diferença entre as três idades avaliadas e o clone 62 apresentou a menor variação. Houve tendência de decréscimo de IAF com o aumento da idade.

O índice de área foliar, aos 38 meses, não diferiu ($P>0,05$) entre os arranjos espaciais de plantio para os clones 58 e 62 (Tabela 1). Os clones 19 e GG100, no arranjo 9x3 m, apresentaram os menores valores de IAF, e o clone 02 o menor IAF no arranjo (2x2) + 10 m, houve decréscimo ($p<0,05$) de IAF com o aumento do espaçamento. Ainda, aos 38 meses, o clone 19 apresentou maior IAF no arranjo 9x3 m entre os clones avaliados ($p<0,05$) e, também, no arranjo (2x2) + 10 m, neste junto com o clone GG100, e no arranjo (3x3) + 9 m os menores valores de IAF foram dos clones 58 e 62.

Aos 50 meses não foi observada diferença estatística de IAF nos SSP com os clones 58, 62 e GG100, entre os arranjos espaciais ($p>0,05$). Os clones 19 e 02 apresentaram os maiores valores de IAF ($p<0,05$). Aos 62 meses, os clones 58 e 62 apresentaram menores valores de IAF o que ocorreu no arranjo (3x3) + 9 m ($p<0,05$).

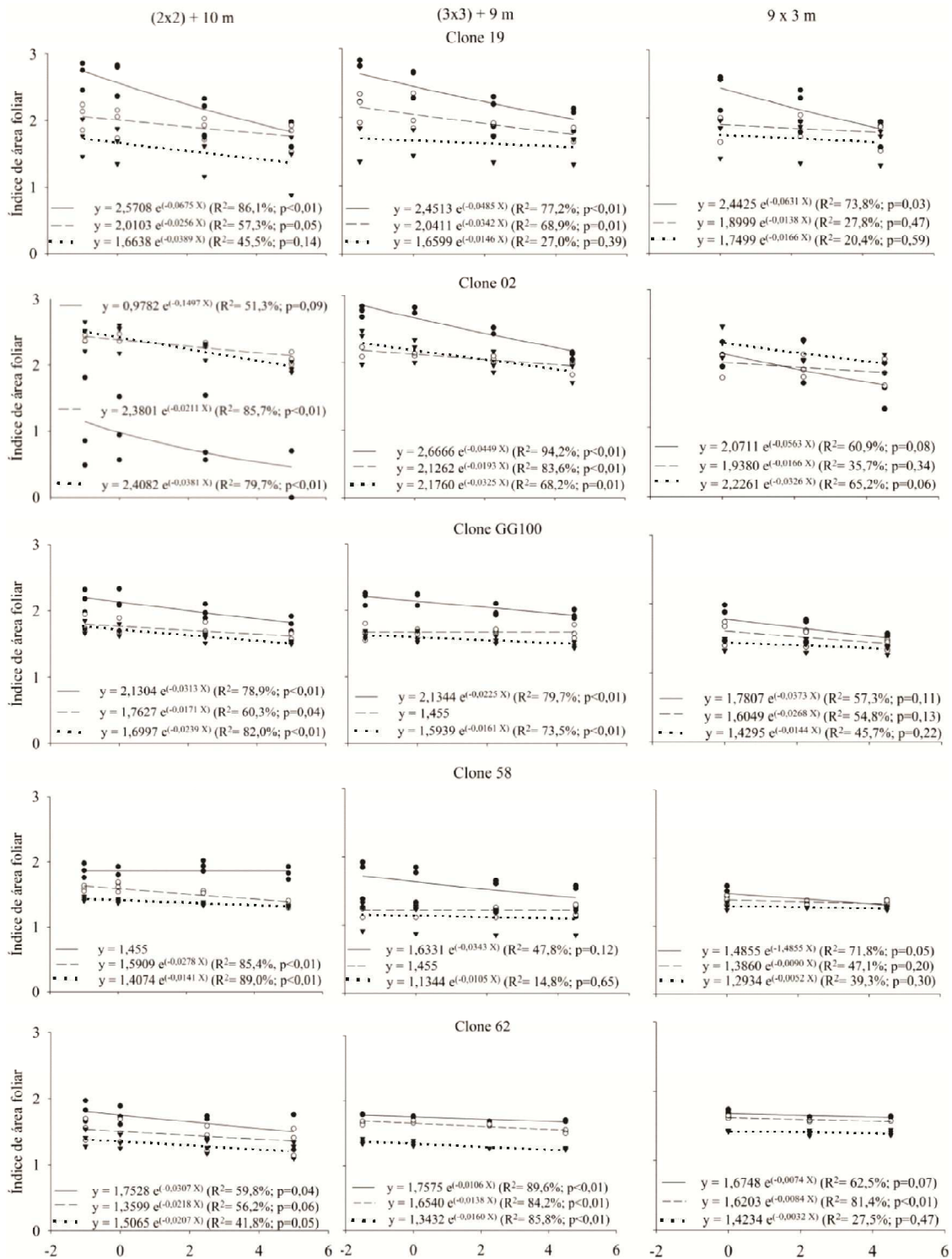


Figura 1. Índice de área foliar (Y) aos 38 (círculo fechado), 50 (círculo aberto) e 62 meses (triângulo fechado) em diferentes distâncias (X) em relação à linha de plantio em sistemas silvipastoris com cinco clones de eucalipto e três arranjos espaciais de plantio em Vazante, MG. Sendo: distância negativa - medição na interseção entre diagonais de quatro plantas na linha dupla de plantio. As demais medições foram realizadas a 0, ¼ e ½ da maior distância entre duas linhas de plantio

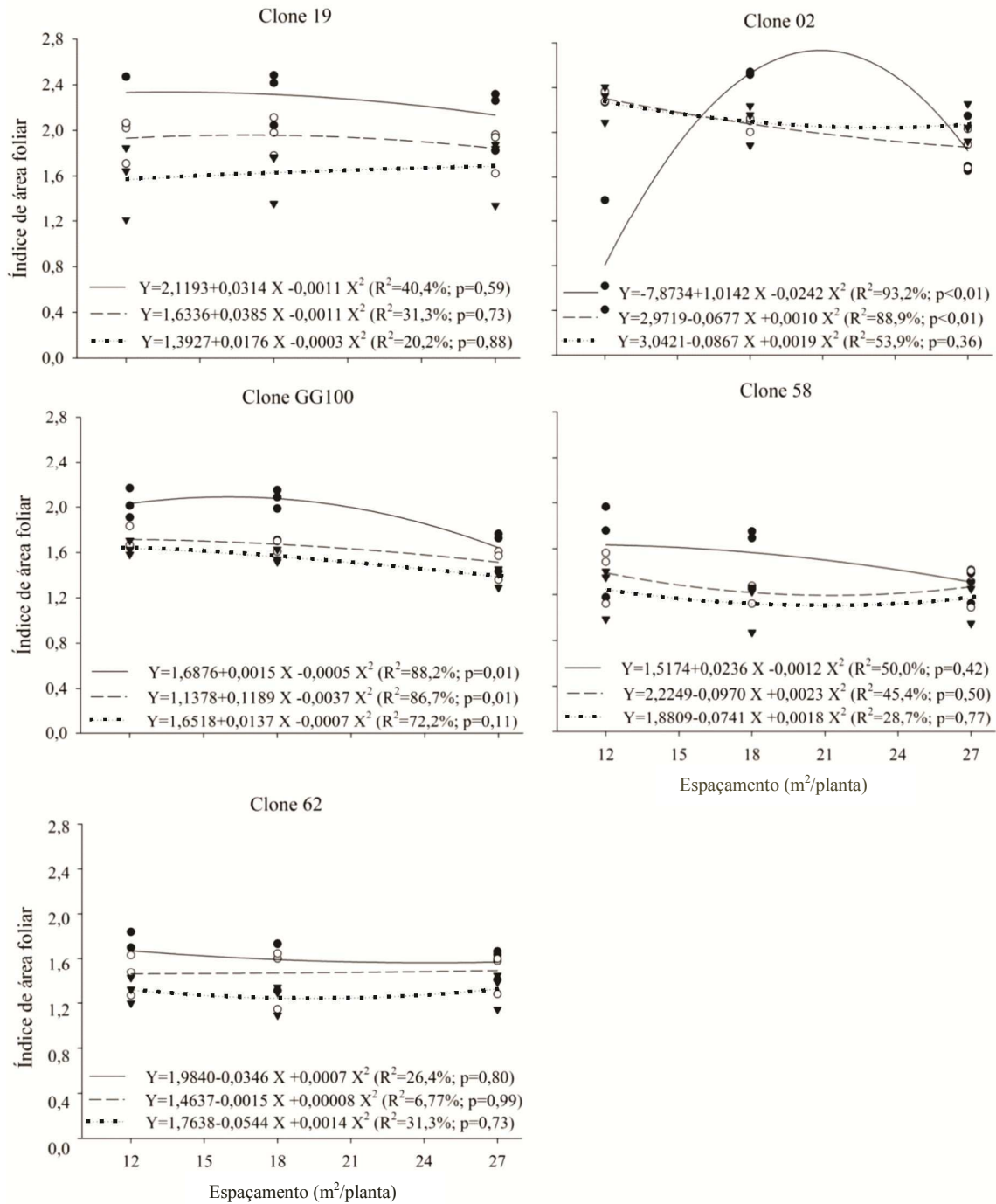


Figura 2. Índice de área foliar do dossel arbóreo (Y) em função do espaçamento (X), aos 38 (círculo fechado), 50 (círculo aberto) e 62 meses (triângulo fechado), em sistemas silvipastoris com cinco clones de eucalipto, em sistema de talhadia, em Vazante, MG. Sendo: espaçamentos 12, 18 e 27 m²/planta correspondentes aos arranjos (2x2) + 10 m, (3x3) + 9 m e 9x3 m, respectivamente

Tabela 1. Índice de área foliar do dossel arbóreo aos 38, 50 e 62 meses após plantio em sistema silvipastoril, em sistemas silvipastoris silvipastoris com cinco clones de eucalipto e três arranjos espaciais de plantio, em talhadia, em Vazante, MG

Idade (meses)	Clone	Arranjos espaciais		
		(2x2) +10 m	(3x3) + 9 m	9x3 m
38	19	2,33 a A	2,31 aA	2,13 bA
	02	0,81 b C	2,53 aAB	1,83 a AB
	GG100	2,03 a AB	2,08 a B	1,64 b B
	58	1,63 a BC	1,57 a C	1,31 a C
	62	1,67 a BC	1,59 a C	1,57 a BC
50	19	1,93 abAB	1,96 a AB	1,84 bA
	02	2,30 a A	2,08 bA	1,87 bA
	GG100	1,72 a BC	1,67 a B	1,51 a B
	58	1,39 a C	1,22 a C	1,27 a C
	62	1,46 a C	1,47 a BC	1,49 a B
62	19	1,57 a B	1,63 a B	1,69 a AB
	02	2,30 aA	2,08 a A	1,87 a A
	GG100	1,64 a B	1,56 b B	1,38 b B
	58	1,25 a B	1,12 b C	1,17 ab B
	62	1,31 ab B	1,24 b C	1,32 a AB

Médias com mesmas letras minúsculas na linha ou maiúscula na coluna para cada clone não diferem pelo teste t ($p > 0,05$).

Os valores de IAF apresentaram correlação negativa com o espaçamento, sendo de -0,99 no sistema com os clones 02 e GG 100 e, de -0,80 com o clone 19, e para o clone 58, -0,60. Essa correlação foi positiva para o clone 62 (0,99).

Os sistemas com os clones 19 e 02 apresentaram, de modo geral, os maiores valores de IAF ($p < 0,05$) nas três idades e arranjos espaciais avaliados.

A massa seca de braquiária diferiu pelo teste t ($p < 0,05$) em relação ao arranjo de plantio (Tabela 2), nos sistemas com os clones GG100 e 62, que apresentaram menor produção no arranjo 9x3 m do GG100 e a maior sob o dossel do clone 62. O clone 62 apresentou a maior produção de massa seca de braquiária, no arranjo 9x3m ($p < 0,05$).

A distribuição de massa seca de braquiária a diferentes distâncias da linha de plantio (Figura 3) decresceu da direção Sul (a partir do ponto zero) para o Norte, entre as linhas de plantio, nos SSP com os clones 19, GG100 e 62.

Tabela 2. Produção de matéria seca de braquiária (Mg ha^{-1}) aos 50 meses de idade, em sistemas silvipastoris, silvipastoris com cinco clones de eucalipto e três arranjos espaciais de plantio, em talhadia, em Vazante, MG

Clone	Arranjos espaciais		
	(2x2) + 10 m	(3x3) + 9 m	9x3 m
19	0,971 a B	1,963 aA	1,534 a B
02	0,879 a B	0,714 a B	1,739 aAB
GG100	0,739 b B	0,568 cB	1,459 a B
58	1,277 a AB	1,641 aAB	2,031 aA
62	1,669 bA	1,811 aA	2,151 aA

Médias com mesmas letras minúsculas na linha ou maiúscula na coluna não diferem pelo teste t ($P>0,05$).

A produção de braquiária aos 50 meses após o plantio correlacionou-se positivamente com o IAF no SSP com o clone 62 (0,99), e negativamente com GG 100 (-0,92), 02 (-0,77) e 58 (-0,67). A correlação com o clone 19 (0,16) foi baixa.

O IAF aos 38 meses apresentou correlação negativa com a área da projeção de copa para os clones GG100 (-0,95), 62 (0,95), 58 (-0,72), e a correlação foi baixa para os clones 19 (0,17) e 02 (-0,35).

A área de projeção de copa (Tabela 3; Figura 4) e seu respectivo raio (Tabela 4) apresentaram diferença significativa ($P<0,05$) entre os arranjos para o clone 19, sendo menor no arranjo (2x2) + 10 m. Entre os clones, estas variáveis apresentaram diferença significativa no arranjo (2x2) + 10 m, sendo o menor valor para o clone 19 e o maior para o clone 02.

Tabela 3. Área (m^2) e raio (m) da projeção de copa (m^2), aos 50 meses, em sistemas silvipastoris, com três arranjos espaciais de plantio e cinco clones de eucalipto, em talhadia, em Vazante, MG.

Clone	Arranjos espaciais		
	(2x2) + 10 m	(3x3) + 9 m	9x3 m
19	11,45 (1,99) b B	20,0 (2,52) aA	16,3 (2,38) aA
2	19,7 (2,59) a A	17,5 (2,48) aA	21,0 (2,72) aA
GG100	10,3 (1,89) a AB	17,5 (2,45) aA	24,5 (2,94) aA
58	13,7 (2,18) a AB	14,9 (2,29) aA	15,9 (2,37) aA
62	15,1 (2,23) a AB	21,5 (2,75) aA	25,4 (2,95) aA

Médias com mesmas letras minúsculas na linha ou maiúscula na coluna não diferem pelo teste t ($p>0,05$).

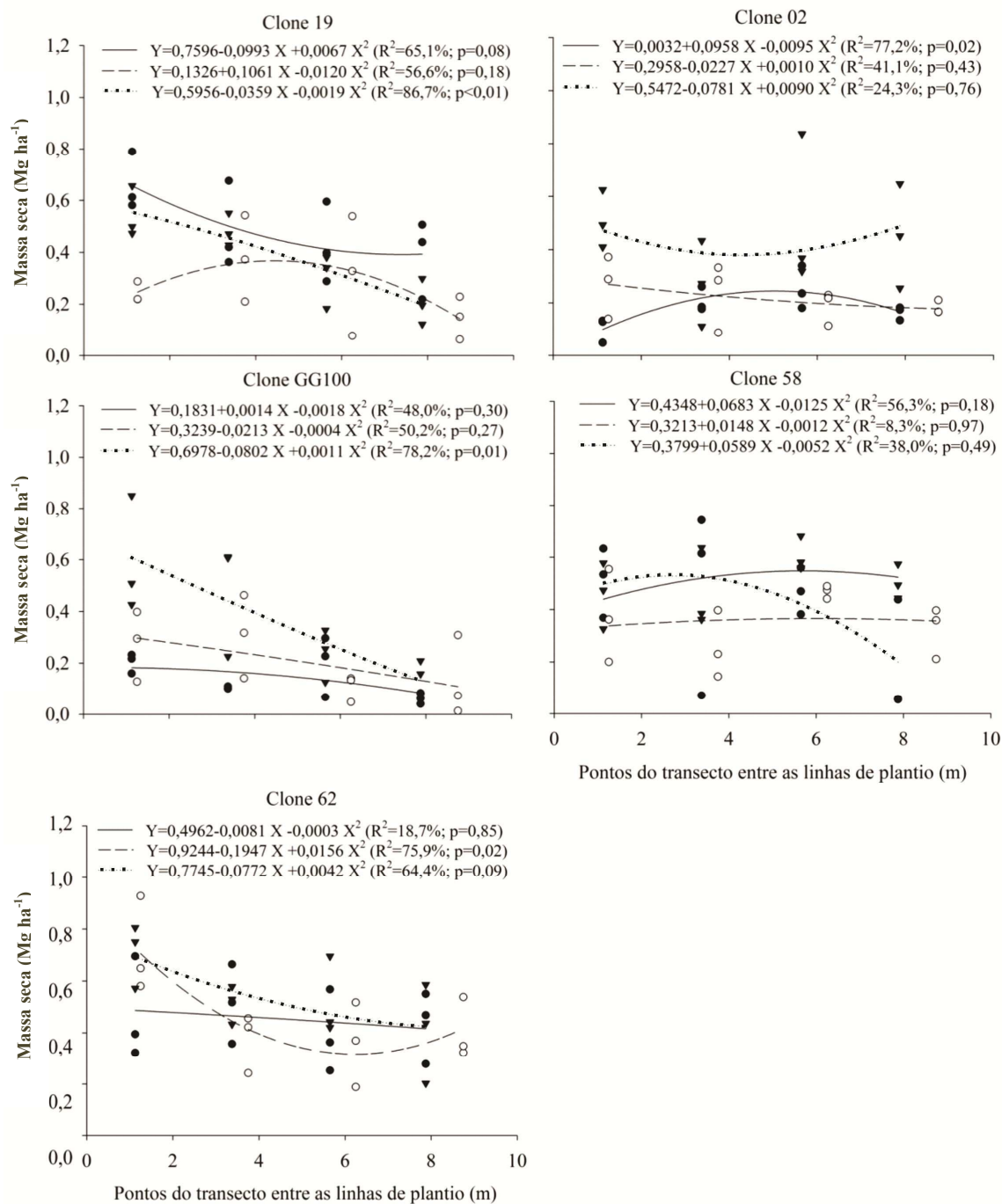


Figura 3. Massa seca de braquiária (Y) em diferentes distâncias em relação à linha simples ou dupla de plantio (X), aos 50 meses após plantio, em sistema silvipastoril, com cinco clones de eucalipto, nos arranjos espaciais (2x2) + 10 m (círculo aberto com linha tracejada), (3x3) + 9 m (círculo fechado com linha sólida) e 9 x 3m (triângulo fechado com linha pontilhada) em Vazante, MG. Sendo: nos arranjos com 9 m entre as linhas - medição entre 0-2,25 m; 2,25-4,5 m, 4,5-6,75 m; 6,75-9 m e no arranjo com 10 m; medição entre 0-2,5 m; 2,5-5,0 m, 5,0-7,5 m; 7,5-10 m

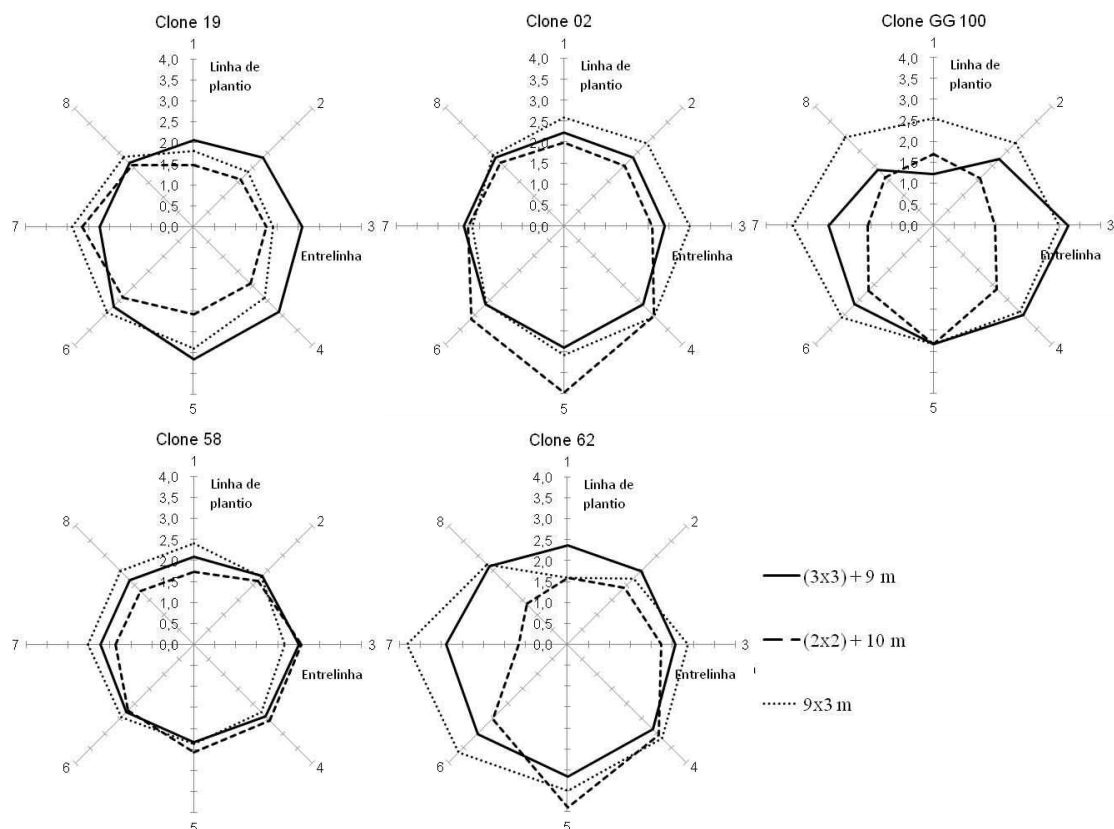


Figura 4. Projeção de copa (m) determinada a partir do maior raio, em oito posições ortogonais da copa, aos 38 meses, em sistemas silvipastoris com cinco clones de eucalipto, nos arranjos espaciais de plantio $(3 \times 3) + 9$ m (linha contínua), $(2 \times 2) + 10$ m (linha tracejada), e 9×3 m (linha pontilhada), em talhadia, em Vazante, MG

As áreas de projeção de copa dos povoamentos com os clones GG100 (0,99), 58 (0,99) e 62 (0,97) apresentaram correlação positiva com o espaçamento; ou seja, quanto maior o espaçamento maior a área de projeção de copa para esses clones. O clone 62 apresentou a maior projeção de copa nos arranjos $(3 \times 3) + 9$ m e 9×3 m.

