

HORTÊNSIA NASCIMENTO SANTOS LOPES

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE EUCALIPTO SUBMETIDO À  
DESBROTA, INTERPLANTIO E REFORMA**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2012

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

T

L864c  
2012

Lopes, Hortência Nascimento Santos, 1986-  
Crescimento e produção de eucalipto submetido à desbrota,  
interplântio e reforma / Hortência Nascimento Santos Lopes.  
– Viçosa, MG, 2012.  
ix, 65f. : il. ; 29cm.

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

1. Eucalipto - Crescimento. 2. Agrossilvicultura.  
3. Eucalipto - Espaçamento. 4. *Eucalyptus camaldulensis*.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDO adapt. CDD 634.92612

HORTÊNSIA NASCIMENTO SANTOS LOPES

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE EUCALIPTO SUBMETIDO À  
DESBROTA, INTERPLANTIO E REFORMA**

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

APROVADA: 16 de fevereiro de 2012.

---

Maria das Graças Ferreira Reis  
(Coorientadora)

---

Helio Garcia Leite  
(Coorientador)

---

Eduardo E. de Lima e Borges

---

Lino Roberto Ferreira

---

Geraldo Gonçalves dos Reis  
(Orientador)

À minha mãe (Maria Minervina Santos Lopes),  
por me mostrar que o conhecimento é o  
único tesouro verdadeiro do homem.

*“Na vida, não vale tanto o  
que temos, nem tanto importa o que somos.  
Vale o que realizamos com aquilo que  
possuímos e, acima de tudo,  
importa o que fazemos de nós.”*

Chico Xavier

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha existência, e a Jesus, exemplo de perfeição moral.

Ao meu pai, Edino (*in memoriam*), pelos ensinamentos de responsabilidade e respeito ao próximo. À minha mãe, Minervina, por seu exemplo de mulher e pelo amor incondicional a mim prestado. Às minhas irmãs Rute e Lara, pela amizade, carinho e paciência.

Aos professores Geraldo Gonçalves dos Reis e Maria das Graças Ferreira Reis pela amizade construída ao longo dos anos, pela dedicação e ensinamentos, que muito contribuíram para minha formação.

Ao professor Helio Garcia Leite pela amizade, atenção e solicitude, e pelos bate-papos sempre bem humorados.

Aos amigos de Itapecerica e Viçosa, pelo apoio e carinho, e por estarem sempre presentes.

A toda minha família, em especial: minhas tias Nice, Lilia, Elma e Édina e madrinha Patrícia pela confiança e por estarem sempre torcendo pelo meu sucesso.

Aos amigos, “filhos” e colegas do Laboratório de Ecologia e Fisiologia Florestal: Felipe, Ranieri, Frederico, Guilherme Mielki, Guilherme Simiqueli, Ronan, Mariana, Filipe, Ernani, Felipe, Diego, Diogo, Rodolfo e Carlos Henrique, pelo auxílio na coleta e processamento dos dados, e pelas boas risadas quando o trabalho tornava-se cansativo.

Ao amigo Marco, pela paciência e auxílio prestados nas análises do experimento.

À Ritinha, Jamile, Marquione, Alexandre e Chiquinho, por serem tão solícitos.

À Votorantim Siderurgia Ltda. (VS), em especial ao engenheiro florestal Raul Cesar Nogueira Melido, pela disponibilização da área experimental e apoio logístico.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Engenharia Florestal, à Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (Capes), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

(CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pela oportunidade e apoio financeiro.

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

HORTÊNSIA NASCIMENTO SANTOS LOPES, filha de Edino Nascimento Lopes e Maria Minervina Santos Lopes, nasceu no município de Itapeçerica, Minas Gerais, em 02 de novembro de 1986.

Em março de 2005, ingressou no Curso de Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), graduando-se em janeiro de 2010.