4. DISCUSSÃO

A tendência de redução do IAF com a idade, em povoamentos de eucalipto, tem sido observada em plantios sob regime de alto fuste (XAVIER et al., 2002). Xavier et al. (2002), no estado do Espírito Santo, observaram redução de IAF em povoamentos de três clones (híbridos de *Eucalyptus grandis*), em arranjo espacial de 3×3 m, em idades entre 12 a 84 meses, porém, o IAF foi estável nesta faixa de idade para dois clones. Por outro lado, Lima (2003) e Chaves et al. (2007) observaram aumento de IAF entre 15 e 68 meses de idade em povoamento de clone de *Eucalyptus grandis*, (3×3) m. Este

resultado foi similar ao observado por Hingston et al., (1998) para *Eucalyptus globulus*, entre 36 e 72 anos. Esta diferença na tendência de aumento ou redução nos valores de IAF pode ser atribuída a outros fatores como disponibilidade hídrica e de nutrientes, manejo do povoamento e genótipo (JONCKHEERE et al., 2004; WHITEHEAD; BEADLE, 2004; FORRESTER et al., 2010)

Em povoamentos sob regime de talhadia, a dinâmica de desenvolvimento da copa e do crescimento difere daquela relatada para povoamentos em alto fuste (FERREIRA, 1984; KAUPPI et al., 1988; 1990; PHILIPPOT, 1996; CELEUMANS et al., 1996; OLIVEIRA, 2006; CACAU, 2008). Em povoamento de alto fuste, em árvores não bifurcadas abaixo de 1,3 m, há o crescimento de apenas um fuste e o crescimento em altura é lento inicialmente, apresentando posteriormente elevada taxa de crescimento por um período mais longo do que para as brotações (CACAU et al., 2008; KAUPPI et al., 1988). No manejo por talhadia, a planta tem aparência de arbusto e, em razão da grande emissão de brotos, ocorre desbaste natural (PHILIPPOT, 1996; KAUPPI et al., 1988). Conforme observado em campo, os brotos de menores dimensões começam a tombar enquanto os de maior dimensão permanecem mais eretos. A intensidade de desbrota natural depende do número inicial de brotos na cepa, genótipo e grau de competição entre cepas na linha e na entrelinha. Tem sido observado que os clones 58 e 62, híbridos de *E. camaldulensis*, apresentam tendência de reter maior número de brotos por cepa, enquanto clones procedentes de *E. urophylla* tendem a manter menor número de brotos por cepa (SOUZA et al., 2012).

As diferenças em arquitetura da copa e taxa de crescimento de plantas intactas e brotações podem interferir sobre o IAF do povoamento. Proe et al. (2002) observaram aumento contínuo do IAF para plantas intactas até a idade de 72 meses, enquanto no presente estudo o IAF foi menor e estabilizou-se mais cedo para as brotações provenientes de plantas decepadas aos 10 meses de idade. Conforme apresentado por Cacao (2008), as diferenças em IAF entre plantas intactas e brotações provenientes de decepa de plantas jovens, com diferentes níveis e idades de desbrota, para o clone 58, no arranjo 9,5 x 4,0 m, foram significativas principalmente até 36 meses pós-plantio, quando as brotações estavam com 24 e 27 meses. E, aos 42 meses após o plantio, não existiam diferenças de IAF quando foi considerada a média de seis pontos ao longo da entrelinha.

Entre os clones estudados, o clone 02 e o 19, em geral, apresentaram os maiores valores de IAF, possivelmente em razão de serem procedentes de *E. urophylla*. Fontan

(2007) relata que o clone 19 apresenta proporção maior de biomassa de galhos bem como de área foliar na base da copa em comparação com o clone 58, o que reflete na redução de radiação e, conseqüentemente, na redução do potencial produtivo nas entrelinhas dos SSP's.

Os valores de IAF para talhadia são semelhantes aos de alto fuste apresentados no Cap. I. Oliveira (2006) e Cacao (2008) relataram que em sistema agroflorestal, na mesma região do presente estudo, as diferenças em IAF entre alto fuste e talhadia ocorrem principalmente em idades mais jovens (OLIVEIRA, 2006; CACAU, 2008).

Em geral, foi observado que os clones de eucalipto e conduzidos em talhadia apresentaram valores de IAF maiores nas linhas do que nas entrelinhas. Lopes (2012) avaliou o IAF em SSP (arranjo 10x4 m) com clone de eucalipto explorado aos nove anos após plantio e manejado por talhadia. Aos nove meses após o corte, foi realizada a desbrota para 1 a 4 brotos por cepa e, aos 12 meses, para número variável de brotos, deixando os brotos dominantes. Neste estudo foram verificados valores de IAF maiores na linha do que na entrelinha de plantio, aos 12 meses após o corte (3 meses após a desbrota), sendo que essas diferenças desapareceram aos 36 meses de idade. Estes valores de IAF indicam a possibilidade de maior acesso de radiação na entrelinha, do que na linha de plantio, nos primeiros anos de desenvolvimento da brotação.

Oliveira et al. (2007), observaram maior transmitância da radiação fotossinteticamente ativa na entrelinha de plantio de clones de eucalipto nos arranjos 10 x 2 m, 10 x 3 m, 10 x 4 m, (3 x 4)+7 m, (3 x 3)+10 m, (3 x 4)+10 m e (3 x 3)+15 m. Righi et al. (2007) observaram redução na luz para o cafeeiro na linha de plantio da seringueira promovendo diminuição do IAF do dossel do cafeeiro, em sistema agroflorestal.

A tendência de decréscimo da produção de braquiária nas entrelinhas de plantio da direção Sul (a partir do ponto zero) para o Norte, para alguns clones (Figura 4), pode ter ocorrido em razão das linhas de plantio não estarem totalmente direcionadas no sentido leste-oeste, proporcionando maior sombreamento no lado voltado para a face norte, bem como em razão da maior inclinação dos raios solares por ocasião das avaliações. Andrade et al. (2000), também, observaram maior transmissão de radiação no lado sul da entrelinha de plantio em sistema silvipastoril com eucalipto, no arranjo 10x4 m, com 5 anos de idade, em maio de 1999, na mesma região deste estudo.

A distribuição mais uniforme da massa seca da braquiária na entrelinha observada principalmente nos SSP com o clone 58 pode ser explicada pela presença de

copa rala e conseqüente maior transmitância da radiação em toda a extensão da entrelinha e baixo IAF mesmo na área de influência da copa, indicando elevado potencial de uso desse clone em SSP. Em razão da predominância de galhos finos na base da copa para este clone, ocorre desrama natural em idades mais jovens, o que favorece a transmitância da radiação (FONTAN, 2007). Outros fatores que também influenciam a produção de pastagem, por exemplo, Radomski e Ribaski (2012) encontraram maior produção de massa seca de *B. brizantha*, na área de projeção de copa, em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta* no arranjo espacial de 3,0x3,5 m, em relação entrelinha de plantio. Esta espécie fixa o N₂ e aumenta disponibilidade de nutrientes ao solo, próximo às árvores, beneficiando a produção de massa seca de pastagem na área de projeção de copa (SIERRA; NYGREN, 2006; SNYDER et al., 2007; DAUDIN, SIERRA, 2008; SIERRA; DAUDIN, 2010; FERREIRO-DOMÍNGUEZ et al., 2011). Assim, a produção da pastagem nas entrelinhas pode ser influenciada pelo genótipo, arranjo espacial, dinâmica de copa do componente arbóreo, bem como pelos efeitos sobre as propriedades do solo.

A irregularidade na produção da massa seca de pastagem, gerando maior dispersão dos dados, nas entrelinhas de plantio, em sistemas silvipastoris, foi atribuída à presença de bolo fecal (fezes e urina dos animais) e distribuição de nutrientes na pastagem (RADOMSKI; RIBASKI, 2012; SILVA, 2012); genótipo do componente arbóreo (densidade e projeção da copa); deposição da serapilheira (FREITAS et al., 2013). Também, a distribuição irregular de forrageira em SSP pode ser consequência da compactação como resultado do pisoteio em áreas preferenciais de visitaçáo dos animais (MIGUEL et al., 2009; GREGO et al., 2012).

Paciullo et al. (2007) relataram correlaçáo negativa entre a massa seca de pastagem e o IAF conforme observado para os clones GG100, 02 e 58 no presente estudo. Wall et al. (2010), também, encontraram associaçáo da produçáo de massa seca de várias gramíneas e a radiaçáo solar difusa não interceptada pela copa de híbridos de *Populus* spp., em densidades de plantio variando de 50 a 750 plantas por hectare.

A projeção de copa é uma característica auxiliar na identificação da influência do componente arbóreo sobre a produção de braquiária e, no presente trabalho, observou-se correlaçáo positiva e negativa com o IAF, a depender do clone. O clone 62 apresentou correlaçáo positiva (0,95), tendo sido negativa para os clones GG100 (-0,95) e 58 (-0,72). Estes resultados podem ser atribuídos ao fato de que o IAF, além da projeção de copa, expressa, também, a estrutura da vegetaçáo, continuidade do dossel,

densidade de indivíduos e densidade foliar (WANDELLI; MARQUES FILHO, 1999), bem como as características de copa (distribuição das folhas, galhos e densidade de folhas) que são diferentes entre os clones. Embora a forma da copa das árvores seja característica associada ao genótipo, o meio pode alterar o seu formato e estrutura. (OLIVER; LARSON, 1990; BERNARDO, 1995; HATTA et al., 1999; LIMA, 2003), o que pode explicar a menor projeção de copa no espaçamento mais adensado.

As plantas no arranjo (2x2) + 10 m exibiram diferença ($P < 0,05$) na área de projeção de copa, sendo maior para o clone 02 (19,7 m²) e menor para o clone 19 (11,45 m²). O dossel de uma floresta pode condicionar a sua produção em razão da relação linear entre a produção de biomassa e a interceptação de radiação (BEADLE, 1997), ou seja, a área ocupada pela copa e o volume de madeira em sistema silvipastoril (SEQUEIRA; GHOLZ, 1991).

5. CONCLUSÕES

O Índice de área foliar se mostrou eficiente na avaliação de arranjos espaciais do componente arbóreo em sistemas silvipastoris, manejados por talhadia. O índice de área foliar permite inferir sobre a transmitância relativa de radiação através das copas das brotações e sobre o potencial de produção de forragem nas linhas e nas entrelinhas de plantio, sob a copa de clones de eucalipto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012/** ABRAF. Brasília, 2010. 90p. 2013. Disponível em: <www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>. Acesso em: 02 jan. 2014.

ALVAREZ V. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.11-32.

ALVARES, C.A., et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ANDRADE, C. M. S. **Estudo de um sistema agrissilvipastoril, constituído por *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1, na região dos Cerrados de Minas Gerais, Brasil**. Viçosa: UFV, 2000. 102p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.

BALLONI, E. A.; SILVA, A. P. Condução de touças de *Eucalyptus*: resultados preliminares. **Boletim Informativo IPEF**, n.6, p. 35-42, 1978.

BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ, V. H. et al. eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, v. 2, p. 487-592, 2002.

BARROS, N. F.; TEIXEIRA, P. C.; TEIXEIRA, J. L. Nutrição e produtividade de povoamentos de eucalipto manejados por talhadia. **Série Técnica – IPEF**, v.11, n.30, p.79-88, 1997.

BEADLE, C. L. Dynamics of leaf and canopy development. In: NAMBIAR, K. S.; BROWN, A. G. (Eds.). **Management of nutrients and water in tropical plantation forest**. Canberra: [s.n.], 1997. p. 169 -245.

BERNARDO, A. L. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais**. 1995. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BINKLEY, D. et al. Explaining growth of individual trees: Light interception and efficiency of light use by *Eucalyptus* at four sites in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1704-1713, 2010.

BINKLEY, D. et al. Light absorption and use efficiency in forests: Why patterns differ for trees and stands. **Forest Ecology and Management**, v.288, p.5-13, 2013.

CACAU, F. V. et al. Decepa de plantas jovens de eucalipto e manejo de brotações, em um sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.11, Nov. 2008.

CAMARGO, F. R. A.; SILVA, C. R.; STAPE, J. L. Resultados experimentais da fase de emissão de brotação em *Eucalyptus* manejado por talhadia. **Série Técnica – IPEF**, v.11, n.30, p.115-122, 1997.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; XAVIER, D. F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condições de sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.5, p. 717-722, 2002.

CASTRO, C. R. T. et al. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 19-25, dez. 2009. Edição especial.

CAVICHIOLO, S. R.; DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Preparo do solo e o estado nutricional da rebrota de *Eucalyptus saligna*. **Scientia Florestalis**, n.66, p. 120- 127, dez. 2004.

CEULEMANS, R. ; MCDONALD, A. J. S. ; PEREIRA, J. S. A comparison among eucalypt, poplar and willow characteristics with particular reference to a coppice, growth-modelling approach. **Biomass and Bioenergy**, v. 11, n.3, p. 215–231, 1996.

- CHAVES, R. A. et al. Dinâmica de cobertura de dossel de povoamentos de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden submetidos a desrama artificial e desbaste. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p.989-998, 2007.
- COUTO, L.; GOMES, J. M. Regeneração de povoamentos de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n. 144, p. 31- 35, 1986.
- CURRAN, P. J.; DUNGAN, J. L.; GHOLZ, H. L. Seasonal LAI in slash pine estimated with Landsat TM. **Remote Sensing of Environment**, 39 (1):3-13, 1992.
- DAUDIN, D.; SIERRA, J. Spatial and temporal variation of below-ground N transfer from a leguminous tree to an associated grass in an agroforestry system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 126, 3-4, p. 275-280, 2008.
- DAUGHTRY, C. S. T. Direct measurements of canopy structure. In: Goel, N.S., Norman, J.M. Instrumentation for studying vegetation canopies for remote sensing in optical and thermal-infrared regions. **Remote Sensing Reviews**, 5 (1):45-60, 1990.
- DRAKE, P. L. et al. Water use and water-use efficiency of coppice and seedling *Eucalyptus globulus* Labill.: a comparison of stand-scale water balance components. **Plant and Soil**, v. 350, n. 2, p.221–235, 2012.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2006.
- FARIA, G. E. et al. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.577-584, 2002.
- FERREIRO-DOMÍNGUEZ, N.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M. R. Response to sewage sludge fertilisation in a *Quercus rubra* L. silvopastoral system: Soil, plant biodiversity and tree and pasture production. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 141, n. 1-2, p. 49-57, 2011.
- FONTAN, I. C. I. **Dinâmica de copa e crescimento de clones de eucalipto submetidos a desrama, em sistema agroflorestal**. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2007.
- FRANCO, F. S. et al. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.751-760, 2002.
- FREITAS, E. C. S. de et al. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em Sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, 2013.
- GOWER, S. T.; NORMAN, J. M. Rapid estimation of Leaf Area Index in conifer and broad-leaf plantations. **Ecology**, 72 (5):1896-1900, 1991.
- GRACIANO, C. et al. Fertilization in a fourth rotation *Eucalyptus grandis* plantation with minimal management. **Journal of Sustainable Forestry**, v.26, n.2, p.155-169, 2008.

GREGO, C. R. et al. Variabilidade espacial do solo e da biomassa epígea de pastagem, identificada por meio de geostatística. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1404-1412, 2012.

HARRINGTON, R. A; FOWNES, J. H. Allometry and growth of planted versus coppice stands of four fast-growing tropical tree species. **Forest Ecology and Management**, v.56, p.315-327, 1993.

HATTA, H.; HONDA, H.; FISHER, J. B. Branching principles governing the architecture of *Cornus kousa* (Cornaceae). **Annals of Botany**, n. 84, p. 183-193, 1999.

HINGSTON, F. J.; GALBRAITH, J. H.; DIMMOCK, G. M. Application of the process-based model BIOMASS to *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* plantations on ex-farmland in south western Australia - I. Water use by trees and assessing risk of losses due to drought. **Forest Ecology and Management**, v. 106, p. 141-156, 1998.

JACOBS, M. R. **Growth habits of the *Eucalyptus***. Canberra: Forest Timber Bureau, 1955. 262p.

JONCKEERE, I. et al. Review of methods for in situ leaf area index determination - Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**. v.121, p.19-35, 2004.

KAUPPI, A.; KIVINIITTY, M.; FERM, A. Growth habits and crown architecture of *Betula pubescens* Ehrh. of seed and sprout origin. **Canadian Journal of Forest Research**, v.18, p.1603-1613,1988.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T .T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic, 1979. 811p.

LIMA, A. P. L. **Desrama artificial em clone de *Eucalyptus grandis* (Hill ex MAIDEN): efeitos sobre o crescimento, a dinâmica de copa e o tempo de desrama**. 2003. 195f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

LOPES, H. N. S. **Crescimento e produção de eucalipto submetido à desbrota, interplântio e reforma**. 2012. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

MACDICKEN, K .G.; VERGARA, N. **Introduction to agroforestry. Agroforestry: classification and management**. New York: Wiley Interscience, 1990. p.1-30.

MIGUEL, F. R. M.; VIEIRA, S. R.; GREGO, C. R. Variabilidade espacial da infiltração de água em solo sob pastagem em função da intensidade de pisoteio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1513-1519, 2009.

MIRANDA, G. A. et al. Produtividade de povoamentos de eucalipto em regime de talhadia, em função da adubação parcelada, no Vale do Jequitinhonha-MG. **Revista Árvore**, v.22, n.1, p.51-60, 1998.

NICODEMO, M. L. F. et al. Desenvolvimento inicial de espécies florestais em sistema silvipastoril na Região Sudeste. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 60, p. 89-92, 2009.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. DORDRECHT: KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS. 1993. P.499.

OLIVER, C. D.; LARSON, B. C. **Forest stand dynamics**. New York: McGraw- Hill, Inc., 1990. 467 p.

OLIVEIRA, C. H. R. **Decepa de plantas jovens de clone de eucalipto e condução da brotação em um sistema agroflorestal**. 2006. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

OLIVEIRA, C. H. R. et al. Área foliar e biomassa de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clone de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p.59-68, 2008.

OLIVEIRA NETO, S. N. et al. Arranjos estruturais do componente arbóreo em sistema sgrossilvipastoril e seu manejo por desrama e desbaste. **Informe Agropecuário**, v. 31, p. 47-58, n. 257, 2010.

OLIVEIRA, T. K. de et al. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 60, p. 01-09, 2009.

OLIVEIRA, T. K. de et al. Radiação solar no sub bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v.13, p.40-50, 2007.

PACIULLO, D. S. C. et al. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1528-1535, 2009.

PACIULLO, D. S. C. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.573-579, 2007.

PAIVA, H. N. et al. Influência das idades de corte e de desbrota e do número de brotos sobre o desenvolvimento da brotação de cepas de *Eucalyptus spp*. **Revista Árvore**, v.7, p.1-10, 1983.

PAULA, R. R. **Avaliação silvicultural de eucalipto em monocultivo e em sistema agroflorestal com diferentes arranjos espaciais**. 2011. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

PAULA, R. R et al. Eucalypt growth in monoculture and silvopastoral systems with varied tree initial densities and spatial arrangements **Agroforestry Systems** v. 87, p.1295–1307, 2013.

PAULA NETO, F. et al. Fatores que influem no desenvolvimento de brotações em povoamentos de eucaliptos. **Revista Árvore**, v.6, n.2, p. 133- 9,1982.

PEREIRA, A. R. et al. Efeito do diâmetro das cepas no desenvolvimento de brotações de *Eucalyptus spp*. **Revista Árvore**, v.4, n.2, p. 215- 220, 1980.

- RADOMSKI M. I.; RIBASKI J. Fertilidade do solo e produtividade da pastagem em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.32, n. 69, p.53-61, 2012.
- REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série Técnica – IPEF**, v.11, n.30, p.9-22, 1997.
- REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Respostas estomáticas e mudanças nos níveis de reservas de plantas intactas e de brotações de *E. camaldulensis* Dehn submetidas a deficiência hídrica no solo. **Revista Árvore**, v. 15, n.2, p. 112-125, 1991.
- RESENDE, M. D. V. de. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p.589-647.
- REZENDE, G. C.; SUITER FILHO, W.S.; MENDES, C. J. **Regeneração dos maciços florestais da Cia Agrícola e Florestal Santa Bárbara**. Viçosa, SIF, 1980. 24 p. (Boletim Técnico no. 1).
- ROSADO, A. M. et al. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.7, p.964-971, jul. 2012.
- RIGHI, C. A. et al. Measurement and simulation of solar radiation availability in relation to the growth of coffee plants in an agroforestry system with rubber trees. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.2, 2007.
- SEQUEIRA, W.; GHOLZ, H. L. Canopy structure, light penetration and tree growth in a slash pine (*Pinus elliottii*) silvo-pastoral system at different stand configurations in Florida. **The Forestry Chronicle**, v. 67, n. 3, p. 263-267,1991.
- SIMÕES, J. W.; COUTO, N. A. S. Efeito do número de brotos e da fertilização mineral sobre o crescimento da brotação de *Eucalyptus saligna* Smith, em segunda rotação. **IPEF**, v.31, p.23-32, 1985.
- SIMS, R. E. H; MAIAVA, T. G.; BULLOCK, B. T. Short rotation coppice tree species selection for woody biomass production in New Zealand. **Biomass and Bioenergy**, v.20, p.329-335, 2001.
- SIERRA, J.; NYGREN, P. Transfer of N fixed by a legume tree to the associated grass in a tropical silvopastoral system. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, n. 7, p. 1893 – 1903, 2006.
- SIERRA, J.; DAUDIN, D. Limited ¹⁵N transfer from stem-labeled leguminous trees to associated grass in an agroforestry system. **European Journal of Agronomy**, v. 32, n. 3, p. 240-242, 2010.
- SILVA, J. M. da. **Atributos do solo em função da distribuição das excretas bovinas em sistema silvipastoril**. 2012. 70 p. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal). Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP, 2012.

SILVA, N. F. **Produtividade, demanda e eficiência nutricional de clones de eucalipto em regime de alto fuste e talhadia**. 2013. 52 P. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, MG, 2013.

SNYDER, L. J. U. et al. Growth characteristics and allometry of *Robinia pseudoacacia* as a silvopastoral system component. **Agroforestry Systems**, v. 70, n.1, p. 41–51, 2007.

SOARES, A. B. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.3, p.443-451, 2009.

SOUZA, F. C. et al. Sobrevivência e diâmetro de plantas intactas e brotações de clones de eucalipto. **Floresta e Ambiente**, v.19, n.1, p. 44-54, 2012.

STAPE, J. L. Planejamento global e normatização de procedimentos operacionais da talhadia simples em *Eucalyptus*. **Série Técnica IPEF**, v.11, n. 30, p. 51-62, mai. 1997.

STAPE, J. L. et al. A twin-plot approach to determine nutrient limitation and potential productivity in *Eucalyptus* plantations at landscape scales in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 223, n. 1-3, p. 358–362, 2006.

WALL, A. J. et al. Evaluation of easily measured stand inventory parameters as predictors of PAR transmittance for use in poplar silvopastoral management. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 139, n. 4, p. 665-674, 2010.

WANDELLI, E. V.; MARQUES FILHO, A. O. Medidas de radiação solar e índice de área foliar de coberturas vegetais. **Acta Amazonica**, v.29, n. 1, p. 57-78, 1999.

WHITEHEAD, D.; BEADLE, C. L. Physiological regulation of productivity and water use in *Eucalyptus*: a review. **Forest Ecology and Management**, v.193, p.113-140, 2004.

XAVIER, A. C.; SOARES, J. V.; ALMEIDA, A. C. Variação do Índice de Área Foliar em clones de eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. **Revista Árvore**, v.26, n. 4, p.421-427, 2002.

XAVIER, A.; SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010.

CAPÍTULO III

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE CLONES DE EUCALIPTO EM ALTO FUSTE SOB MONOCULTIVO E SISTEMAS SILVIPASTORIS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento, a produção e o índice de área foliar (IAF) do componente arbóreo de povoamentos de cinco clones de híbridos de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. grandis* (02, 58, GG100, 62 e 19) em sistemas silvipastoris ((2x2) + 10 m, (3x3) + 9 m e 9x3 m) e em monocultivo (3,6x2,5 m e 3,3x3,3 m). O diâmetro a 1,3 m de altura (*dap*) e a altura total das árvores foram avaliados até a idade de 62 meses. O IAF foi avaliado aos 38, 50 e 62 meses após plantio. O arranjo de plantio influenciou no crescimento em altura ($p < 0,05$) apenas para os clones 58 e GG100. O crescimento em diâmetro foi influenciado pela proximidade das plantas nas linhas e entrelinhas de plantio ($p < 0,05$), sendo menor nos arranjos 3,6x2,5 m e 3,3x3,3 m, mas com pequenas variações de respostas entre os clones. O crescimento em volume por planta foi maior nas plantas nos arranjos com menor densidade de plantio, destacando-se o 9x3 m ($p > 0,01$). O volume por hectare foi influenciado pelo genótipo, arranjo espacial, *dap* e área basal e variou entre os clones. O clone GG100 foi o mais produtivo no arranjo de plantio (3x3) + 9 m e o clone 58 o menos produtivo, no arranjo 9x3 m. O IAF decresceu com a idade e com a densidade de plantio, permitindo maior transmitância da radiação solar no sistema silvipastoril. Os clones 58 e 62 apresentaram os menores valores de IAF. Os resultados permitem inferir que o arranjo espacial deve ser definido para cada genótipo, em função do uso da madeira. O arranjo de plantio (3x3) + 9 m é o recomendado para a produção de madeira serrada e postes devido ao maior crescimento em diâmetro das árvores, ou mesmo para carvão e celulose, caso haja antecipação da idade de corte das árvores. Os sistemas silvipastoris em linha dupla apresentaram maior produção de madeira no sistema.

Palavras-chave: Espaçamento; arranjo espacial de plantio, clone de eucalipto; densidade de plantio; índice de área foliar

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate growth, yield and leaf area index (LAI) of the trees, and pasture biomass production, of stands of five hybrid clones of *E. camaldulensis*, *E. urophylla* and *E. grandis* (02, 58, GG100, 62 and 19) in silvopastoral systems ((2x2) + 10 m, (3x3) + 9 m and 9x3 m) and in monoculture (3.6x2.5 m, 3.3x3.3 m). The tree diameter at 1.3 m height (*dbh*) and total height were evaluated up to the age of 62 months. The LAI was evaluated at 38, 50 and 62 months after planting. The tree planting spatial arrangement only influenced height growth ($p < 0.05$) for the clones 58 and GG100. The average *dbh* was influenced by the proximity of the plants in the line and in the interrow ($p < 0.05$), being lower in the planting arrangements 3.6x2.5 m, 3.3x3.3 m ($p > 0.05$), with slight variations in response among clones. The volume per plant was greater ($p > 0.05$) in low dense stands, especially in the planting arrangement 9x3 m. The volume per hectare was influenced by the genotype, planting spatial arrangement, *dbh* and basal area, differing among clones. The clone GG100 in the planting arrangement (3x3) + 9 m was the most productive, and the clone 58 was the least productive in the planting arrangement 9x3 m. The LAI generally decreased with age and planting density, allowing higher radiation transmittance in the silvopastoral arrangements than in the monoculture. The clones 58 and 62 presented generally the lowest values for LAI. The results suggest that the tree planting spatial arrangement should be defined for each genotype to optimize wood and, or pasture production. The arrangement (3x3) + 9 m is recommended for the production of lumber and poles allowing trees to attain larger diameter, or even for charcoal and cellulose, if harvesting age is anticipated. The silvopastoral systems with double planting lines increase wood production in the systems.

Keywords: Spacing; eucalypt clones; planting density; leaf area index

1. INTRODUÇÃO

A escolha de espaçamento ou arranjo espacial para a implantação de povoamentos florestais deve atender à destinação da madeira produzida (BALLONI e SIMÕES, 1980). Ressalta-se, porém, que essa definição deve levar em conta a capacidade produtiva do lugar e o genótipo (MELLO et al., 1972; BOTELHO, 1998; BERGER et al., 2002; MÜLLER et al., 2005; HARRINGTON et al., 2009; PAULA, et

al., 2013). Os locais melhores podem apresentar maior produtividade em razão da quantidade e disponibilidade de recursos de crescimento demandados pelas árvores (GONÇALVES, 1988; REIS; REIS, 1993; PINKARD; NEILSEN, 2003; GONÇALVES et al., 2004; KRUSCHEWSKY et al., 2007). Essa maior produtividade possibilita a antecipação da colheita florestal (LACERDA; COUTO, 1993; CAMPOS; LEITE, 2013).

Os genótipos de eucalipto, em monocultivos ou em sistemas agroflorestais, podem possuir ritmos de crescimento variáveis e habilidades diferenciadas no uso de recursos de crescimento, influenciando na definição do melhor espaçamento de plantio (LELES et al., 1998; BERNARDO et al., 1998; BOYDEN et al., 2008; VILAS BÔAS et al., 2009).

No Brasil, até a década de 90, o eucalipto era plantado em espaçamentos e arranjos espaciais reduzidos, como 2x2 m; 2,5x2,5 m; 3x1,5 m; 3x2 m e 3x2,5 m, e a maioria dos plantios era estabelecido com mudas provenientes de sementes (BALLONI; SIMÕES, 1980; BERNARDO et al., 1998; LELES et al., 1998; LADEIRA et al., 2001). Ultimamente, tem havido o predomínio de espaçamentos com 9 a 12 m²/planta para os plantios clonais, para a produção de madeira para celulose e carvão vegetal (XAVIER et al., 2002; REIS et al., 2006, SILVA et al., 2012) e, às vezes, espaçamentos mais amplos e arranjos espaciais variados, principalmente no estabelecimento de sistemas agroflorestais (MORAIS, 2006; MAGALHÃES et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009; PAULA et al., 2013)

Na implantação de povoamentos florestais é possível a definição de arranjos espaciais, variando sua distância entre as linhas de plantio e entre as plantas na linha. Os arranjos com maior retangularidade (STAPE, 1995) são utilizados, principalmente, para facilitar a colheita florestal mecanizada (GONÇALVES et al., 2004), reduzir o custo de implantação (MELIDO, 2012), além de possibilitar o consórcio com culturas agrícolas e pastagem (OLIVEIRA et al., 2008). Geralmente, os espaçamentos reduzidos são adotados na produção de madeira em monocultivo, para celulose (SANQUETTA et al., 2005), energia (MÜLLER et al, 2005), dentre outros. Quando se deseja madeira para serraria, postes ou outros usos que demandam árvores de maiores diâmetros, estas são estabelecidas em espaçamentos amplos (OLIVEIRA et al., 2009; FONTAN et al., 2011) ou espaçamentos reduzidos, com a aplicação de desbastes (LEITE et al., 2005; DIAS et al., 2005; MONTE et al., 2009; SILVA et al., 2012), deixando árvores remanescentes de características mais adequadas.

Em espaçamentos amplos, as árvores, geralmente, apresentam maior diâmetro por ocasião da colheita (LELES, 1995; LEITE et al., 2006; BARTON e MONTAGU, 2006; CLARK III et al., 2008; HARRINGTON et al., 2009; PAULA et al., 2013) e podem ser utilizadas, por exemplo, na produção de madeira serrada e postes. O espaçamento de plantio influencia mais no crescimento em diâmetro das árvores do que na altura, uma vez que esta última característica está mais associada ao genótipo (BALLONI; SIMÕES, 1980; LACERDA; COUTO, 1993; PINKARD; NEILSEN, 2003; LIN et al., 2013). Assim, é importante o uso do arranjo espacial adequado para cada uso da madeira.

A adoção de sistemas agroflorestais (SAF) tem crescido, no Brasil, utilizando-se espaçamentos amplos para o componente arbóreo, com destaque para o eucalipto, e o consórcio com culturas agrícolas e, ou, pastagem (ANDRADE et al., 2001; SANTOS e PAIVA, 2002; DANIEL et al., 2004; MACEDO et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2007a; OLIVEIRA et al., 2008; FONTAN et al., 2011; FREITAS et al., 2013). No entanto, ainda há necessidade de estudos que indiquem espaçamentos, arranjos espaciais e genótipos de eucalipto, de modo a otimizar a produção de madeira bem como das culturas agrícolas e das pastagens (MACEDO et al., 2006; SOUZA et al., 2007; PRASAD et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2007a; OLIVEIRA et al., 2007b; OLIVEIRA NETO et al., 2010, PAULA et al., 2013).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes espaçamentos e arranjos espaciais sobre o crescimento e a produção de cinco híbridos de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. grandis* em sistemas silvipastoris e monocultivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na Região de Cerrado, na Fazenda Bom Sucesso da Votorantim Siderurgia S.A., no Município de Vazante, MG (17°36'09"S e 46°42'02"W), com altitude média de 550 m. O clima da região, segundo classificação de Koopen, é do tipo AW, a precipitação média anual na área do estudo é de 1.473 mm concentrada no período de novembro a março e a temperatura média anual é de 21,9°C (ALVARES et al., 2013). O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, textura argilosa, fase cerrado, de baixa fertilidade e elevada acidez

(EMBRAPA SOLOS, 2006). As características físicas e químicas do solo, na área experimental.

2.2. Instalação do experimento

O estudo foi estabelecido com cinco clones de eucalipto (Clone 58 – híbrido de *E. camaldulensis* x *E. grandis*, 62 – híbrido natural de *E. camaldulensis*, 02 – híbrido natural de *E. urophylla*, GG100 – híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* e 19 – híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*), em área de pastagem degradada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Braquiarião), utilizando cinco arranjos espaciais: 3,6x2,5 m (9 m²/planta); 3,3x3,3 m (10,9 m²/planta); (2x2) + 10 m (12 m²/planta); (3x3) + 9 m (18 m²/planta); e 9x3 m (27 m²/planta). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições para cada tratamento e 24 plantas na parcela útil, com bordadura de pelo menos duas plantas.

As linhas de plantio foram subsoladas a uma profundidade de 30 a 40 cm e a seguir foi feita a incorporação de 725 kg ha⁻¹ de fosfato natural reativo gafsa. A quantidade de fertilizante foi determinada de acordo com a quantidade de fertilizante recomendada através do Nutrical[®] (programa de recomendação de adubação do eucalipto). Foram aplicados 130 g de NPK 10-28-06 + 0,6% de Cu + 0,4% de Zn, com matraca, a 10 cm de profundidade, sendo metade em lados opostos da muda. Dois meses após o plantio fez-se a capina química na entrelinha de plantio, seguida de aplicação de 95 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio. Aos seis meses, foi feita a segunda adubação de cobertura com 106 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio e 25 kg ha⁻¹ de borogram (10 % de B). Posteriormente, foi utilizada apenas a roçada mecânica para permitir a regeneração da braquiária do banco de sementes do solo em todos os tratamentos.

2.3. Índice de área foliar

O índice de área foliar foi estimado aos 38, 50 e 62 meses após o plantio utilizando-se dois sensores, modelo LI-2050, conectados a dataloggers (LI-2000), produzidos pela LI-COR. Um dos sensores foi instalado em área aberta próxima ao povoamento e o outro, utilizado para as medições no interior do povoamento. As leituras foram feitas sob luz difusa, ao amanhecer ou no final da tarde (CHAVES et al., 2007). As medições no interior do povoamento foram tomadas em posições distintas devido às diferenças nos arranjos de plantio, a saber: as leituras foram realizadas a partir

da segunda planta da linha, no início de cada parcela útil. Nos arranjos (2x2) + 10 m e (3x3) + 9 m, com linhas duplas, as leituras foram realizadas em quatro pontos por parcela em distâncias regulares, em linha reta, sendo: ponto 1, interseção entre diagonais de quatro plantas na linha dupla de plantio; ponto 2, entre as duas plantas da linha de plantio; ponto 3, a ¼ da maior distância entre as duas linhas mais distanciadas de plantio e, ponto 4, na metade da maior distância entre duas linhas de plantio mais distanciadas. No arranjo 9 x 3 m, as leituras foram realizadas em três pontos em cada parcela, sendo o ponto 1 entre as duas plantas da linha de plantio, o ponto 2 a ¼ da distância entre as linhas de plantio e, o ponto 3, na metade da distância entre as linhas de plantio. Nos arranjos 3,6x2,5 m e 3,3x3,3 m, foi realizada leitura abaixo da copa das árvores na interseção entre diagonais de quatro plantas, a partir da segunda planta do início da parcela útil.

2.4. Análise dos dados experimentais

As medições de diâmetro à altura de 1,3 m (*dap*) e da altura total (*Ht*) das árvores foram realizadas aos 10, 18, 23, 33, 38, 50 e 62 meses após o plantio das mudas. Nos arranjos (2x2) + 10 m, (3x3) + 9 m e 9x3 m, nos cinco clones de eucalipto, aos 50 e 62 meses foram cubadas de três a seis árvores-amostra de cada classe de diâmetro, definidas com amplitude de 2 cm. O volume de madeira com casca, em cada parcela útil, foi estimado utilizando-se a equação de volume ajustada empregando dados dessas árvores abatidas e cubadas com a fórmula de Smalian (HUSCH MILLER e BEEES, 1972). Para o ajuste do modelo de volume por planta, por transformação logarítmica, procedeu-se à aproximação linear do modelo de Schumacher e Hall (1933) (1).

$$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln dap + \beta_2 \ln H + \varepsilon \quad (1)$$

Em que: V = volume por árvore, em m^3 ; dap = diâmetro à 1,3 m de, em cm ; H = altura total, em m ; $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = parâmetros do modelo; ε = erro aleatório, $\varepsilon \sim NID(0, \sigma^2)$

Para os cinco clones nos arranjos espaciais 3,6x2,5 m e 3,3x3,3 m, foram utilizadas equações volumétricas fornecidas pela empresa, para cada material genético em estudo, referentes ao mesmo modelo utilizado nos demais clones e arranjos.

As variáveis, diâmetro médio, altura total média, área basal, volume por planta e volume por hectare, foram analisadas por meio de regressão. Para avaliar o crescimento e a produção resultante dos diferentes arranjos espaciais e clones, foram ajustados os

modelos de Gompertz (2) e Logístico (3), descritos a seguir, sendo esses ajustamentos avaliados pelo coeficiente de correlação entre valores observados e aqueles estimados e pelo erro padrão residual (CAMPOS e LEITE, 2013). As equações foram comparadas empregando testes de identidade para modelos não lineares (REGAZZI, 2003).

$$y = \alpha e^{(e^{(\beta - \gamma I)})} + \varepsilon \quad (2)$$

$$y = \frac{\alpha}{(1 + \beta e^{(-\gamma I)})} + \varepsilon \quad (3)$$

Em que: y: variável de interesse; α , β , γ : parâmetros do modelo; I: idade, em meses; ε : erro aleatório.

Os cálculos foram realizados no Microsoft Excel[®], e as análises estatísticas dos dados foram feitas com os softwares STATISTICA 10 (STATSOFT, INC, 2013), CurveExpert 1.4 (HYAMS, D., 2009) e Sigmaplot 11.0 (SYSTATSOFT, INC, 2008). O valor total médio de IAF foi analisado por meio de análise descritiva e pelo teste t a 5 % de probabilidade.

3. RESULTADOS

As equações volumétricas obtidas com o modelo de Schumacher e Hall resultaram em coeficientes de determinação superiores a 0,95 ($p < 0,05$) para todos os genótipos e arranjos espaciais (Tabela 1).

O crescimento em altura, diâmetro e área basal seguiram o modelo Gompertz (Tabelas 2) apresentando coeficientes de correlação superiores a 0,97 ($p < 0,05$). O modelo Logístico descreveu melhor as variáveis volume por planta e por hectare (Tabela 3). As equações estimadas para os diferentes arranjos espaciais, após comparadas empregando testes de identidade de modelos, foram agrupadas quando iguais entre si ($p > 0,05$) (Tabelas 2 e 3).

A altura das árvores diferiu ($p < 0,05$) em relação aos arranjos espaciais (Tabela 2, Figura 1) somente para os clones GG100 e 58 no arranjo espacial 3,6x2,5 m, que apresentou a menor altura em relação aos demais arranjos. O maior valor assintótico para altura média foi de 34,6 m (clone GG100) nos arranjos 3,3x3,3 m, (2x2)+10 m, (3x3)+9 m e 9x3 m, que foram iguais entre si ($p > 0,05$), tendo sido representados por

uma única equação. O menor valor assintótico (19,6 m) para altura foi para o clone 58, no arranjo 3,6x2,5 m.