Em março de 2010, ingressou no Curso de Mestrado em Ciência Florestal do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, concluindo os requisitos indispensáveis para obtenção do título de *Magister Scientiae* em fevereiro de 2012.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
INTRODUÇÃO .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3
OBJETIVOS.....	6
Geral .....	6
Específicos .....	6
CAPÍTULO 1 .....	7
CRESCIMENTO DE BROTO E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR EM POVOAMENTO DE CLONE DE EUCALIPTO EM ESPAÇAMENTO AMPLO7	
1- Introdução.....	9
2- Material e métodos .....	10
3- Resultados.....	14
3.1- Sobrevivência das cepas e número de brotos .....	14
3.2- Estimativa de crescimento em diâmetro e altura.....	15
3.3- Distribuição diamétrica .....	17
3.4- Estimativa de crescimento em volume .....	17
3.5- Índice de área foliar.....	19
4- Discussão .....	20
5- Conclusões .....	28
6- Referências bibliográficas.....	28
CAPÍTULO 2 .....	35
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE POVOAMENTO DE CLONE DE EUCALIPTO SOB TALHADIA, INTERPLANTIO E REFORMA .....	35
1. Introdução.....	37
2. Material e métodos .....	38
3- Resultados.....	43
3.1- Estimativa de crescimento em diâmetro e altura.....	43
3.2- Estimativa de crescimento em volume .....	46
3.3- Índice de área foliar.....	49
4- Discussão .....	50
5- Conclusões .....	58
6- Referências bibliográficas.....	58
CONCLUSÕES GERAIS .....	65

## RESUMO

LOPES, Hortênsia Nascimento Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2012. **Crescimento e produção de eucalipto submetido à desbrota, interplântio e reforma.** Orientador: Geraldo Gonçalves dos Reis. Coorientadores: Maria das Graças Ferreira Reis e Helio Garcia Leite.

Objetivou-se avaliar o efeito da desbrota na produção da segunda rotação do clone 06 de eucalipto, mantendo-se o sistema agroflorestal (SAF) no arranjo 10 x 4 m, em comparação com o interplântio, mantendo-se a brotação ou, a reforma do povoamento, ambos com a eliminação do SAF. Após a exploração do povoamento, aos 9 anos de idade, foi instalado o experimento adotando-se os seguintes tratamentos: desbrota para um, dois, três e quatro brotos aos nove meses após o corte e, para número variável de brotos, aos 12 meses, em adição ao tratamento sem desbrota, mantendo-se o SAF; desbrota para um e dois brotos aos nove meses de idade, para o clone 06 (híbrido natural de *E. camaldulensis*), com plantio de uma linha do clone 58 (híbrido de *E. camaldulensis* X *E. tereticornis*) na entrelinha do povoamento e reforma do povoamento com o clone 58, ambos substituindo o SAF. A maior estimativa de produção em volume por hectare da brotação em SAF foi obtida quando não houve a desbrota, mantendo-se alto número de brotos (fustes) por cepa, com diâmetro a altura do peito (*dap*) e altura total (*Ht*) reduzidos e idade técnica de corte precoce. Com desbrota para três ou mais brotos, a produção foi 15% menor do que quando não houve desbrota, porém, com *dap* maior e, índice de área foliar (*IAF*) menor. Considerando a possibilidade de interplântio com condução da brotação ou, a reforma do povoamento, verificou-se maior produção em volume quando houve a reforma com plantio de duas linhas. A condução de três brotos é recomendada em sistemas agroflorestais por aumentar a transmitância da radiação (menor *IAF*) com produção de madeira de maior diâmetro, sendo que a produção de madeira para energia em SAF, em rotações curtas, pode ser obtida sem a desbrota. Porém, quando não se pretende manter o SAF ou produzir madeira para energia, recomenda-se a reforma do povoamento visando maior produção de madeira.

## ABSTRACT

LOPES, Hortênsia Nascimento Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2011. **Growth and production of eucalypt submitted to coppice, interplanting and stand renewal.** Adviser: Geraldo Gonçalves dos Reis. Co-advisers: Maria das Graças Ferreira Reis and Helio Garcia Leite.

The objective of this study was to evaluate wood production in the coppicing system, with different sprout thinning intensity of an eucalypt clone (clone 06) stand, established in a 10 x 4 m spacing, as compared to interplanting or stand renewal. The treatments included: no sprout thinning, thinning to one, two, three or four sprouts nine months after tree harvesting and to a variable number of sprouts at 12 months, maintaining the agroforestry system; thinning to one or two sprouts after nine months with interplanting of one row with the clone 58 (hybrid of *E. camadulensis* X *E. tereticornis*), and, stand renewal (plantation of two rows with the clone 58, with coppice removal), both with agroforestry system (*AGF*) exclusion. The highest sprout volume production estimate in the *AGF* was obtained when there was no sprout thinning, even though with a reduced diameter (*dbh*), total height (*Ht*) and technical cutting age. By adopting sprout thinning to three or more sprouts per stump, wood production was 15% smaller than for the no sprout thinning treatment, with a greater *dbh* and a smaller leaf area index (*LAI*). When the *AGF* was excluded by adopting interplanting or stand renewal, this last one presented the greatest volume production. The maintenance of three sprouts in the agroforestry system is recommended as it allows an adequate wood production and greater radiation transmittance (smaller *LAI*) for the crops and pasture of the consortium. Wood production for energy in agroforestry system in short rotations can be obtained by adopting no sprout thinning. Nevertheless, when the consortium is not intended the stand should be replaced by a most productive genotype to obtain higher wood production.