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros do modelo linearizado de Schumacher e Hall, obtidas para o volume por planta, para cinco clones de eucalipto e cinco arranjos espaciais de plantio, em Vazante, MG

Clone	Trat. ⁽¹⁾	Arranjo (m)	Espaçamento (m ² /árvore ⁻¹)	Densidade (árvores/ha)	Parâmetros			R ²⁽³⁾
					$\beta_0^{(2)}$	$\beta_1^{(2)}$	$\beta_2^{(2)}$	
19	T1	3,6x2,5	9,0	1.111	-10,8320	1,6831	1,4577	0,99
	T2	3,3x3,3	10,9	918	-10,8320	1,6831	1,4577	0,99
	T3	(2x2) + 10	12,0	833	-9,7907	1,8290	0,9925	0,99
	T4	(3x3) + 9	18,0	556	-9,8021	1,7289	1,1036	0,99
	T5	9x3	27,0	370	-10,0893	1,8342	1,0783	0,99
02	T1	3,6x2,5	9,0	1.111	-10,1930	1,8831	1,0921	0,99
	T2	3,3x3,3	10,9	918	-10,1930	1,8831	1,0921	0,99
	T3	(2x2) + 10	12,0	833	-9,7882	1,9787	0,8686	0,98
	T4	(3x3) + 9	18,0	556	-10,1084	1,7211	1,2093	0,99
	T5	9x3	27,0	370	-9,0351	1,5696	1,0286	0,97
GG100	T1	3,6x2,5	9,0	1.111	-10,0304	1,8542	1,0657	0,99
	T2	3,3x3,3	10,9	918	-10,0304	1,8542	1,0657	0,99
	T3	(2x2) + 10	12,0	833	-8,6403	1,9543	0,5421	0,95
	T4	(3x3) + 9	18,0	556	-10,5895	1,3368	1,7081	0,95
	T5	9x3	27,0	370	-10,0604	1,7134	1,1855	0,96
58	T1	3,6x2,5	9,0	1.111	-10,5689	1,9158	1,1687	0,99
	T2	3,3x3,3	10,9	918	-10,5689	1,9158	1,1687	0,99
	T3	(2x2) + 10	12,0	833	-9,4515	1,8875	0,8248	0,99
	T4	(3x3) + 9	18,0	556	-10,8932	1,5702	1,5871	0,99
	T5	9x3	27,0	370	-9,3861	1,7579	0,9124	0,99
62	T1	3,6x2,5	9,0	1.111	-11,4054	1,5886	1,7047	0,99
	T2	3,3x3,3	10,9	918	-11,4054	1,5886	1,7047	0,99
	T3	(2x2) + 10	12,0	833	-9,9093	1,8963	0,9676	0,99
	T4	(3x3) + 9	18,0	556	-8,5248	2,1780	0,2607	0,99
	T5	9x3	27,0	370	-9,6958	1,7225	1,0546	0,99

⁽¹⁾Tratamento; ⁽²⁾ Coeficientes estimados; ⁽³⁾ Coeficientes de determinação

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros do modelo Gompertz ajustado para as variáveis altura, diâmetro e área basal por hectare, para cinco clones de eucalipto e arranjos espaciais de plantio, em Vazante, MG

Clones	Trat. ⁽¹⁾	Altura (cm)					Trat. ⁽¹⁾	dap (cm)					Trat. ⁽¹⁾	Área basal (m ² ha ⁻¹)				
		$\alpha^{(2)}$	$\beta^{(2)}$	$\gamma^{(2)}$	$r_{\hat{y}y}^{(3)}$	$S_{yx}^{(4)}$		$\alpha^{(2)}$	$\beta^{(2)}$	$\gamma^{(2)}$	$r_{\hat{y}y}^{(3)}$	$S_{yx}^{(4)}$		$\alpha^{(2)}$	$\beta^{(2)}$	$\gamma^{(2)}$	$r_{\hat{y}y}^{(3)}$	$S_{yx}^{(4)}$
19	1-5	27,3988	1,3227	0,0538	0,98	1,60	1-3	15,7595	1,3368	0,0773	0,99	0,72	1-2	21,0170	1,8885	0,0686	0,97	2,09
							4	19,0634	1,3296	0,0736	0,99	0,59	3	17,8499	1,8140	0,0684	0,99	0,74
							5	21,0159	1,3131	0,0699	0,99	0,65	4	16,4837	1,9076	0,0676	0,99	0,45
02	1-5	30,8114	1,3444	0,0464	0,99	1,21	1	14,9941	2,1075	0,0691	0,99	0,94	1	24,1255	2,3393	0,0752	0,99	0,85
							2-3	16,5117	1,6778	0,0770	0,99	0,59	2	24,7633	2,0808	0,0720	0,99	0,90
							4-5	17,7907	1,5544	0,0797	0,99	0,63	3	20,9157	2,0688	0,0710	0,99	0,58
							4	17,5049	2,0129	0,0689	0,99	0,57	5	14,9941	2,1075	0,0691	0,99	0,87
							5	14,9941	2,1075	0,0691	0,99	0,87						
GG100	1	35,3641	1,2753	0,0394	0,98	1,96	1	16,1736	1,3899	0,0752	0,99	0,82	1-2	22,6122	2,0611	0,0755	0,99	0,44
	2-5	34,5696	1,4244	0,0521	0,99	1,32	2-4	17,8150	1,4633	0,0809	0,99	0,70	3	18,6629	1,8328	0,0714	0,99	0,59
							5	22,1715	1,3734	0,0752	0,99	0,38	4	16,0631	2,0282	0,0714	0,99	0,41
							5	14,4605	2,0281	0,0732	0,99	0,29						
58	1	19,5743	1,3310	0,0792	0,97	1,32	1	14,3607	1,2689	0,0868	0,99	0,47	1-2	18,5237	1,8070	0,0785	0,99	0,50
							2-3	15,9224	1,3378	0,0847	0,99	0,55	3-4	17,5038	1,9150	0,0711	0,99	0,63
							4-5	20,2576	1,3614	0,0738	0,99	0,58	5	13,4500	1,8931	0,0644	0,99	0,32
62	1-5	28,0260	1,2127	0,0507	0,98	1,43	1-3	16,2039	1,2672	0,0789	0,97	1,16	1-2	24,4744	1,6672	0,0665	0,99	1,26
							4-5	21,9330	1,1966	0,0628	0,97	1,59	3	21,6783	1,7347	0,0614	0,98	1,27
							4	19,0573	1,7625	0,0601	0,99	1,02						
							5	16,9168	1,7532	0,0540	0,98	0,89						

⁽¹⁾T1= 3,6x2,5 m; T2= 3,3x3,3 m; T3= (2x2) + 10 m; T4= (3x3) + 9 m e T5= 9x3 m. ⁽²⁾ α , β e γ = Parâmetros modelo de Gompertz na forma $y = \alpha e^{(\beta - \gamma t) + \epsilon}$ ⁽³⁾ $r_{\hat{y}y}$ = Coeficiente de correlação ⁽⁴⁾ S_{yx} = Erro-padrão residual.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros do modelo Logístico ajustado para o volume por planta e volume por hectare, para cinco clones de eucalipto e arranjos espaciais de plantio, em Vazante, MG

Clones	Trat. ⁽¹⁾	Volume (m ³ /planta)					Trat. ⁽¹⁾	Volume (m ³ ha ⁻¹)				
		$\alpha^{(2)}$	$\beta^{(2)}$	$\gamma^{(2)}$	$r_{\hat{y}\hat{y}}^{(3)}$	$S_{y\hat{y}}^{(4)}$		$\alpha^{(2)}$	$\beta^{(2)}$	$\gamma^{(2)}$	$r_{\hat{y}\hat{y}}^{(3)}$	$S_{y\hat{y}}^{(4)}$
19	1	0,1639	504,6530	0,1565	0,98	0,01	1-4	172,0511	301,8726	0,1471	0,99	6,46
	2	0,2223	438,9165	0,1506	0,99	0,00	5	127,1186	137,9719	0,1172	0,99	2,79
	3	0,2066	187,8342	0,1419	0,99	0,01						
	4	0,3074	292,8080	0,1504	0,99	0,01						
	5	0,3621	135,2259	0,1174	0,99	0,01						
02	1	0,2483	277,2279	0,1266	0,99	0,01	1	207,7576	424,6849	0,1396	0,99	8,02
	2-3	0,2873	203,4413	0,1288	0,99	0,01	2	230,2525	289,7727	0,1374	0,99	14,28
	4	0,3453	204,2835	0,1266	0,99	0,01	3	191,9462	167,4944	0,1250	0,99	5,99
	5	0,4336	155,1782	0,1228	0,98	0,03	4	165,4663	227,4981	0,1283	0,99	5,62
							5	130,4398	168,6733	0,1263	0,99	5,51
GG100	1	0,2561	144,0893	0,1145	0,99	0,01	1-2	248,2140	173,0729	0,1275	0,99	8,99
	2	0,3054	181,5999	0,1311	0,99	0,01	3	214,0867	65,2949	0,1129	0,99	6,11
	3	0,2658	77,7465	0,1224	0,99	0,01	4	284,8117	146,8072	0,0996	0,97	19,27
	4	0,5062	115,0679	0,1136	0,99	0,03	5	157,6525	104,3136	0,1099	0,97	12,74
	5	0,6018	130,7546	0,0936	0,99	0,03						
58	1	0,1278	217,5813	0,1665	0,99	0,01	1-3	157,8769	162,9670	0,1475	0,99	9,90
	2-3	0,1963	159,0341	0,1427	0,99	0,00	4	180,5064	539,1811	0,1586	0,99	6,36
	4-5	0,3305	229,1701	0,1377	0,99	0,01	5	117,9957	108,3433	0,1180	0,99	4,52
62	1	0,1726	675,8748	0,1811	0,91	0,03	1-3	201,6037	275,2635	0,1493	0,99	9,18
	2-3	0,2594	192,4132	0,1352	0,99	0,01	4	140,3674	51,1995	0,1054	0,96	13,95
	4	0,3036	55,4182	0,1092	0,99	0,02	5	155,7489	118,5348	0,1084	0,99	5,92
	5	0,4605	96,2859	0,1009	0,99	0,02						

⁽¹⁾T1 = 3,6x2,5 m; T2 = 3,3x3,3 m; T3 = (2x2) + 10 m; T4 = (3x3) + 9 m e T5 = 9x3 m ⁽²⁾ α , β e γ = Parâmetros do modelo logístico na forma $Y = \alpha (1 - \beta e^{-\gamma x})^{-1} + \epsilon$; ⁽³⁾ $r_{\hat{y}\hat{y}}$ = Coeficiente de correlação ⁽⁴⁾ $S_{y\hat{y}}$ = Erro-padrão residual.

O menor crescimento em diâmetro das árvores foi observado, também, para o clone 58, que foi igual ao do GG100 e 02 no arranjo 3,6x2,5 m, com crescimento diferente ($p < 0,05$) dos demais arranjos para estes clones. Em sua maioria, os arranjos com maior densidade populacional (3,6x2,5 m, 3,3x3,3 m e (2x2)+10 m) apresentaram baixo valor assintótico para diâmetro (Tabela 2, Figura 1).

O crescimento em área basal foi diferenciado para a maioria dos clones e arranjos espaciais ($p < 0,05$), sendo os menores valores observados no arranjo 9x3 m para todos os clones, atingindo valores assintóticos de 13,5 a 24,8 m^2ha^{-1} . Os dois arranjos com maior densidade de plantio, em monocultivo, apresentaram os maiores valores assintóticos para área basal, atingindo o máximo para o clone 02 (24,8 m^2ha^{-1}), seguido dos clones 62 (24,5 m^2ha^{-1}) e GG100 (22,6 m^2ha^{-1}). Para a maioria dos clones não houve diferença ($P > 0,05$) entre estes dois arranjos, para a área basal (Tabela 2, Figura 1).

O volume por planta diferiu entre os arranjos espaciais ($p < 0,05$), tendo ocorrido aumento com a diminuição da densidade de plantio do povoamento. O maior valor assintótico para volume por planta foi observado para o clone GG100 (0,6018 $m^3/planta^{-1}$) no arranjo 9x3 m e, o menor, para o clone 58 (0,1278 $m^3/planta$), no arranjo 3,5x2,5 m (Tabela 3, Figura 2).

O crescimento em volume por hectare foi maior ($p < 0,05$) no arranjo (3x3) + 9 m para os clones 58 (151 m^3ha^{-1}) e GG100 (285 m^3ha^{-1}) sendo que, para o clone 19, o volume no arranjo (3x3) + 9 m apresentou o maior volume, mas foi igual ($p > 0,05$) ao volume nos três arranjos com maior densidade de plantio, diferindo ($p < 0,05$) apenas do arranjo 9x3 m. O maior volume por hectare (230 m^3ha^{-1}) para o clone 02 foi obtido no arranjo 3,3x3,3 m, tendo sido observada diferença ($p < 0,05$) entre todos os arranjos para este clone (Tabela 3, Figura 2).

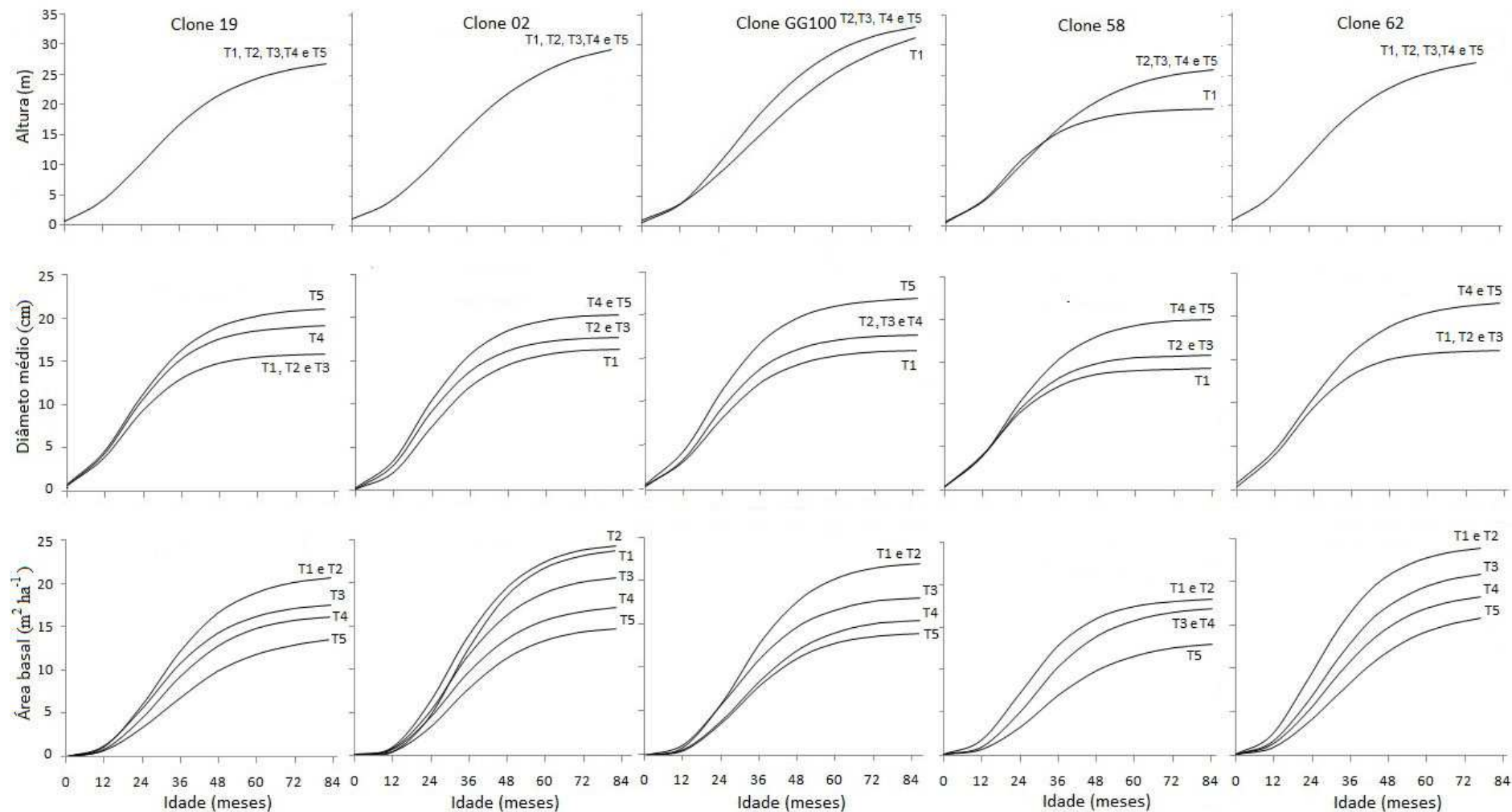


Figura 1. Crescimento em altura (m), diâmetro (cm) e área basal (m²ha⁻¹), em função da idade (meses) das plantas, de cinco clones de eucalipto e arranjos espaciais de plantio, em Vazante, MG. Sendo: T1= 3,6x2,5 m; T2= 3,3x3,3 m; T3= (2x2) + 10 m; T4= (3x3) + 9 m e T5= 9x3 m

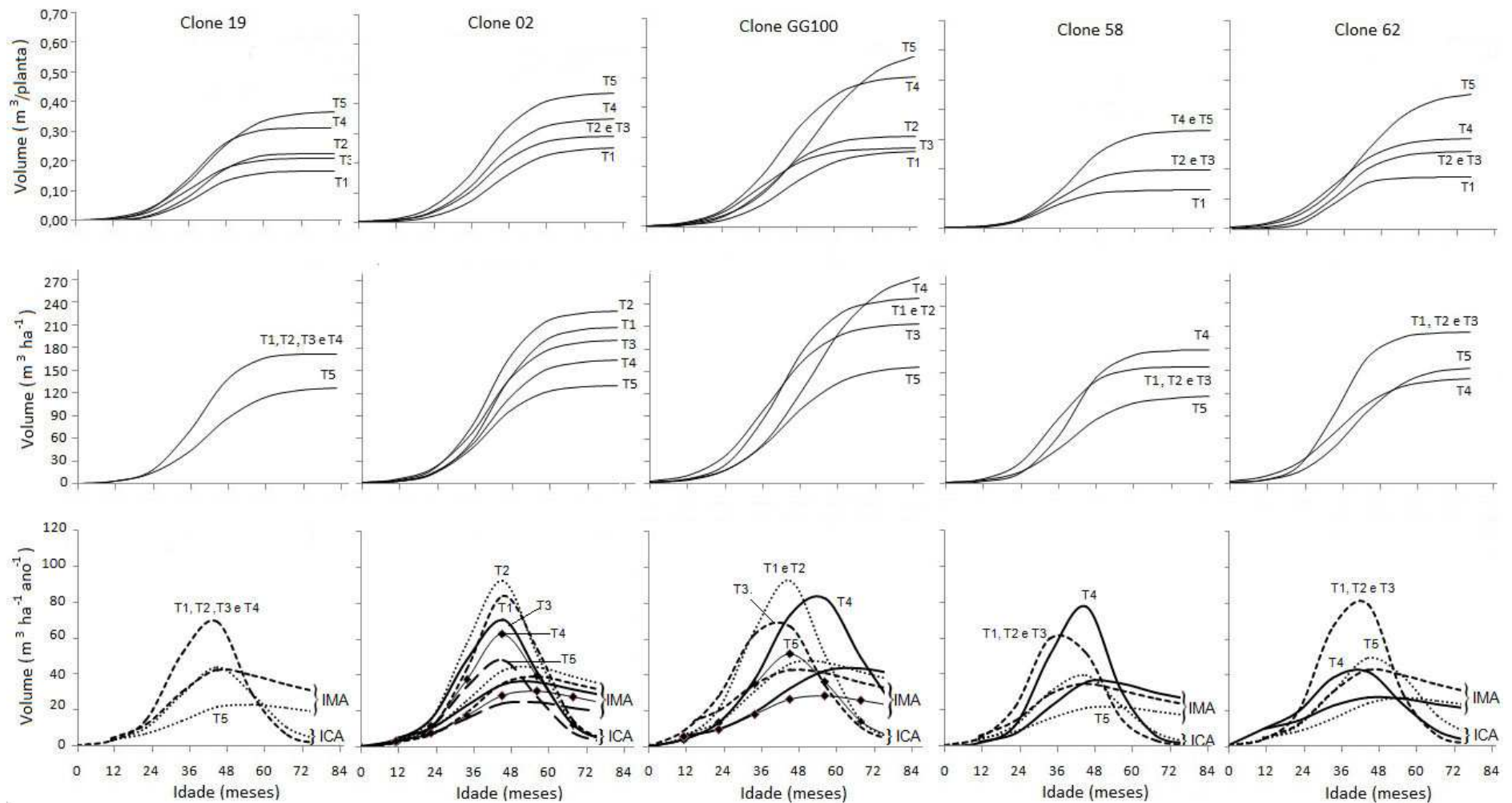


Figura 2. Volume por planta ($m^3/planta$) e por hectare ($m^3 ha^{-1}$), incremento médio anual – IMA ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) e incremento corrente anual – ICA ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$), em função da idade (meses), para cinco clones de eucalipto e arranjos espaciais de plantio, em Vazante, MG. Sendo: T1= 3,6x2,5 m; T2= 3,3x3,3 m; T3= (2x2) + 10 m; T4= (3x3) + 9 m e T5= 9x3 m

Os arranjos em monocultivo e o (2x2) +10 m não diferenciaram entre si ($p>0,05$) e foram os arranjos com o maior crescimento em volume por hectare para o clone 62. O arranjo 9x3 m apresentou o menor ($p<0,05$) crescimento em volume por hectare para a maioria dos clones, excepto para o clone 62, onde o menor ($p<0,05$) crescimento em volume foi no arranjo (3x3) + 9 m. Em geral, os clones 58 e 19 foram os menos produtivos (Tabela 3, Figura 2).

O maior incremento médio anual foi observado para o clone GG100 nos arranjos 3,6x2,5 m e 3,3x3,3 m ($46 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) aos 56 meses, apresentando a idade técnica de corte aos 63 meses. No arranjo 9x3 m, a idade técnica de corte foi maior do que os demais arranjos para os clones 58, 62 e 19.

De um modo geral, maiores valores de IAF foram observados nos arranjos espaciais de monocultivo (3,6x2,5 m e 3,3x3,3 m) e os menores valores no arranjo 9x3 m. Ocorreu redução de IAF com a idade, com algumas exceções. Nas três idades avaliadas os clones 58 e 62 apresentaram, em sua maioria, os menores valores de IAF, e o clone 02 os maiores valores.

Tabela 4. Índice de área foliar médio do dossel arbóreo aos 38, 50 e 62 meses após plantio de cinco clones de eucalipto e arranjos espaciais de plantio, em Vazante, MG

Idade (mês)	Clone	Índice de área foliar				
		3,6x2,5 m	3,3x3,3 m	(2x2) +10 m	(3x3) + 9 m	9x3 m
38	19	3,54a A	3,66a A	2,40 bA	2,52 b A	2,13 c A
	02	3,28a A	3,26a B	2,15 bAB	2,24 b AB	2,09 b AB
	GG100	3,07a A	2,58 b C	2,03 c B	1,97 c C	1,68 d B
	58	1,85 b C	2,21a C	1,87a B	1,96 a BC	1,28 c C
	62	2,38a B	2,46a C	1,72 b C	1,66 b D	1,51 b B
50	19	2,72a A	2,76a A	2,16 bA	2,14 b A	1,93 c A
	02	2,58a A	2,18 b B	2,37a A	2,01 c A	1,69 d AB
	GG100	2,63a A	2,14 b B	1,76 c B	1,66 cdAB	1,23 d C
	58	1,46 b C	1,72a C	1,36 b D	1,19 c C	1,26 bc C
	62	2,00a B	2,04a B	1,54 b C	1,53 b B	1,39 c B
62	19	2,27a A	2,30a A	1,94 b B	1,75 c B	1,79 bc A
	02	2,57 bA	2,82a A	2,37 bA	2,01 cA	1,69 dA
	GG100	2,19a A	1,69 b B	1,67 b C	1,43 bc BC	1,31 c B
	58	1,10 b C	1,43a C	1,27 b D	1,34 b C	1,16 b C
	62	1,55 a B	1,66a B	1,32 b D	1,31 b C	1,30 b B

Médias com as mesmas letras minúsculas, na linha, ou maiúscula, na coluna, não diferem significativamente pelo teste t ($p>0,05$).

4. DISCUSSÃO

Não há consenso do efeito do espaçamento e arranjo espacial em povoamentos florestais, sobre o crescimento em altura (BALLONI; SIMÕES, 1980; LELES et al., 2001). Alguns autores observaram efeito positivo do adensamento no crescimento em altura das árvores (HAWLEY; SMITH, 1972; LELES et al., 2001; WOODRUFF et al., 2002; SILVA, 2005; PINKARD; NEILSEN, 2003; BINKLEY, 2004; KRUSCHEWSKY et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009; HARRINGTON et al., 2009). Outros autores, por outro lado, não observaram esta resposta (LEITE et al., 1997; MAGALHÃES et al., 2007; KHAN; CHAUDHRY, 2007; PAULA et al., 2013). A ocorrência de efeito da densidade sobre a altura das plantas talvez seja devido ao fato de, na idade da avaliação, haver diferenças no número de árvores por hectare, podendo a plena ocupação do espaço de crescimento ter ocorrido em idades mais jovens. No presente estudo os clones responderam diferentemente aos arranjos espaciais (Tabela 2, Figura 1) em relação à altura. O menor crescimento em altura aos 62 meses foi observado para os clones GG100 e 58, no espaçamento mais denso (9 m²/planta), o que pode estar associada à competição intra-específica entre indivíduos de cada genótipo (WOODRUFF et al., 2002). Diferença no ritmo de crescimento em altura, nos mesmos espaçamentos e sítio, entre *E. camaldulensis* e *E. pellita*, foi observado por Leles et al. (2001).

A escassez de recursos do meio, associada à sua demanda diferenciada pelas plantas de cada genótipo, pode limitar o crescimento em altura (BALLONI e SIMÕES, 1980; LACERDA e COUTO, 1993; PINKARD e NEILSEN, 2003; BINKLEY, 2004; HARRINGTON et al., 2009).

Smith et al. (1997) e Woodruff et al. (2002) observaram que o efeito negativo sobre o crescimento em altura ocorre em elevado adensamento inicial de plantas. Silva (2005) observou resposta positiva do crescimento em altura com o aumento de espaçamento em dois clones de eucalipto, na região nordeste do Estado de São Paulo, após o primeiro ano de plantio, nos espaçamentos de 6, 10,5 e 15 m²/planta. Oliveira et al. (2009) encontraram diferença significativa na altura de árvores em 11 diferentes espaçamentos (6,66 a 27 m²/planta) para um híbrido natural de *E. camaldulensis* com *E. urophylla*, em monocultivo e em sistema agroflorestal, no cerrado. Estes autores observaram a influência do arranjo espacial de plantio, mas, não houve relação direta da altura com o espaçamento. Paula et al. (2013) e Magalhães et al. (2007) não verificaram

diferença na altura das plantas de clones de eucalipto em diferentes arranjos espaciais de plantio, em monocultivo e sistemas agroflorestais.

A influência de arranjos espaciais e espaçamentos é evidenciada quando se analisa o diâmetro das plantas, sendo maior em arranjos espaciais amplos, ou seja, onde as árvores individualmente terão maior disponibilidade de recursos de crescimento (BERNARDO et al., 1998; LELES et al., 2001; WOODRUFF et al., 2002; SILVA, 2005; NOGUEIRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2009; KHAN e CHAUDHRY, 2007; KRUSCHEWSKY et al., 2007; XUE et al., 2011; PAULA et al., 2013). Os arranjos espaciais (3x3) + 9 m e 9x3 m, no presente estudo, com maiores distâncias entre plantas, apresentaram maiores valores assintóticos para diâmetro. E o arranjo menos denso (3,6x2,5 m) apresentou o menor valor assintótico para o diâmetro para a maioria dos clones. O aumento do diâmetro com a distância entre as plantas na linha de plantio (aos 38 e 51 meses), conforme observado no presente estudo, também, foi relatado por Oliveira et al. (2009), para um híbrido natural de *E. camaldulensis* x *E. urophylla*. Alcorn et al. (2007) observaram, redução de *dap* com o aumento de 1250 a 3333 árvores/ha aos 4 anos, para *Eucalyptus pilularis* Sm. e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell, em NSW, Austrália.

Além de se ter aumento em diâmetro das plantas com o aumento do espaçamento, ocorre também aumento na produção de raízes (BERNARDO et al., 1998; LELES et al., 2001). Leite et al. (1999) observaram que o aumento da densidade populacional em povoamentos de eucalipto promove redução no conteúdo de água no solo, em decorrência da redução da precipitação pluviométrica interna, bem como do aumento do consumo de água por área.

No presente estudo, os clones responderam aos arranjos espaciais de forma diferenciada quanto ao crescimento em diâmetro e, como as condições ambientais são as mesmas, esses resultados podem ser atribuídos as características genéticas de cada clone. Lin et al. (2013) relataram variação significativa no crescimento em diâmetro nos genótipos de *Pinus radiata* D. Don influencia, em resposta ao adensamento de plantio (1x1 m, 2x1 m e 3x2 m), no entanto, a altura sofreu pouca influência.

A área basal está intimamente relacionada com o *dap* e aumenta com o aumento da densidade do plantio inicial (OPIE et al., 1984). Os resultados do presente estudo indicam que os arranjos mais densos (3,6x 2,5 m e 3,3 x 3,3 m) apresentaram os maiores valores assintóticos conforme, é frequentemente encontrado na literatura (CLUTTER et al., 1983; LEITE et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2009; PAULA et al.,

2013). Kruschewsky et al. (2007) relataram menor área basal ($m^2 ha^{-1}$) em povoamentos dos clones de *E. camaldulensis* x *E. urophylla*, com 51 meses de idade, no arranjo 10x2 m, em comparação com os arranjos 3,3x2,0 m; 3,3x3 m e 5x2 m. Oliveira et al. (2009) obtiveram maior área basal nos espaçamentos em monocultivo (mais densos) do que nos sistemas agroflorestais. Vale salientar que a distância entre plantas na linha de plantio afeta mais a área basal do que a distância entre as linhas (OLIVEIRA et al., 2009; PAULA et al., 2013). Leite et al. (2006) observaram que quanto menor o espaçamento, maior a área basal de *Pinus taeda* L. e relataram que a estagnação do crescimento ocorreu mais cedo nos menores espaçamentos.

A viabilidade econômica de um sistema silvipastoril depende da produção de seus componentes, destacando-se, assim, a importância de se analisar o volume ou a biomassa da madeira por planta e por hectare (SILVA, 1999; OLIVEIRA NETO et al., 2013). Quando se pretende produzir madeira de maiores dimensões, característica requerida para a produção de postes, madeira serrada, dentre outros, é necessário utilizar arranjos espaciais com maior distância entre plantas ou aplicar o desbaste (MONTE et al., 2009; SILVA et al., 2012; PAULA et al., 2013). O arranjo espacial de plantio interfere sobre o volume por planta, uma vez que o espaçamento tem influência principalmente sobre o crescimento em diâmetro (SILVA, 1990; GORGULHO, 1990; PINKARD; NEILSEN 2003; OLIVEIRA, 2005; LEITE et al., 2006; KRUSCHEWSKY et al., 2007; ZHAO et al., 2011; LIZINIEWICZ et al., 2012). Kruschewsky et al. (2007), verificaram maior produção por planta, porém, menor produção por hectare em espaçamento mais amplo, para clone de eucalipto estabelecido nos arranjos 3,33x2 m, 3,33x3 m, 5x2 m e 10x2 m.

A maior produção por hectare usualmente ocorre nos espaçamentos mais reduzidos em função do maior número de indivíduos (BOTELHO, 1998; OLIVEIRA, 2005; OLIVEIRA NETO et al., 2003), a exemplo do que ocorreu no presente estudo para a maioria dos clones. O crescimento de cada árvore depende da disponibilidade de recursos de crescimento e do potencial de uso destes recursos, o que é intrínseco de cada genótipo (RYAN; YODER, 1997; GONÇALVES et al., 2004; BINKLEY, 2004). O arranjo espacial ou espaçamento interfere na disponibilidade de radiação (OLIVEIRA NETO et al., 2010, PACIULLO et al., 2007, 2011), nutrientes (OLIVEIRA NETO et al., 2003; ASSIS et al., 2006) e água (BARTON; MONTAGU, 2006) e modifica a partição de assimilados para a copa, tronco e raízes (BERNARDO et al. 2008; LELES et al., 2001), afetando a produção de madeira do povoamento. Silva (1999) relatou que

as plantas de *E. grandis* em espaçamentos mais amplos apresentaram status hídrico mais elevado e que o consórcio não prejudica a espécie arbórea devido ao sistema radicular das plantas explorarem horizontes diferentes no solo. Crous et al. (2013) observaram sobrevivência de híbridos de eucalipto menor nas densidades de plantio mais reduzidas ao analisar densidades de 816 a 2066 árvores ha⁻¹.

Oliveira et al. (2009) observaram relação direta entre o volume por hectare e o espaçamento de plantio, quando os arranjos eram dispostos em linhas simples. Em arranjos com renques de linhas duplas ou triplas o volume por hectare elevou-se consideravelmente, aproximando-se dos plantios mais densos, de linhas simples. As avaliações destes autores foram em idade precoce (51 meses), podendo, ainda, não ter ocorrido intensa competição intra-específica.

O IAF do componente arbóreo tem relação direta com a quantidade de radiação que chega ao sub-bosque em sistemas silvipastoris (PACCIULLO et al., 2008). A baixa permeação da radiação solar nos SSP's pode promover perda em produtividade da pastagem nos SSP's (ANDRADE et al., 2001; KRUSCHEWSKY et al., 2006; PACCIULLO et al., 2007b; SOARES et al., 2009; WALL et al., 2010).

O IAF varia com a idade, o genótipo e as condições ambientais (XAVIER et al., 2002; ALVES, 2011), destacando-se a sua relação com a densidade do povoamento (PAULA et al. 2013). Alves (2011) obteve IAF variando de 0,61 a 1,56, aos 13 meses de idade e 2,31 a 3,48, aos 21 meses, para 16 clones de eucalipto, no arranjo 3x3 m. No presente estudo, os clones 58 e 62 apresentaram, de forma geral, os menores valores de IAF nos arranjos espaciais avaliados. Sendo assim, estes genótipos poderiam ser indicados para compor SSP's, considerando a permeação de radiação. O clone 02 apresentou os maiores valores de IAF, podendo comprometer a produção dos demais componentes do sub-bosque do sistema. Estes resultados indicam que informações sobre IAF podem auxiliar na definição de materiais mais adequados para o estabelecimento desses sistemas, uma vez que a produção da pastagem depende, principalmente, da disponibilidade adequada de radiação fotossinteticamente ativa (OLIVEIRA NETO et al., 2010; PACIULLO et al., 2007, 2011).

Nos arranjos de monocultivo (3,6x2,5 m e 3,3x3,3 m) o IAF foi maior do que nos arranjos dos sistemas silvipastoris, sendo que o 9x3 m apresentou os menores valores de IAF. O aumento da transmitância média da radiação com o aumento da distância entre renques foi observado por Prasad et al. (2010), independentemente se o

arranjo espacial envolvia linha simples ou duas ou mais linhas, na formação dos renques.

Em geral, ocorreu redução de IAF com a idade do povoamento e com aumento do espaçamento, principalmente em idades mais jovens. O fechamento do dossel e o decréscimo do IAF dependem da capacidade do sítio, da densidade populacional, dentre outros. Usualmente, o IAF cresce até o fechamento do dossel, podendo manter-se estável por um período, decrescendo a seguir, conforme revisto por Forrester et al. (2010). Fontan (2007) observou que as diferenças de IAF entre clones de eucalipto ocorreram em razão de diferenças nas características de copa, destacando-se o diâmetro e comprimento dos galhos, a altura de inserção do primeiro galho vivo (altura de copa) e o arranjo das folhas/galhos na copa.

5. CONCLUSÕES

O arranjo (3x3) + 9 m, a depender do genótipo de eucalipto, apresentou vantagem sobre os arranjos em monocultivo, por favorecer elevada produção do componente arbóreo e possibilitar maior permeação de radiação para a produção da braquiária em sistemas silvipastoris.

O clone GG100 apresentou a maior produção de madeira no arranjo (3x3) + 9 m em relação aos demais arranjos e clones, seguido dos arranjos 3,6x 2,5 m e 3,3 x 3,3 m (monocultivo). Neste arranjo, o clone GG100 deteve a maior produção madeireira e foi obtida a maior massa seca de forrageira.

Os clones 58 e 62 apresentaram valores de índice de área foliar reduzidos permitindo permeação da radiação fotossinteticamente ativa, facilitando o crescimento e a produção da forrageira. No arranjo 9x3 m, foram observados os menores valores de índice de área foliar o que favorece maior transmitância de radiação para o consórcio

O arranjo espacial influencia a produção final da floresta e, em sistema silvipastoril, influenciará também na produção da forrageira.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCORN P. J. et al. Effects of initial planting density on branch development in 4-year-old plantation grown *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus cloeziana* trees. **Forest Ecology and Management**, 252:41–51, 2007.

ALVES, F. F. **Seca de ponteiros e crescimento de clones de eucalipto em diferentes doses de adubação**. 2011. 48f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

ALVARES, C.A., et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ANDRADE, C. M. S. et al. Transmissão de luz em sistemas silvipastoris com eucalipto. **Revista Árvore**, v. 26, n. 1, p. 19-23, 2001.

ASSIS, R. L.; FERREIRA, M. M.; CARGNELUTTI FILHO, A. Estado nutricional de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake sob diferentes espaçamentos na região de cerrados de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, n.3, p.151-157, 2006.

BARTON, C. V. M.; MONTAGU, K. D. Effect of spacing and water availability on root:shoot ratio in *Eucalyptus camaldulensis*. **Forest Ecology and Management**, v. 221, n. 1-3, p. 52–62, 2006.

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

BERGER, R. et al. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v.12, n.2, p.75-87, 2002.

BERNARDO, A. L. et al. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* and *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 104, n. 1-3, p. 1-13, 1998.

BINKLEY, D. A hypothesis about the interaction of tree dominance and stand production through stand development. **Forest Ecology and Management**, v. 190, n. 2-3, p. 265–271, 2004.

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

BOYDEN, S.; BINKLEY, D.; STAPE, J. L. Competition among *Eucalyptus* trees depends on genetic variation and resource supply. **Ecology**, v. 89, n. 10, p. 2850–2859, 2008.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2013. 605p.

CHAVES, R. A. et al. Dinâmica de cobertura de dossel de povoamentos de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden submetidos a desrama artificial e desbaste. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p.989-998, 2007.

CLARK III, A. et al. Effect of initial planting spacing on wood properties of unthinned loblolly pine at age 21. **Forest Products Journal**, v. 58, n. 10, p. 78-83, 2008.

CLUTTER, J. L. et al. **Timber management: a quantitative approach**. New York: John Wiley & Sons, 1983. 333p.

CROUS J.; BURGER L.; SALE. Growth response at age 10 years of five *Eucalyptus* genotypes planted at three densities on a drought-prone site in KwaZulu-Natal. **South Africa Journal: Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 75, n.4, p. 189-198, 2013.

DANIEL, O.; BITTENCOURT, D.; GELAIN, E. Avaliação de um sistema agroflorestal eucalipto-milho no Mato Grosso do Sul. **Agrossilvicultura**, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2004.

DIAS, A. N. et al. Emprego de um modelo de crescimento e produção em povoamentos desbastados de eucalipto. **Revista Árvore**, v.29, p.731-739, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2006.

FONTAN, I. C. I et al. Growth of pruned eucalypt clone in an agroforestry system in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 83, p.121–131, 2011.

FREITAS, E. C. S. de et al . Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, 2013.

GONÇALVES, J. L. M. Propriedades físico-químicas dos solos vs. exigências nutricionais de espécies florestais de rápido. Piracicaba: **IPEF**, 1988. 16 P. (IPEF. Circular Técnica, 154).

GONÇALVES, J. L. M. et al. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v.193, p.45-61, 2004.

GORGULHO, E.P. **Avaliação de progênies de *Eucalyptus pyrocarpa* em diferentes espaçamentos de plantio**. Lavras, 1990. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)- Escola Superior de Agricultura de Lavras. Lavras, 1990.

HARRINGTON, T. B.; HARRINGTON, C. A.; DEBELL, D. S. Effects of planting spacing and site quality on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-fir (*Pseudotsugamenziesii* var. *menziesii*). **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 1, p. 18–25, 2009.

HAWLEY, R. C.; SMITH, D. M. **Silvicultura prática**. Barcelona: Omega, 1972. 544p.

KHAN G.S.; CHAUDHRY A. K. Effect of spacing and plant density on the growth of poplar (*Populus deltoides*) trees under agro-forestry system. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v.44, n.2, p.321–327, 2007.

KRUSCHEWSKY, G. C. et al. Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *Eucalyptus* spp. em sistema agrossilvipastoril no cerrado. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 360-367, 2007.

LACERDA, J. S.; COUTO, H. T. Z. O uso da Lei do Autodesbaste na definição do espaçamento para plantios de *Eucalyptus*. **IPEF**, v. 182, p. 1-7, 1993.

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

LEITE, F. P. et al. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, v. 21, n. 3, p. 313-321, 1997.

LEITE, F.P. et al. Relações hídricas em povoamento de eucalipto com diferentes densidades populacionais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.1, p.9-16, 1999.

LEITE, H. G. et al. Avaliação de um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamento de *Eucalyptus sp.* submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, v.29, p.271-280, 2005.

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

LELES, P. S. S. et al. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 77-87, jun. 2001.

LELES, P. S. S. et al. Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**, v.22, n.1, p.41-50, 1998.

LIN, Y. et al. Effect of genotype by spacing interaction on radiata pine genetic parameters for height and diameter growth. **Forest ecology and management**, v.304 p.204 -211, 2013.

LIZINIEWICZ, M., EKO, P.M., AGESTAM, E. Effect of spacing on 23-year-old lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl. var. *latifolia*) in southern Sweden. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 27, n.4, p.361–371, 2012.

MACEDO, R. L. G. et al. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agronômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, 701-709, 2006.

MACEDO, R. L. G. de et. al. Produção agroflorestal de sistemas consorciados de soja com clones de eucalipto, na região de cerrado, em Paracatu Minas Gerais. **Agrossilvicultura**, v. 1, n. 2, p. 175-185, 2004.

MAGALHÃES, W. M. et al. Desempenho silvicultural de clones e espécies/procedências de *Eucalyptus* na região noroeste de Minas Gerais. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 368-375, 2007.

MELO, H. A. et al. A influência da espécie, do espaçamento e da idade no custo de produção de madeira industrial. Piracicaba: **IPEF**, n.5, p.17-28, 1972.

MELIDO, R. C. N. **Avaliação técnica e econômica de dois projetos florestais com eucalipto para fins energéticos**. 2012. 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.

MONTE, M. A. et al. Crescimento de um clone de eucalipto submetido a desrama e desbaste. **Revista Árvore**, v.33, p.777-787, 2009.

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

MÜLLER, M. D. et al. Avaliação de um clone de eucalipto estabelecendo densidades de plantio para produção de biomassa e energia. **Biomassa & Energia**, v. 2, p. 177-186, 2005.

NOGUEIRA G. S. Modelo de distribuição diamétrica para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, v.29, n.4, p.579–589, 2005.

OLIVEIRA, C. H. R. de et al. Área foliar e biomassa de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clone de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. **Revista Árvore**, v.32, p.59-68, 2008.

OLIVEIRA, T. K. et al. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p. 01-09, dez., 2009.

OLIVEIRA, T. K. et al. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (hochst. ex a. rich.) stapf cv. marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 748-757, 2007a.

OLIVEIRA, T. K. et al. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v. 13, n. 1, p. 40-50, jan./mar., 2007b.

OLIVEIRA NETO, S. N. de et al. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 15-23, 2003.

OLIVEIRA NETO, S. N. de et al. Tree modeling and economic evaluation of agroforestry systems in Southeastern Brazil. **Silva Lusitanica**, Lisboa, v. 21, n. 1, jun. 2013 .

OPIE, J. E., CURTIN, R. A.; INCOLL, W. D. **Stand Management**. In: W.E. Hillis and A.G. Brown (Editors), *Eucalypts for Wood Production*. Academic, London, pp. 179-197, 1984.

PACIULLO, D. S. C. et al. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distanciadas árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1176-1183. 2011.

PACIULLO, D. S. C. et al. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.7, p.917-927, 2008.

PACIULLO, D. S. C. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.4, p.573-579, 2007.

PAULA, R. R. et al. Eucalypt growth in monoculture and silvopastoral systems with varied tree initial densities and spatial arrangements **Agroforestry Systems**, v. 87, p.1295–1307, 2013.

PRASAD, J. V. N. S. et al. Tree row spacing affected agronomic and economic performance of Eucalyptus-based agroforestry in Andhra Pradesh, Southern India. **Agroforestry Systems**, v. 78, n. 2, p. 253–267, 2010.

PINKARD, E. A.; NEILSEN, W. A. Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to initial spacing: implications for thinning. **Forest Ecology and Management**, v. 172, n. 2-3, p. 215-227, 2003.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, v.50, n.287, p. 9–26, 2003.

REIS, G. G. et al. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus spp* submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, v.30, n. 6, p.921-931, 2006.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Competição por luz, água e nutrientes em povoamentos florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, 1., 1993, Belo Horizonte. **Anais...**, Viçosa: SIF/UFV, 1993. p.161-173.

RYAN, M. G; YODER, B. J. Hydraulic limits to tree height and tree growth. **Bioscience**, v. 47, n. 7, p. 235–242, 1997.

SANQUETTA, C. R. et al. Produção de madeira para celulose em povoamentos de *Pinus taeda* submetidos a diferentes densidades de plantio e regimes de desbaste: abordagem experimental. **Cerne**, v.10, p.154-166, 2004.

SANTOS, M. C.; PAIVA, S. N. Os Sistemas agroflorestais como alternativa econômica em pequenas propriedades rurais: estudo de caso. **Revista Ciência Florestal**, v. 1, n. 12, p. 135-141, 2002.

SILVA, C. R. **Efeito do espaçamento e arranjo de plantio na produtividade e uniformidade de clones de *Eucalyptus* na região nordeste do Estado de São Paulo**. 2005. 50p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.