## INTRODUÇÃO

As áreas plantadas com eucalipto no Brasil continuam em processo de expansão totalizando, no ano de 2010, mais de 4,7 milhões de hectares, sendo cerca de 30% dessa área no estado de Minas Gerais (ABRAF, 2011). Isto se deve às características das espécies do gênero *Eucalyptus* que apresentam rápido crescimento, boa adaptação ecológica, alta produção e madeira que atende a diferentes usos (celulose, carvão, chapas de fibra, aglomerados, energia, etc.) (Nahuz, 2004).

Com o melhoramento genético e a seleção de genótipos adaptados à diferentes regiões, houve aumento da produtividade dos povoamentos de eucalipto no Brasil com uso eficiente dos recursos de crescimento (Stape et al., 2006; Binkley et al., 2010; Alves, 2011). Atualmente, a maioria dos povoamentos estabelecidos no regime de talhadia é proveniente de materiais genéticos mais produtivos, com plantas de elevado vigor na primeira rotação, podendo apresentar maior potencial de crescimento das brotações.

O manejo de florestas de eucalipto através da talhadia pode ser mais atraente em relação às reformas, uma vez que há a redução nos custos de produção, pois dispensa gastos com mudas, preparo de solo, plantio, entre outras atividades (Camargo et al., 1997). A produtividade do alto fuste, comparada àquela de condução da brotação, têm se equiparado, a depender da idade da planta (Perrando e Corder, 2006), material genético (Ribeiro et al., 1987; Higa e Sturion, 1997; Perrando e Corder, 2006), época (Nelson e Dickson, 1981; Ribeiro et al., 1987; Sakai e Sakai, 1998; Perrando e Corder, 2006; Oliveira et al., 2008) e altura de corte (Ribeiro et al., 1987; Zen, 1987; Perrando e Corder, 2006), manejo das cepas e do solo (Ribeiro et al., 1987; Camargo et al., 1997; Klein et al., 1997; Miranda et al., 1998; Faria et al., 2002; Dedecek e Gava, 2005; Graciano et al., 2011; Khouri et al., 2011). Ou seja, mantendo-se ou melhorando os recursos de crescimento para as plantas sob regime de alto fuste, há potencial de se ter produtividade das brotações equivalente ou mesmo superior à primeira (Barros et al., 1997; Reis e Reis, 1997; Faria et al., 2002). Dessa forma, aspectos nutricionais, fisiológicos, de crescimento e produção devem ser considerados para que a

produção de madeira no sistema de talhadia não seja inferior à da primeira rotação.

O uso da talhadia em sistemas agroflorestais pode ser uma alternativa para obtenção de madeira com dimensões reduzidas (Oliveira et al., 2008; Cacau et al., 2008), principalmente quando se conduz mais de dois brotos por cepa, obtendo a antecipação do retorno financeiro, uma vez que as brotações apresentam crescimento inicial maior do que povoamentos de alto fuste, em mesma idade, principalmente nos melhores locais. Ou seja, obtém-se produtividade máxima em idades mais jovens, com a antecipação da colheita (Kauppi et al., 1988; Harrington e Fownes, 1993; Sims et al., 2001).

Por outro lado, a reforma ou o interplântio, pode aumentar a produtividade dos povoamentos, uma vez que novos materiais genéticos mais adaptados e mais produtivos podem ser utilizados (Rezende et al., 2001). Um problema para a utilização da prática de interplântio é a diferença na velocidade de crescimento inicial de brotações e mudas. O maior crescimento inicial da brotação pode provocar a supressão das mudas (Martini et al., 1984).