SILVA, J. M. S. da. **Estudo silvicultural e econômico do consórcio de *Eucalyptus grandis* com gramíneas sob diferentes espaçamentos em áreas acidentadas**. 1999. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1999.

SILVA, J. V. et al. Produção e acúmulo de nutrientes em povoamento de eucalipto em consequência da intensidade do desbaste e da fertilização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1555-1562, 2012.

SMITH, D. M. et al. **The practice of silviculture**. 9th ed. John Wiley & Sons, New York.1997.

SOARES, A. B. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.443-451, 2009.

STAPE, J. L. **Utilização de delineamento sistemático tipo “leque” no estudo de espaçamentos florestais**. 1995. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 1995.

WOODRUFF, D. R. et al. Effects of stand density on the growth of young Douglas-fir trees. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 32, p.420–427, 2002.

WANDELLI, E. V.; MARQUES FILHO, A. O. Medidas de radiação solar e índice de área foliar de coberturas vegetais. **Acta Amazonica**, v.29, n. 1, p. 57-78, 1999.

WALL, A. J. et al. Evaluation of easily measured stand inventory parameters as predictors of PAR transmittance for use in poplar silvopastoral management. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 139, n. 4, p. 665-674, 2010.

VILAS BÔAS, O.; MAX, J. C. M.; MELO, A. C. G. Crescimento comparativo de espécies *Eucalyptus* e *Corymbia* no município de Marília, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 21, n. 1, p. 63-72, jun. 2009.

XAVIER, A. C.; SOARES, J. V.; ALMEIDA, A. C. Variação do Índice de Área Foliar em clones de eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. **Revista Árvore**, v.26, n. 4, p.421-427, 2002.

XUE L. et al. Density effects on the growth of self-thinning *Eucalyptus urophylla* stands. **Trees**, n.25 , p. 1021–1031, 2011.

ZHAO, D. H., KANE, M., BORDERS, B. E. Growth responses to planting density and management intensity in loblolly pine plantations in the southeastern USA Lower Coastal Plain. **Annals of Forest Science**, v.68, n.3, p. 625–635, 2011.

CAPÍTULO IV

COMPARAÇÃO DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO DE CLONES DE EUCALIPTO MANEJADOS POR TALHADIA E ALTO FUSTE EM TRÊS ARRANJOS ESPACIAIS EM SISTEMA SILVIPASTORIL

RESUMO

Os povoamentos de eucalipto podem ser manejados por talhadia em sistemas silvipastoris visando a produção de madeira igual ou superior ao do povoamento em alto fuste, mantendo diâmetro reduzido, além de permitir adequada produção da braquiária. O crescimento e a produção de plantas jovens manejadas pelo sistema de talhadia e de alto fuste de cinco clones (02, 58, GG100, 62 e 19) de híbridos de eucalipto (*E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. grandis*) foram estudados nos arranjos espaciais (2x2) + 10 m, (3x3) + 9 m e 9x3 m visando a produção de madeira e de pastagem em sistema silvipastoril. O diâmetro a altura de 1,3 m (*dap*) e a altura das árvores foram avaliados até a idade de 62 meses. O número de brotos por cepa e a sobrevivência foram avaliados aos 62 meses após plantio. O arranjo de plantio não influenciou o crescimento em altura ($p>0,05$), mas houve diferença entre plantas em alto fuste e talhadia. O *dap* foi influenciado pela proximidade das plantas ($p<0,05$), apresentando maior crescimento nos arranjos 9x3 m, com pequenas variações entre os clones. O maior crescimento em volume por planta foi observado nos arranjos menos densos, destacando-se o 9x3 m ($p>0,05$). O volume por hectare foi influenciado pelo genótipo, arranjo espacial, *dap* e área basal, sendo o clone GG100, no arranjo (3x3) + 9 m em alto fuste ou em talhadia, o mais produtivo. A capacidade de sustentação de brotos de cepas de eucalipto de plantas jovens, que é variável entre clones e arranjo espacial, influenciou a produção final do povoamento em talhadia. Em conjunto, esses resultados sugerem que sistemas silvipastoris com linha dupla de plantio de eucalipto, tal como o arranjos (2x2)+ 10 m, pode ser recomendado para produção de madeira de dimensões reduzidas, com elevada produção para alto fuste e talhadia, além de permitir a produção de braquiária. E, se o objetivo é produzir madeira de maiores dimensões, deve-se utilizar o arranjo 9x3 m. O arranjo (3x3) + 9 m pode ser utilizado para ambos os usos da madeira.

Palavras-chave: Espaçamento; híbridos de eucalipto; densidade de plantio; decapea; brotação

ABSTRACT

Eucalypt stand can be managed by coppicing in silvopastoral systems aiming to obtain production similar to the high forest stands, with trees of reduced diameter and pasture production. The growth and yield of juvenile plants managed by coppicing and by high forest of five eucalypt clones of *E. camaldulensis*, *E. urophylla* and *E. grandis* hybrids (02, 58, GG100, 62 e 19) was studied at (2x2) + 10 m, (3x3) + 9 m e 9x3 m tree planting spatial arrangements to optimize the production of small dimension wood in silvopastoral systems. The tree diameter at 1.3 m height (*dbh*) and height were evaluated up to the age of 62 months. The number of sprouts per stump and survival were evaluated at 62 months after planting. The planting spatial arrangements did not affect the height growth ($p>0.05$), but there were differences between high forest and coppice. The average *dbh* was influenced by the plant proximity ($p<0.05$), being higher in 9x3m arrangements, with slight variations in responses among clones. The volume per plant was greater in low tree planting density, especially in the 9x3 m one ($p>0.05$). The volume per hectare was influenced by the genotype, spatial arrangement, *dbh* and basal area, being the GG100 clone in the arrangement (3x3) + 9 m the most productive both in high forest and coppice. The eucalypt capacity to retain the sprouts in the stump, which varies with clones and their spatial arrangements, influenced the coppice final production, maintaining their production similar to that of high forest. The overall results suggest that the silvopastoral systems with double planting lines such as (2x2) + 10 m or (3x3) + 9 m can be recommended for reduced dimension trees with high wood production, both for high forest and coppice, in addition to pasture. And, if high dimension trees are required the 9x3 m arrangement is suitable.

Keywords: Spacing; hybrid eucalyptus; density planting; coppicing; budding

1. INTRODUÇÃO

A elevada produção de espécies florestais exóticas no Brasil, principalmente de eucalipto, somente foi possível em razão de avanços na seleção de genótipos, implantação e manejo adequado dessas florestas (BARROS; NOVAIS 1990; RESENDE, 1999; STAPE et al., 2006; BINKLEY et al., 2010; XAVIER; SILVA, 2010; ROSADO et al., 2012).

Esses povoamentos de eucalipto têm sido manejados em regime de alto fuste ou em talhadia (BALLONI; SILVA, 1978; PEREIRA et al., 1980; PAULA NETO et al., 1982; PAIVA et al., 1983; SIMÕES e COUTO, 1985; COUTO; GOMES, 1986; HIGA; STURION, 1991, 2000; FINGER et al., 1993; STAPE, 1993; BARROS et al., 1997; STAPE, 1997; CAVICHOLLO et al., 2004; DEDECEK; GAVA, 2005). No entanto, não tem havido comparações da produção em alto fuste com talhadia relativas à produção do componente arbóreo em sistema silvipastoril. Em monocultivo, a produção em talhadia pode ser inferior (GAVA, 1997; FARIA et al. 2002; MIRANDA et. al., 1998), igual (CACAU et al., 2008; PAULA, 2011; SOUSA, 2011) ou superior (SILVA, 2013) quando comparados a povoamentos em regime de alto fuste. Estas diferenças têm sido atribuídas ao genótipo, manejo, principalmente quanto à tecnologia relativa à adequada fertilização, colheita florestal, dentre outros (BALLONI; SILVA, 1978; PAULA NETO, F. et al., 1982; HIGA; STURION, 2000 BARROS; COMERFORD, 2002; FARIA et al.; 2008).

De acordo com o uso, novas alternativas de manejo pode ser adotada, como a decepa de plantas jovens de eucalipto. A decepa de plantas jovens surgiu da necessidade de produzir madeira de dimensões reduzidas para produção de energia em SAF's, em ciclos mais curtos do que o habitual naqueles sistemas (OLIVEIRA et al., 2008; CACAU et al., 2008). Também, a decepa de plantas jovens pode ser adotada quando há comprometimento do crescimento do povoamento causado por danos, como estresse hídrico, geada, incêndio, deriva de herbicidas, seca de ponteiro acentuada, ataque de pragas ou doenças (CACAU et al., 2008; SOUZA, 2011).

A vantagem do manejo por talhadia é que as brotações crescem mais rapidamente, quando comparadas com as plantas em alto fuste, de mesma idade, principalmente, nos estádios iniciais de crescimento (KAUPPI et al., 1988; TEWARI et al., 2004; CACAU et al., 2008; SILVA, 2013). O maior crescimento inicial é atribuído às reservas orgânicas e inorgânicas da cepa e à existência de sistema radicular completamente desenvolvido, que favorece a absorção de água e nutrientes, aumentando a taxa de crescimento da parte aérea das brotações (REIS; KIMINNS, 1986; OLIVEIRA et al., 1994; TEIXEIRA et al., 2002; KABEYA; SAKAI, 2005; WALTERS et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2008; CACAU et al., 2008; SILVA, 2013). Segundo Reis e Reis (1997), a capacidade de emissão de brotação pelas cepas assegura a pronta regeneração do povoamento florestal.

O adequado manejo de povoamentos por talhadia deve levar em consideração que as brotações apresentam comportamento fisiológico e morfológico diferenciado das plantas em alto fuste (KAUPPI et al., 1988; REIS e REIS; 1997).

O objetivo deste estudo foi avaliar arranjos espaciais em sistemas silvipastoris, com cinco clones de híbridos de *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e *E. grandis* quanto a produtividade e crescimento do componente arbóreo, após a indução da brotação, através da decepta de plantas jovens, em comparação às plantas de alto fuste.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na Região de Cerrado, na Fazenda Bom Sucesso da Votorantim Siderurgia S.A., no Município de Vazante, MG (17°36'09"S e 46°42'02"W), com altitude média de 550 m. O clima da região, segundo classificação de Koopen, é do tipo AW, a precipitação média anual na área do estudo é de 1.473 mm concentrada no período de novembro a março e a temperatura média anual é de 21,9°C (ALVARES et al., 2013). O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, textura argilosa, fase cerrado, de baixa fertilidade e elevada acidez (EMBRAPA SOLOS, 2006). As características físicas e químicas do solo, na área experimental.

2.2. Instalação do experimento

O estudo foi estabelecido com cinco clones de eucalipto (Clone 58 – híbrido de *E. camaldulensis* x *E. grandis*, 62 – híbrido natural de *E. camaldulensis*, 02 – híbrido natural de *E. urophylla*, GG100 – híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* e 19 – híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*), em área de pastagem degradada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Braquiarão), utilizando três arranjos espaciais: (2x2) + 10 m (12 m²/planta); (3x3) + 9 m (18 m²/planta); e 9x3 m (27 m²/planta), em talhadia e alto fuste, resultando em 6 tratamentos. Os tratamentos que envolveram o manejo da talhadia foram obtidos através da decepta das plantas aos 11,5 meses após o plantio, na altura de 10 cm do solo, utilizando-se roçadeira motomecanizada. Não foi realizada a desbrota nas cepas, uma vez que, de acordo com estudos anteriores (OLIVEIRA et al., 2008; CACAU et al.,

2008), ocorre o desbaste natural quando a cepa apresenta diâmetro reduzido, permanecendo, de modo geral, dois a três brotos por cepa.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições para cada tratamento e 24 plantas na parcela útil, em seis linhas com quatro plantas cada, com bordadura de pelo menos duas plantas.

As linhas de plantio foram subsoladas a uma profundidade de 30 a 40 cm e a seguir foi feita a incorporação de 725 kg ha⁻¹ de fosfato natural reativo gafsa. A quantidade de fertilizante foi determinada de acordo com a recomendação do Nutricalc[®] (programa de recomendação de adubação do eucalipto). Foram aplicados 130 g de NPK 10-28-06 + 0,6% de Cu + 0,4% de Zn, com matraca, a 10 cm de profundidade, sendo metade em lados opostos da muda.

Dois meses após o plantio fez-se a capina química na entrelinha de plantio, seguida de aplicação de 95 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio. Aos seis meses, foi feita a segunda adubação de cobertura com 106 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio e 25 kg ha⁻¹ de borogram (10 % de B). Posteriormente, foi utilizada apenas a roçada mecânica para permitir a regeneração da braquiária do banco de sementes do solo, para a condução do sistema silvipastoril nos três arranjos acima definidos.

2.3. Análise dos dados experimentais

As medições de diâmetro à altura de 1,3 m (*dap*) e da altura total (*Ht*) das árvores foram realizadas aos 10, 18, 23, 33, 38, 50 e 62 meses após o plantio das mudas. Na avaliação dos brotos foram considerados apenas aqueles que se encontravam com menos de 45° de inclinação. Aqueles com maior inclinação estavam usualmente sendo excluídos da cepa. Aos 50 e 62 meses foram cubadas de três a seis árvores-amostra de cada classe de diâmetro, definidas com amplitude de 2 cm. O volume de madeira com casca, em cada parcela útil, foi estimado utilizando-se a equação de volume ajustada empregando dados dessas árvores abatidas e cubadas com a fórmula de Smalian (HUSCH MILLER; BEEES, 1972). Para o ajuste do modelo de volume por planta, por transformação logarítmica, procedeu-se à aproximação linear do modelo de Schumacher e Hall (1933) (1).

$$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln dap + \beta_2 \ln H + \varepsilon \quad (1)$$

Em que: V = volume por árvore, em m^3 ; dap = diâmetro à 1,3 m de, em cm ; H = altura total, em m ; $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = parâmetros do modelo; ε = erro aleatório, $\varepsilon \sim NID(0, \sigma^2)$

Para os cinco clones nos arranjos espaciais $(2 \times 2) + 10$ m, $(3 \times 3) + 9$ m e 9×3 m, em alto fuste, foram utilizadas as equações descritas na Tabela 1 do capítulo 3, para cada material genético em estudo, referentes ao mesmo modelo utilizado nos demais clones e arranjos. Nas plantas em talhadia o volume por planta foi calculado através do somatório de volume de todos os brotos em cada cepa.

As variáveis diâmetro médio, altura, área basal, volume por planta e volume por hectare foram analisadas por meio de regressão. Para avaliar o crescimento e produção resultante dos diferentes arranjos espaciais e clones, foram ajustados os modelos de Gompertz (2) e Logístico (3), descritos a seguir, sendo esses ajustamentos avaliados pelo coeficiente de correlação entre valores observados e aqueles estimados e pelo erro padrão residual (CAMPOS; LEITE, 2013). As equações foram comparadas empregando testes de identidade para modelos não lineares (REGAZZI, 2003).

$$y = \alpha e^{(e^{(\beta - \gamma I)})} + \varepsilon \quad (2)$$

$$y = \frac{\alpha}{(1 + \beta e^{(-\gamma I)})} + \varepsilon \quad (3)$$

Em que: y : variável de interesse; α, β, γ : parâmetros do modelo; I : idade, em meses, ε : erro aleatório.

Os cálculos foram realizados no Microsoft Excel[®], e as análises estatísticas dos dados foram feitas com os softwares STATISTICA 10 (STATSOFT, INC2013), CurveExpert 1.4 (HYAMS, D., 2009) e Sigmaplot 11.0 (SYSTATSOFT, INC, 2008). Os modelos foram selecionados pelo coeficiente de correlação erro-padrão residual e análises de resíduos. O valor total médio de número de brotos por cepa e sobrevivência (%) foram analisados por meio de análise descritiva, pelo teste t a 5% de probabilidade, com o auxílio do software STATISTICA 10 (2013).

3. RESULTADOS

As equações volumétricas obtidas com o modelo de Schumacher e Hall para os povoamentos manejados por talhadia resultaram em coeficientes de determinação superiores a 0,95 ($p < 0,05$) para todos os genótipos e arranjos espaciais (Tabela 1).

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros do modelo de Schumacher e Hall obtidas para o volume por planta (m^3 /planta), de cinco clones de eucalipto, com três arranjos espaciais de plantio, em talhadia, em Vazante, MG

Clone	Trat. ^{(1)*}	Arranjo (m)	Espaçamento (m^2 /árv)	Densidade (árv/ha)	Parâmetros			R ²⁽³⁾
					$\beta_0^{(2)}$	$\beta_1^{(2)}$	$\beta_2^{(2)}$	
19	T4	(3x3) + 9	18,0	556	-9,7046	1,9126	0,9338	0,99
	T5	(2x2) + 10	12,0	833	-10,0156	1,5666	1,3079	0,99
	T6	9x3	27,0	370	-9,9271	1,8679	1,0151	0,99
02	T4	(3x3) + 9	18,0	556	-10,0853	1,5912	1,3333	0,99
	T5	(2x2) + 10	12,0	833	-8,2823	2,3745	0,0189	0,99
	T6	9x3	27,0	370	-8,8865	2,5773	0,0001	0,99
GG100	T4	(3x3) + 9	18,0	556	-10,1220	1,6665	1,2665	0,99
	T5	(2x2) + 10	12,0	833	-9,1989	2,1371	0,5550	0,99
	T6	9x3	27,0	370	-9,2372	1,9436	0,7255	0,99
58	T4	(3x3) + 9	18,0	556	-10,9322	1,7089	1,5005	0,99
	T5	(2x2) + 10	12,0	833	-9,5579	1,9098	0,8632	0,99
	T6	9x3	27,0	370	-9,3818	1,9812	0,7166	0,99
62	T4	(3x3) + 9	18,0	556	-9,8018	1,9806	0,8765	0,99
	T5	(2x2) + 10	12,0	833	-9,2976	2,0075	0,6669	0,99
	T6	9x3	27,0	370	-10,0443	1,8222	1,0800	0,99

⁽¹⁾ Tratamento; ⁽²⁾ Coeficientes estimados; ⁽³⁾ Coeficientes de determinação. * As estimativas dos parâmetros de Schumacher e Hall referentes a alto fuste, para os mesmos arranjos, estão na Tabela 1 do capítulo 3.

O crescimento em altura, diâmetro e área basal seguiram o modelo Gompertz (Tabelas 2) apresentando coeficientes de correlação superiores a 0,95 ($p < 0,05$). O modelo Logístico descreveu melhor as variáveis volume por planta e por hectare (Tabela 3).

Nas tabelas 2 e 3 se encontram as equações estimadas para os diferentes variáveis, após a aplicação do teste identidade de modelos.

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros do modelo Gompertz ajustado para as variáveis altura (m), diâmetro (cm) e área basal por hectare (m² ha⁻¹), de cinco clones de eucalipto com três arranjos espaciais de plantio, em alto fuste e talhadia, em Vazante, MG

Clones	Trat. ⁽¹⁾	Altura (cm)					Trat. ⁽¹⁾	dap (cm)					Trat. ⁽¹⁾	Área basal (m ² ha ⁻¹)					
		$\alpha^{(2)}$	$\beta^{(2)}$	$\gamma^{(2)}$	$r_{\hat{y}\hat{y}}^{(3)}$	$S_{y\hat{y}}^{(4)}$		$\alpha^{(2)}$	$\beta^{(2)}$	$\gamma^{(2)}$	$r_{\hat{y}\hat{y}}^{(3)}$	$S_{y\hat{y}}^{(4)}$		$\alpha^{(2)}$	$\beta^{(2)}$	$\gamma^{(2)}$	$r_{\hat{y}\hat{y}}^{(3)}$	$S_{y\hat{y}}^{(4)}$	
19	1-3	28,2826	1,3193	0,0546	0,98	1,49	1 e 3	20,0277	1,3216	0,0717	0,99	0,22	1- 2 e 4- 6	16,3394	1,9566	0,0651	0,99	0,48	
	4-6	24,7697	1,3147	0,0506	0,99	0,97	2	16,1889	1,2571	0,0756	0,99	0,63	3	14,1471	1,7680	0,0575	0,99	0,40	
							4 e 6	15,6215	1,2268	0,0586	0,99	0,56							
							5	13,0504	1,0871	0,0597	0,99	0,39							
02	1-3	30,6335	1,3352	0,0474	0,99	0,75	1 e 3	20,4684	1,5028	0,0770	0,99	0,94	1	17,5049	2,0129	0,0689	0,99	0,57	
	4-6	26,5051	1,4017	0,0468	0,99	0,96	2	17,4673	1,5492	0,0792	0,99	0,60	2	20,9157	2,0688	0,0710	0,99	0,58	
							4 e 5	16,8749	1,4737	0,0630	0,99	0,51	3	14,9941	2,1075	0,0691	0,99	0,88	
							6	20,3317	1,5267	0,0575	0,99	0,72	4	18,1969	2,0818	0,0629	0,99	0,86	
												5	18,7770	2,4201	0,0770	0,98	1,17		
													6	14,1750	2,2175	0,0640	0,99	0,51	
GG100	1-3	35,0761	1,4270	0,0522	0,99	1,37	1	18,8696	1,4503	0,0771	0,99	0,53	1	16,0631	2,0282	0,0714	0,99	0,41	
	4-6	32,2765	1,5236	0,0482	0,98	1,81	2	16,3850	1,3901	0,0845	0,99	0,51	2	18,6629	1,8328	0,0714	0,99	0,59	
							3	22,1715	1,3734	0,0752	0,99	0,38	3	14,4605	2,0281	0,0732	0,99	0,29	
							4 e 6	18,7055	1,5607	0,0646	0,98	0,95	4 e 5	18,1016	1,9788	0,0630	0,99	0,60	
													6	12,4970	2,1606	0,0640	0,99	0,49	
58	1-3	27,9879	1,3499	0,0564	0,99	1,35	1 e 3	20,2576	1,3614	0,0738	0,99	0,58	1, 2 e 5	17,9028	1,9052	0,0698	0,99	0,38	
	4-6	20,1564	1,4849	0,0667	0,97	1,27	2	16,0640	1,4199	0,0835	0,99	0,41	3	13,4500	1,8931	0,0644	0,99	0,32	
							4 e 5	11,1350	1,2369	0,0654	0,99	0,40	4 e 6	14,7470	2,0956	0,0713	0,99	0,42	
							6	13,5138	1,4253	0,0691	0,99	0,52							
62	1-3	31,2912	1,1994	0,0440	0,99	1,26	1-3	19,8934	1,1784	0,0646	0,96	1,77	1	19,0573	1,7625	0,0601	0,99	1,02	
	4-6	21,1660	1,4599	0,0651	0,97	1,32	4-6	13,5123	1,2258	0,0616	0,99	0,47	2 e 4	21,5080	1,7471	0,0581	0,98	1,30	
													3 e 6	18,8754	1,7147	0,0494	0,99	0,81	
													5	24,7303	1,6955	0,0545	0,99	0,69	

⁽¹⁾ Alto fuste: T1=(3x3) + 9 m; T2=(2x2) + 10 m e; T3= 9x3 m. Talhadia: T4= (3x3) + 9 m; T5=(2x2) + 10 m e; T6= 9x3 m. ⁽²⁾ α , β e γ = Parâmetros do modelo de Gompertz na forma $y = \alpha e^{(e^{(\beta-\gamma t)})} + \mathcal{E}$ ⁽³⁾ $r_{\hat{y}\hat{y}}$ = Coeficiente de correlação ⁽⁴⁾ $S_{y\hat{y}}$ = Erro-padrão residual.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros do modelo Logístico ajustado para o volume por planta (m³/planta) e volume por hectare (m³ ha⁻¹), para cinco clones de eucalipto com três arranjos espaciais, em alto fuste e talhadia, em Vazante, MG

Clones	Trat. ⁽¹⁾	Volume (m ³ /planta)					Trat. ⁽¹⁾	Volume (m ³ ha ⁻¹)				
		$\alpha^{(2)}$	$\beta^{(2)}$	$\gamma^{(2)}$	$r_{yy}^{(3)}$	$S_{yx}^{(4)}$		$\alpha^{(2)}$	$\beta^{(2)}$	$\gamma^{(2)}$	$r_{yy}^{(3)}$	$S_{yx}^{(4)}$
19	1	0,3074	292,8080	0,1504	0,99	0,01	1, 4 e 5	159,5144	252,7056	0,1416	0,99	6,26
	2 e 5	0,2021	227,5669	0,1444	0,98	0,01	2	162,5394	198,8773	0,1443	0,99	6,76
	3 e 6	0,3639	215,4371	0,1303	0,99	0,01	6	127,1186	137,9719	0,1172	0,99	2,79
	4	0,2883	298,5932	0,1412	0,99	0,02	3	131,9124	382,6484	0,1459	0,99	2,21
02	1 e 4	0,3526	238,5071	0,1273	0,99	0,01	1 e 5	158,4241	158,9935	0,1231	0,99	5,04
	2 e 5	0,2648	134,6206	0,1212	0,99	0,01	2	230,2525	289,7727	0,1374	0,99	14,28
	3 e 6	0,4325	176,1059	0,1252	0,99	0,01	3	191,9462	167,4944	0,1250	0,99	5,99
							4	179,5671	290,6146	0,1129	0,99	7,20
							6	105,5991	185,7528	0,1272	0,99	5,89
GG100	1 e 4	0,6094	121,9057	0,0913	0,99	0,02	1 e 4	248,2140	173,0729	0,1275	0,99	11,21
	2	0,2658	77,7465	0,1224	0,99	0,01	2	214,0867	65,2949	0,1129	0,99	6,11
	3	0,5062	115,0679	0,1136	0,99	0,03	3	157,6525	104,3136	0,1099	0,97	12,74
	5	0,2386	122,1499	0,1184	0,99	0,01	5	188,7872	113,2508	0,1157	0,99	6,92
	6	0,4652	117,9933	0,0977	0,99	0,02	6	155,5295	113,0991	0,0938	0,98	8,74
58	1, 3 e 6	0,3355	198,258	0,1354	0,99	9,90	1	180,5064	539,1811	0,1586	0,99	6,36
	2 e 5	0,1966	168,598	0,1421	0,99	0,01	2 e 5	153,1717	158,4512	0,1404	0,99	5,26
	4	0,2100	231,214	0,2100	0,99	0,01	3, 4 e 6	116,4754	246,2459	0,1451	0,99	5,80
62	1 e 4	0,3026	71,8580	0,1123	0,99	0,02	1,3 e 6	146,3346	84,7214	0,1088	0,98	8,92
	2 e 5	0,2504	101,2531	0,1178	0,99	0,01	2	218,3463	97,3359	0,1120	0,99	10,40
	3 e 6	0,4106	118,5731	0,1133	0,97	2,08	4-5	155,7489	118,5348	0,1084	0,99	5,92

⁽¹⁾ Alto fuste: T1=(3x3) + 9 m; T2=(2x2) + 10 m e; T3= 9x3 m. Talhadia: T4=(3x3) + 9 m; T5=(2x2) + 10 m e; T6= 9x3 m. ⁽²⁾ α , β e γ = Parâmetros do modelo logístico na forma $Y = \alpha (1 - \beta e^{-\gamma x})^{-1} + \varepsilon$; ⁽³⁾ r_{yy} = Coeficiente de correlação ⁽⁴⁾ S_{yx} = Erro-padrão residual.

O crescimento em altura das árvores somente diferiu ($p < 0,05$) entre os sistemas em alto fuste e talhadia, sendo sempre maiores nas árvores em alto fuste. Não houve diferença ($p > 0,05$) em relação aos arranjos espaciais. O maior valor assintótico para o crescimento em altura foi de 35,1 m nas árvores em alto fuste, aos 84 meses, no clone GG100 nos arranjos $(2 \times 2) + 10$ m; $(3 \times 3) + 9$ m e 9×3 m, que se mostraram iguais entre si ($p > 0,05$). Assim, uma equação foi utilizada para descrever esta variável. O menor crescimento em altura foi observado para o clone 58 nos arranjos em talhadia, com valor assintótico de 20,2 m, aos 84 meses.

O crescimento em diâmetro diferiu ($p < 0,05$) entre os arranjos espaciais e entre alto fuste e talhadia, nos clones 58, 19, 02 e GG100, e no clone 62, não foi observada diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos em alto fuste e talhadia, sendo utilizadas duas equações para descrever a variável, uma para alto fuste e outra para talhadia. As brotações dos clones 58, 19, e 62 apresentaram menor crescimento em diâmetro, quando comparadas com as árvores em alto fuste ($p < 0,05$). Os clones 02 e GG100 foram os que apresentaram o crescimento em diâmetro das árvores, em talhadia, no arranjo 9×3 m, maiores do que em alto fuste, no arranjo $(2 \times 2) + 10$ m, aos 84 meses. As árvores em alto fuste, no arranjo 9×3 m, apresentaram maior crescimento em diâmetro para todos os clones. Os menores valores em crescimento do diâmetro foram observados para o clone 58 em talhadia, nos arranjos $(2 \times 2) + 10$ m e $(3 \times 3) + 10$ m, aos 84 meses (Tabela 2, Figura 1).

O crescimento em diâmetro diferiu ($p < 0,05$) entre os arranjos espaciais e quanto ao sistema em alto fuste e talhadia, para os clones 58, 19, 02 e GG100 aos 84 meses, e o clone 62 não diferiu ($p > 0,05$) entre os tratamentos em alto fuste e talhadia. As brotações dos clones 58, 19, e 62 apresentaram menor crescimento em diâmetro quando comparadas a alto fuste ($p < 0,05$). Os clones 02 e GG100 apresentaram crescimento em diâmetro em talhadia, no arranjo 9×3 m, maiores do que em alto fuste no arranjo $(2 \times 2) + 10$ m. As árvores em alto fuste, no arranjo 9×3 m, apresentaram um maior crescimento em diâmetro para todos os clones. Os maiores crescimentos em diâmetro foram observados para o clone 58 nos arranjos $(2 \times 2) + 10$ m e $(3 \times 3) + 10$ m, aos 84 meses (Tabela 2, Figura 1).

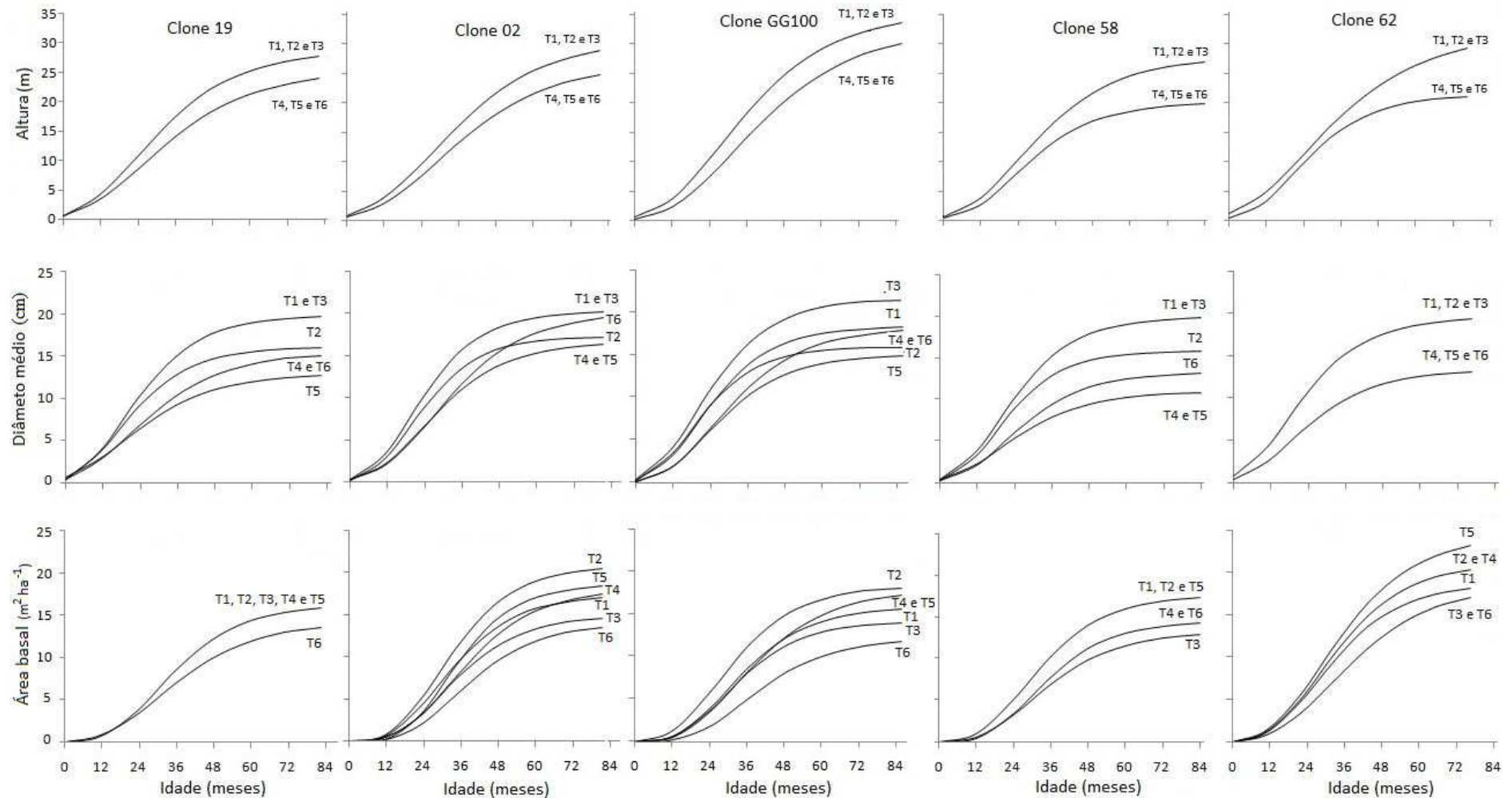


Figura 3. Crescimento em altura (m), diâmetro (cm) e área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), em função da idade (meses) das plantas, de cinco clones de eucalipto com três arranjos espaciais, em alto fuste e talhadia, em Vazante, MG. Sendo: Alto fuste: T1=(3x3) + 9 m; T2=(2x2) + 10 m e; T3=9x3 m. Talhadia: T4=(3x3) + 9 m; T5=(2x2) + 10 m e; T6= 9x3 m

O crescimento em área basal foi diferenciado para a maioria dos clones e tratamentos ($p < 0,05$), sendo menores no arranjo 9x3 m, em talhadia, entre os clones 19, 02, GG100 e 62. O clone 62 no arranjo (2x2) + 10 m, em talhadia, apresentou o maior valor assintótico em área basal ($24,7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) aos 84 meses, diferenciando-se dos demais tratamentos.

O crescimento em volume por árvore, nos clones 02 e 62 diferiu entre os arranjos espaciais ($p < 0,05$), porém não foi observada diferença ($p > 0,05$) entre as plantas em alto fuste e talhadia, no mesmo arranjo. O maior volume assintótico, por árvore, foi observado no clone GG100 ($0,6094 \text{ m}^3/\text{planta}$), no arranjo (3x3) + 9m em alto fuste e talhadia, e o menor assintótico, no clone 58 ($0,1966 \text{ m}^3/\text{planta}$), no arranjo (2x2) +10 m em alto fuste e talhadia.

O crescimento em volume por hectare diferiu ($p < 0,05$) entre os arranjos e entre os sistemas de manejo, em talhadia e alto fuste, em todos os clones. O espaçamento que proporcionou produção mais elevada foi influenciado pelo genótipo e manejo. Menor produção foi observada para alto fuste, no arranjo (2x2) + 10 m, para os clones 62, 02 e 19, no arranjo (3x3) + 9 m, para o clone 58. O GG100 apresentou a mesma produção em alto fuste e talhadia, com o maior valor assintótico em crescimento em volume ($248,21 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) aos 84 meses em relação a todos os clones, no arranjo (3x3) + 9 m.

Foi observado maior incremento médio anual (IMA), com valor assintótico de $44,95 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, aos 72 meses para o clone GG100, no arranjo (3x3) + 9 m, em alto fuste e talhadia, com idade técnica de corte aos 6 anos. O maior incremento corrente anual (ICA) foi para o clone 02 aos 48 meses no arranjo (2x2) + 10m, em alto fuste, com valor assintótico de $89,67 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ e idade técnica de corte aos 5 anos.

Houve maior retenção de brotos ($p < 0,05$) nas cepas, nos espaçamentos mais amplos (Tabela 5). Os clones 58 e 62 retiveram maior número de brotos por cepa ($p < 0,05$).

A sobrevivência das plantas após a decepa foi influenciada pelo arranjo espacial ($p < 0,05$) somente para os clones 62 e 02. A menor sobrevivência ocorreu no arranjo 9x3 m com o clone 02 (66,7%) e a maior sobrevivência, neste mesmo arranjo, com o clone 62 (100%). O clone 02 apresentou a menor sobrevivência ($p < 0,05$) de cepas, nos arranjos (2x2) +10 m e 9x3 m e, o clone GG100, a menor sobrevivência no arranjo (3x3) + 9 m, em relação aos demais clones.

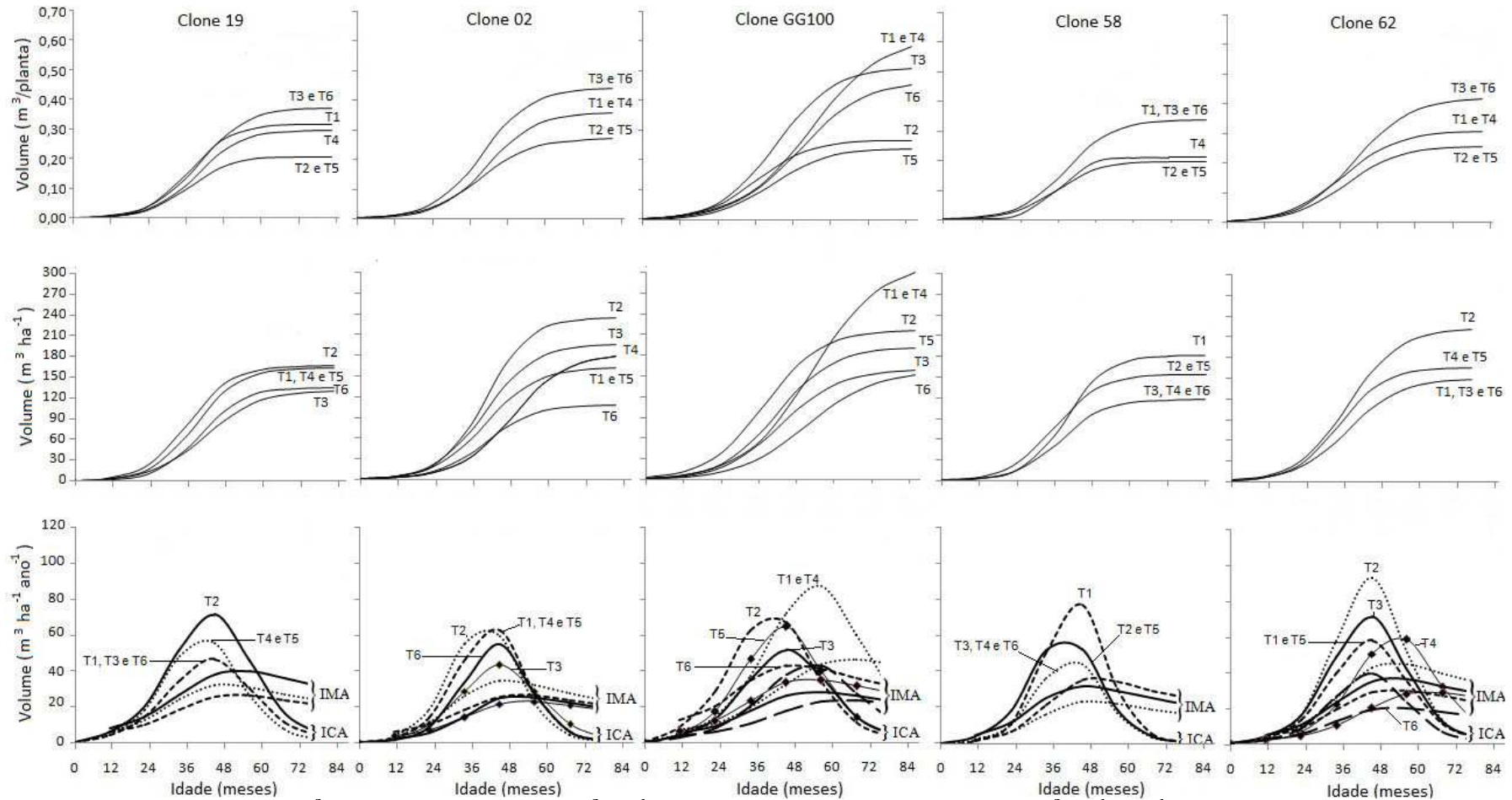


Figura 4. Volume por planta ($m^3/planta$) e por hectare ($m^3 ha^{-1}$), incremento médio anual – IMA ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) e incremento corrente anual – ICA ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$), em função da idade (meses) de cinco clones de eucalipto com três arranjos espaciais, em alto fuste e talhadia, em Vazante, MG. Sendo: Alto fuste: T1= (3x3) + 9 m; T2=(2x2) + 10 m e; T3= 9x3 m. Talhadia: T4= (3x3) + 9 m; T5=(2x2) + 10 m e; T6= 9x3 m

Tabela 5. Número médio de fustes por cepa, aos 51 meses após a decepa das plantas jovens, em sistemas silvipastoris, com cinco clones de eucalipto e três arranjos espaciais de plantio, em Vazante, MG

Clone	(2x2) +10 m	(3x3) + 9 m	9x3 m
19	1,69 b B	1,77 b B	2,09 a B
02	1,34 b C	1,53 abBC	1,79 a C
GG100	1,22 b C	1,40 ab C	1,54 a C
58	2,72 b A	2,82 ab A	3,00 a A
62	2,29 b A	2,80 ab A	3,14 a A

Médias com as mesmas letras minúsculas, na linha, ou maiúscula, na coluna, não diferem significativamente pelo teste t (P>0,05).

Tabela 6. Sobrevivência (%) de cinco clones de eucalipto aos 51 meses após a decepa, em sistemas silvipastoris, em três arranjos espaciais, em Vazante, MG

Clone	(2x2) +10 m	(3x3) + 9 m	9x3 m
19	93,1 a A	98,6 a A	97,2 a A
02	70,8 a B	90,3 a A	66,7 b B
GG100	94,4 a A	87,5 a B	97,2 a A
58	93,1 a A	95,8 a A	95,8 a A
62	90,3 b A	93,1 b A	100,0 a A

Médias com as mesmas letras minúsculas, na linha, ou maiúscula, na coluna, não diferem significativamente pelo teste t (p>0,05).

4. DISCUSSÃO

A inexistência de efeito do arranjo espacial sobre a altura das brotações foi, também, observado por Higa e Sturiun (2000), ao comparar espaçamentos de 1 a 6 m²/planta, 15 meses após o corte de *Eucalyptus viminalis* Labill, em Rio Branco do Sul, PR. Em povoamentos de alto fuste, também, é comum o arranjo espacial não afetar a altura das árvores em avaliações pontuais (LEITE et al, 1997; MAGALHÃES et al., 2007; KHAN; CHAUDHRY, 2007; PAULA et al., 2013).

O menor crescimento em altura das brotações em relação às plantas em alto fuste pode ser atribuído ao elevado número de brotos por cepa, gerando maior competição entre os fustes, ocasionando a estratificação do dossel (PINKARD; NELSON, 2003; HARRINGTON et al., 2009). Salienta-se que no presente estudo as brotações são 11,5 meses mais jovens do que as plantas em alto fuste. As brotações numa cepa competem intensamente entre si por recursos de crescimento principalmente por apresentar crescimento inicial rápido, elevada área foliar, sistema radicular já formado e profundo e elevada condutância estomática (REIS; HALL,

1986; REIS; REIS, 1997; COMBRIE, 1997; WILDY et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2008; DRAKE et al., 2012).

O crescimento em diâmetro das brotações foi sempre menor ($p < 0,05$) do que o das plantas em alto fuste, no mesmo arranjo espacial, para todos os clones, o que também foi encontrado para vários clones de eucalipto no arranjo 3x3 m (SOUZA et al., 2012). O menor crescimento em diâmetro das plantas no sistema de talhadia pode ser atribuído ao elevado número de fustes por cepa (COUTO et al. 1973; PAIVA et al., 1983; SIMÕES; COTO, 1985; KLEIN et al., 1997, LOPES, 2012; SOUZA et al., 2012). Havendo número reduzido de brotos por cepa, as suas reservas orgânicas e inorgânicas serão distribuídas para número menor de fustes, favorecendo o seu crescimento em diâmetro e volume individual (OLIVEIRA et al., 1994; TEIXEIRA et al., 2002).

O número médio de brotos por cepa (Tabela 5) afetou o diâmetro médio das brotações. Os clones que sustentaram maior número de hastes, como os clones 58 e 62, apresentaram o menor crescimento ($p < 0,05$) em diâmetro nos respectivos arranjos: ou seja, quanto maior o número de brotos remanescentes na cepa, menor o diâmetro médio. Resultado similar foi encontrado por outros pesquisadores (COUTO et al., 1973; BALLONI; SILVA, 1978; PAIVA et al., 1983; SIMÕES; COUTO, 1985; BERNHARDT, 2003; CACAU et al., 2008; SOUZA et al., 2012; LOPES et al. 2012; SILVA et al., 2013).

As brotações no arranjo 9x3 m (espaçamento menos denso) apresentaram o maior crescimento em diâmetro, indicando que o crescimento em *dap* é mais responsivo ao adensamento das plantas do que o número de brotos por cepa, já que este foi o espaçamento com plantas de maior ($p < 0,05$) número de hastes por cepa (Tabela 5).

O crescimento em diâmetro de plantas em alto fuste foi influenciado pelo arranjo espacial de plantio ($p < 0,05$). O aumento do crescimento em diâmetro com o aumento da distância entre as plantas, na linha de plantio, também, foi observado por Alcorn et al. (2007) em povoamentos de *Eucalyptus pilularis* Sm. e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell, na Austrália, estabelecidas com 1250 a 3333 plantas por hectare, aos 4 anos após plantio. Estes resultados podem ser atribuídos a disposição e a distância entre plantas, no arranjo reduzindo a competição intra-específica, possibilitando a maior disponibilização de recursos de crescimento para suportar o

crescimento das árvores (BERNARDO et al., 1998; LELES et al., 2001; WOODRUFF et al., 2002; NOGUEIRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2009; XUE et al., 2011; SILVA, 2013; PAULA et al., 2013). A variação no crescimento em diâmetro em relação aos arranjos espaciais de plantio é, também, atribuída à variação genética de cada híbrido (LIN et al., 2013)

O crescimento em área basal diferiu entre os clones, o que pode ser atribuído à densidade de plantio (CLUTTER et al., 1983; LEITE et al., 2006), ao número de brotos por cepa (PAULA, 2011), e ao diâmetro médio dos brotos (OPIE et al., 1984). As plantas nos arranjos em linha simples, como o 9x3 m, em talhadia e alto fuste, apresentaram o menor crescimento em área basal, para todos os clones. Oliveira et al. (2009) verificaram que o eucalipto nos sistemas agroflorestais com linhas duplas ou triplas e menor distância entre plantas, na linha, apresentaram maior área basal.

O elevado número de brotos gerou maior crescimento em volume individual das plantas, em alto fuste, similar ao volume por cepa no mesmo arranjo espacial. Paula (2011) observou o mesmo crescimento em volume por planta nos espaçamentos (2x2) +10 m e 9x3 m em alto fuste e em talhadia, para o clone 62 de eucalipto, aos 50 meses após plantio. O volume por planta em talhadia, com a decepa de plantas jovens, geralmente só é inferior ao de plantas em alto fuste, quando o genótipo suporta número reduzido de hastes por cepa (SOUSA, 2011). Cacao et al. (2008), em sistemas agroflorestais com eucalipto no arranjo 9,5x4,0 m, aos 48 meses, também, não observaram diferença ($p>0,05$) no volume por planta entre as brotações (sem desbrota) e as plantas em alto fuste .

O crescimento em volume por hectare apresentou diferentes padrões de resposta no que se refere a sistemas de manejo (alto fuste ou talhadia) em função dos arranjos e dos clones. Estes resultados sugerem que a maior produção, ou seja, o volume por hectare, não está associada apenas à densidade de plantio mas, também, ao genótipo. Por exemplo, o clone GG100, o mais produtivo dentre todos os clones, apresentou volume por hectare igual para alto fuste e brotações no arranjo (3x3) + 9 m. Considerando que as brotações neste estudo são 11,5 meses mais jovens do que as plantas em alto fuste, o uso deste clone permitirá a recuperação de povoamentos que tenham sido danificados e decepados para manejo por talhadia. A similaridade de produção entre brotações e plantas de 55 meses em alto fuste, também, foi

encontrada por Souza (2011), em vários clones de eucalipto mesmo sendo as brotações 13 meses mais novas.

Silva (2013) obteve maior volume por hectare em povoamentos de eucalipto por talhadia, em comparação as plantas em alto fuste, aos 60 meses na região de cerrado, em Minas Gérias, tendo sido observado ganhos de 129 a 140%, com um ou dois brotos por cepa. Essa similaridade na produção do eucalipto em talhadia em relação às plantas em alto fuste, com possibilidade de antecipação da idade de corte, está associada ao maior crescimento inicial das brotações (REIS; KIMINNS, 1986; KAUPPI et al., 1988; OLIVEIRA et al., 1994; TEIXEIRA et al., 2002; KABEYA; SAKAI, 2005).

Os maiores incrementos médio anual foram observados para os clones 58 e GG100, conforme observado também por Souza (2011). A idade técnica de corte (ITC) ficou estendida nos arranjos em que os clones se mostraram mais produtivos, ou seja, com estagnação do crescimento ocorrendo mais tarde.

O número de brotos por cepa foi relativamente baixo variando de 1,22 a 3,14, resultado que concorda com o observado por Oliveira et al. (2008); Cacau et al. (2008) e Souza et al. (2012), que sugeriram ser dispensável a desbrota de plantas jovens de eucalipto em razão das cepas de diâmetro reduzido suportarem número reduzido de fustes. Os clones 58 (híbrido de *E. camaldulensis* x *E. grandis*) e 62 (híbrido natural de *E. camaldulensis*) foram os que sustentaram maior número de brotos por cepa. *E. camaldulensis*, usualmente, apresenta elevada emissão de brotos (HIGA; STURION, 1991). A baixa emissão e sustentação de brotos, conforme observado para o clone GG100, pode ser atribuída à forte dominância apical definida bem cedo dentre os brotos em cada cepa.

O manejo por talhadia, em sistemas agroflorestais com árvores adultas de eucalipto, com a produção de madeira de maiores dimensões, requer a desbrota para, no máximo, dois brotos por cepa. Lopes (2012) em sistema agroflorestal (10x4 m) com *E. camaldulensis* incluiu a desbrota para um broto por cepa. A ocorrência de ventos fortes eliminou o broto, sugerindo a necessidade de manter, por segurança, até dois brotos de eucalipto por cepa, em sistemas agroflorestais, naquelas condições. Na produção de madeira para celulose, carvão, dentre outros, é possível manter maior número de brotos por cepa, obtendo-se madeira de menores dimensões e produção elevada (LOPES, 2012).

A elevada sobrevivência das cepas observada para a maioria dos clones e arranjos, exceto para o clone 02, é de grande importância porque a produção final da brotação irá depender do número de cepas vivas e do número de brotos por cepa. Era de se esperar alta sobrevivência do clone 02, pois se trata de híbrido de *E. urophylla*. Segundo Higa e Sturion (1991) uma maior sobrevivência foi observada nos povoamentos de *Eucalyptus urophylla* (100%). Souza et al. (2012) observaram diferentes respostas quanto a sobrevivência das cepas de plantas jovens (aos 13 meses) de eucalipto, pois houve variação de 63 a 100 %. Atualmente, os custos operacionais de plantio são muito elevados e, para aumentar a possibilidade de manejo dos povoamentos em sucessivas rotações, há necessidade de se ter condições ideais para manter as cepas vivas, com elevada produção da brotação.

5. CONCLUSÕES

A decepta de plantas jovens de eucalipto pode ser utilizada em sistemas silvipastoris, na produção de madeira de média a baixa dimensões, mantendo a mesma produção de povoamentos manejados por alto fuste, baseada na seleção adequada de genótipos.

O clone GG100 no arranjo (3x3) + 9 m, apresentou potencialidade para ser manejado por talhadia e alto fuste, por ser o mais produtivo e manter a mesma produção para estes dois tipos de manejo. Os clones 58 e 19 apresentaram menores produções em alto fuste e talhadia, em sistemas silvipastoril nos arranjos avaliados.

A capacidade de sustentação de brotos pela cepa de cada clone de eucalipto pode limitar a produção final do povoamento.

Para maior produção de madeira de menores dimensões em sistemas silvipastoris o arranjo espacial de plantio (2x2) + 10 m é o mais indicado e, para a produção de madeira para serraria, o povoamento no arranjo (3x3) + 9 m, apresenta elevada produtividade e atende a ambos os usos, desde que adotado o desbaste para viabilizar a produção de madeira serrada neste último arranjo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCORN P. J. et al. Effects of initial planting density on branch development in 4-year-old plantation grown *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus cloeziana* trees. **Forest Ecology and Management**, 252:41–51, 2007.

BALLONI, E. A.; SILVA, A. P. Condução de touças de *Eucalyptus*: resultados preliminares. **Boletim Informativo IPEF**, n.6, p. 35-42, 1978.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG, Folha de Viçosa, 1990. 430p.

BARROS, N. F.; TEIXEIRA, P. C.; TEIXEIRA, J. L. Nutrição e produtividade de povoamentos de eucalipto manejados por talhadia. **Série Técnica – IPEF**, v.11, n.30, p.79-88, 1997.

BERNHARDT, R. **Análise quantitativa e qualitativa do crescimento de caixetas-*Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. em florestas manejadas, no município de guape/SP**. Piracicaba, SP, p.61, 2003. (Dissertação de mestrado).

BINKLEY, D. et al. Explaining growth of individual trees: Light interception and efficiency of light use by *Eucalyptus* at four sites in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1704-1713, 2010.

BERNARDO, A. L. et al. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* and *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 104, n. 1-3, p. 1-13, 1998.

CACAU, F. V. **Decepa de plantas jovens de eucalipto em um sistema agroflorestal: dinâmica de copa e crescimento**. 2008. 47f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CACAU, F. V. et al. Decepa de plantas jovens de eucalipto e manejo de brotações, em um sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.11, Nov. 2008.

CAMARGO, F. R. A.; SILVA, C. R.; STAPE, J. L. Resultados experimentais da fase de emissão de brotação em *Eucalyptus* manejado por talhadia. **Série Técnica – IPEF**, v.11, n.30, p.115-122, 1997.

CAVICHIOLO, S. R.; DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Preparo do solo e o estado nutricional da rebrota de *Eucalyptus saligna*. **Revista Scientia Florestalis**, n.66, p. 120- 127, dez. 2004.

CLUTTER, J. L. et al. **Timber management: a quantitative approach**. New York: John Willey & Sons, 1983. 333p.

COMBRIE, D. S. Water relations of jarrah (*Eucalyptus marginata*) regeneration from the seedling to the mature tree and of stump coppice. **Forest Ecology and Manegament**, v.97, n.3, p.293-303, 1997.

COUTO, H.T. Z. et al. Condução da brotação de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, n.7, p.115-123, 1973.

COUTO, L.; GOMES, J. M. Regeneração de povoamentos de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n. 144, p. 31- 35, 1986.

DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Influência da compactação do solo na produtividade de rebrota de eucalipto. **Revista Árvore**, v.29, n.33, p.383-390, 2005.

DRAKE, P. L. et al. Water use and water-use efficiency of coppice and seedling *Eucalyptus globulus* Labill.: a comparison of stand-scale water balance components. **Plant and Soil**, v.350, n.1-2, p.221-235, 2012.

FARIA, G. E. et al. 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, jul.-set, 2008.

FARIA, G. E. et al. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.577-584, 2002.

FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; KLEIN, J. E. M. Produção de florestas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em segunda rotação, conduzidas com um broto por touça e submetidas à interplântio. **Ciência Florestal**, v.3, n.1, p.185-201, 1993.

GAVA, J. L. Efeito da adubação potássica em plantios de *E. grandis* conduzidos em segunda rotação em solos com diferentes teores de potássio trocável. **Série Técnica – IPEF**, v. 11, n. 30, p.89-94, 1997.

GRAÇA, M. E. C.; SHIMIZU, J. Y.; TAVARES, F. R. Capacidade de rebrota e enraizamento de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.39, p.135-138, 1999.

GRAÇA, M. E. C.; TOTH, V. B. R. Rebrota de *Eucalyptus dunnii*: a influência da altura, diâmetro e procedência no vigor das brotações. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 20, p.49-57, jun. 1990.

HIGA, R. C. V.; STURION, J. A. Avaliação da brotação de treze espécies de *Eucalyptus* na Região de Uberaba-MG. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.22/23, p.79-86, 1991.

HIGA, R. C. V.; STURION, J. A. Efeito do espaçamento na capacidade de brotação de *Eucalyptus viminalis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.40, p.77-83, 2000.

KABEYA, D.; SAKAI, S. The relative importance of carbohydrate and nitrogen for the resprouting ability of *Quercus crispula* seedlings. **Annals of Botany**, v.96, p.479-488, 2005.

KHAN G. S.; CHAUDHRY A. K. Effect of spacing and plant density on the growth of poplar (*Populus deltoides*) trees under agro-forestry system. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v.44, n.2, p.321–327, 2007.

KAUPPI, A.; KIVINIITTY, M.; FERM, A. Growth habits and crown architecture of *Betula pubescens* Ehrh. of seed and sprout origin. **Canadian Journal of Forest Research**, v.18, p.1603-1613, 1988.

KLEIN, J. E. M. et al. Fatores operacionais que afetam a regeneração do *Eucalyptus* manejado por talhadia. **Série Técnica – IPEF**, v. 11, n.30, p.95-104, 1997.

LEITE, F. P. et al. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, v. 21, n. 3, p. 313-321, 1997.

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

LELES, P. S. S. et al. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 77-87, jun. 2001.

LIN, Y. et al. Effect of genotype by spacing interaction on radiata pine genetic parameters for height and diameter growth. **Forest ecology and management**, v.304 p.204 -211, 2013.

LOPES, H. N. S. **Crescimento e produção de eucalipto submetido à desbrota, interplântio e reforma**. 2012. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

MAGALHÃES, W. M. et al. Desempenho silvicultural de clones e espécies/procedências de *Eucalyptus* na região noroeste de Minas Gerais. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 368-375, 2007.

MIRANDA, G. A. et al. Produtividade de povoamentos de eucalipto em regime de talhadia, em função da adubação parcelada, no Vale do Jequitinhonha-MG. **Revista Árvore**, v.22, n.1, p.51-60, 1998.

NOGUEIRA G. S. Modelo de distribuição diamétrica para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, v.29, n.4, p.579–589, 2005.

OLIVEIRA, C. H. R. **Decepa de plantas jovens de clone de eucalipto e condução da brotação em um sistema agroflorestal**. 2006. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

OLIVEIRA, C. H. R. et al. Área foliar e biomassa de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clone de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p.59-68, 2008.

OLIVEIRA, T. K. et al. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p. 01-09, dez., 2009.

OLIVEIRA, V.A.B. et al. Raízes e tocos de mudas de *Eucalyptus* como fonte de nutrientes para as brotações. **Revista Árvore**, v.18, p.22-32, 1994.

OPIE, J. E., CURTIN, R. A.; INCOLL, W. D. **Stand Management**. In: W.E. Hillis and A.G. Brown (Editors), *Eucalypts for Wood Production*. Academic, London, pp. 179-197, 1984.

PAIVA, H. N. et al. Influência das idades de corte e de desbrota e do número de brotos sobre o desenvolvimento da brotação de cepas de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.7, p.1-10, 1983.

PAULA NETO, F. et al. Fatores que influem no desenvolvimento de brotações em povoamentos de eucaliptos. **Revista Árvore**, v.6, n.2, p. 133- 9,1982.

PAULA, R. R. **Avaliação silvicultural de eucalipto em monocultivo e em sistema agroflorestal com diferentes arranjos espaciais**. 2011. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

PAULA, R. R. et al. Eucalypt growth in monoculture and silvopastoral systems with varied tree initial densities and spatial arrangements. **Agroforestry System**, v. 87, p.1295–1307, 2013.

PEREIRA, A. R. et al. Efeito do diâmetro das cepas no desenvolvimento de brotações de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.4, n.2, p. 215- 220, 1980.

PINKARD, E. A.; NEILSEN, W. A. Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to initial spacing: implications for thinning. **Forest Ecology and Management**, v. 172, n. 2-3, p. 215-227, 2003.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série Técnica – IPEF**, v.11, n.30, p.9-22, 1997.

REIS, M. G. F.; KIMMINS, J. P. Importância do sistema radicular no crescimento inicial de brotos de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.10, n.2, p.196-201, 1986.

RESENDE, M. D. V. de. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p.589-647.

ROSADO, A. M. et al. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.7, p.964-971, jul. 2012.

SILVA, N. F. **Produtividade, demanda e eficiência nutricional de clones de eucalipto em regime de alto fuste e talhadia**. 2013. 52 P. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, MG, 2013.

SIMÕES, J. W.; COUTO, N. A. S. Efeito do número de brotos e da fertilização mineral sobre o crescimento da brotação de *Eucalyptus saligna* Smith, em segunda rotação. **Série Técnica – IPEF**, v.31, p.23-32, 1985.

SOUZA, F. C. **Crescimento e potencial energético de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clones de eucalipto**. 2011. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2011.

SOUZA, F. C. et al. Sobrevivência e Diâmetro de Plantas Intactas e Brotações de clones de Eucalipto. **Floresta e Ambiente**, v.19, n.1, p. 44-54, 2012.

STAPE, J. L. Fatores influentes sobre a emissão e desenvolvimento inicial de brotações de *Eucalyptus grandis* numa areia quartzosa e num latossolo vermelho escuro do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS, 1993. p.252-54.

STAPE, J. L. et al. A twin-plot approach to determine nutrient limitation and potential productivity in *Eucalyptus* plantations at landscape scales in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 223, n. 1-3, p. 358–362, 2006.

STAPE, J. L. Planejamento global e normatização de procedimentos operacionais da talhadia simples em *Eucalyptus*. **Série Técnica - IPEF**, v.11, n. 30, p. 51-62, mai. 1997.

TEIXEIRA, P. C. et al. *Eucalyptus urophylla* root growth, stem sprouting and nutrient supply from the roots and soil. **Forest Ecology and Management**, v.160, p.263-271, 2002.

TEWARI, S. K. et al. Effect of age and season of harvesting on the growth, coppicing characteristics and biomass productivity of *Leucaena leucocephala* and *Vitex negundo*. **Biomass and Bioenergy**, v.26, p.229-234, 2004.

WALTERS, J. R.; BELL, T. L.; READ, S. Intra-specific variation in carbohydrate reserves and sprouting ability in *Eucalyptus obliqua* seedlings. **Australian Journal of Botany**, v.53, n.3, p.195-203, 2005.

WILDY, D. T.; JOHN, S. P.; LESLEY, T. S. Water-use efficiency of a mallee eucalypt growing naturally and in short-rotation coppice cultivation. **Plant and Soil**, v.262, n.1-2, p.111-128, 2004.

WOODRUFF, D. R. et al. Effects of stand density on the growth of young Douglas-fir trees. **Canadian Journal of Forest Research** 32, 420–427. 2002.

XAVIER, A.; SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010.

XUE L. et al. Density effects on the growth of self-thinning *Eucalyptus urophylla* stands. **Trees**, n.25 , p. 1021–1031, 2011.

CONCLUSÕES GERAIS

O índice de área foliar (IAF) é eficiente na avaliação de arranjos espaciais do componente arbóreo em sistemas silvipastoris, informando sobre a transmitância da radiação e o potencial de produção de forragem na entrelinha de plantio

Os menores valores de IAF, observados no arranjo 9x3 m, em talhadia ou alto fuste, favorece maior transmitância de radiação para as culturas agrícolas e, ou pastagem do consórcio e produção de madeira de maiores dimensões, quando o objetivo de implantação do sistema inclui o manejo para produção de madeira serrada, postes, laminados, dentre outros.

Os valores de IAF mais reduzidos nos arranjos espaciais avaliados, para os clones 58 e 62 em alto fuste e talhadia, permitirem maior permeação da radiação fotossinteticamente ativa até o sub-bosque, facilitando o crescimento e a produção da pastagem. Estes clones podem compor sistemas silvipastoris, por apresentarem copas mais abertas, em comparação aos demais clones estudados. Porém, há necessidade de se considerar a baixa produção de madeira do clone 58 tanto em alto fuste quanto brotação.

A técnica da decepa de plantas jovens para indução da brotação precoce, pode ser utilizada para sistemas silvipastoris, quando é utilizado o genótipo adequado. A decepa de plantas jovens favorece a produção de madeira de menores dimensões para a produção de energia, carvão e celulose,

O arranjo (3x3) + 9 m pode ser utilizado principalmente para o clone GG100, manejado por talhadia e alto fuste, por ser o mais produtivo e manter a mesma produção para estes dois tipos de manejo. Ainda, este arranjo permite a produção de pastagem, viabilizando a criação de animais, o que irá complementar a renda ao longo da rotação.

A sobrevivência das cepas, a decepa e a capacidade de sustentação de brotos pelo clone de eucalipto influenciam a produção final do povoamento florestal em talhadia.

É importante que o genótipo do componente arbóreo, o arranjo espacial de plantio, a qualidade de sítio, a tolerância da forrageira ao sombreamento, dentre outros, sejam considerados em conjunto, na implantação de um sistema silvipastoril, para otimizar a produção dos componentes do sistema.