A maneira como a floresta de eucalipto é manejada pode alterar o espaço utilizado pelas plantas, o que pode alterar o índice de área foliar (*IAF*) e, conseqüentemente, a entrada de radiação no povoamento (Oliveira, 2006; Cacau, 2008). O *IAF* é importante para avaliar a disponibilidade de radiação e a capacidade de desenvolvimento das demais plantas do consórcio quando do manejo através da talhadia.

O estabelecimento de SAF com eucalipto no Brasil é recente e não existem estudos sobre a produção da brotação na segunda rotação nestes sistemas. Por esta razão, este estudo tem o objetivo de avaliar diferentes intensidades de desbrota na produtividade da segunda rotação de clone de eucalipto, em espaçamento amplo, e comparar com o crescimento quando do uso do interplântio com a manutenção da brotação ou, da reforma do povoamento. Espera-se que a condução da brotação seja uma opção para produção de biomassa para diversos fins em segunda rotação de eucalipto implantado em espaçamento amplo, viabilizando o sistema agroflorestal. E, que os resultados obtidos possam ser utilizados como subsídio para

empresas e agricultores, a fim de reduzir gastos com o replantio e, ou, com a reforma de povoamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas.

**Anuário estatístico da ABRAF 2011: ano base 2010/ABRAF.** Brasília, 2011. 130p. 2010.

Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 20 de novembro de 2011.

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.

BINKLEY, D; STAPE, J.L.; BAUERLE, W.L.; RYAN, M.G. 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.

BLAKE, T.J. Coppice systems for short-rotation intensive forestry: the influence of cultural, seasonal and plant factors. **Australian Forest Research**, v.3, n.3/4, p.279-291, 1983.

CACAU, F.V.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; ALVES, F.F.; SOUZA, F.C. 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.

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

FARIA, G.E.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; LIMA, J.C.; TEIXEIRA, J.L. 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.

GRACIANO, C.; GOYA, J.F.; ARTURI, M.; PÉREZ, C.; FRANGI, J.L. 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.
- HIGA, R.C.V.; STURION, J.A. Capacidade de brotação de subgêneros e espécies de *Eucalyptus*. **Série Técnica – IPEF**, v. 11, n. 30, p. 23-30, 1997.
- 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.
- 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.; BARROS, N.F.; LEITE, H.G.; COUTO, L.; NASCIMENTO FILHO, M.F. 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.
- NAHUZ, M.A.R. Tendência do mercado de produtos florestais. **Revista da Madeira**, n.78 p.10-18, 2004.
- NELSON, E.A.; DICKSON, R.E. Accumulation of food reserves in cottonwood stems during dormancy induction. **Canadian Journal of Forest Research**, v.11, n.1, p.145-154, 1981.
- OLIVEIRA, C.H.R.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; XAVIER, A.; STOCKS, J.J. 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.
- PERRANDO, E.R.; CORDER, M.P.M. Rebrotas de cepas de *Acacia mearnsii* em diferentes idades, épocas do ano e alturas de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.555-562, 2006.
- 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.
- 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.
- RIBEIRO, F.A.; MACEDO, P.R.O.; MENDES, C.J.; SUITER FILHO, W. Segunda rotação de eucalipto. **Série Técnica – IPEF**, v.4, n.11, p.23-29, 1987.
- SAKAI, A.; SAKAI, S. A test for the resource remobilization hypothesis: tree sprouting using carbohydrates from above-ground parts. **Annals of Botany**, v.82, p.213-216, 1998.

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.

STAPE, J.L. BINKLEY, D. JACOB, W.S.; TAKAHASHI, E.N. 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.

ZEN, S. Influência da altura de corte na brotação de *Eucalyptus* spp. **Série Técnica - IPEF**, Piracicaba, v.4, n.11, p.30-32, 1987.

## OBJETIVOS

### Geral

Avaliar o efeito da intensidade de desbrota na produtividade da segunda rotação do clone 06 de eucalipto mantendo-se o sistema agroflorestal, e comparar com o crescimento quando do uso do interplântio com a manutenção da brotação ou, da reforma do povoamento com o clone 58, excluindo-se o SAF.

### Específicos

1. Avaliar o crescimento em diâmetro (*dap*) e altura total (*Ht*), e determinar o volume por hectare, o incremento corrente anual (*ICA*) e o incremento médio anual (*IMA*) de brotações de clone de eucalipto com diferentes intensidades de desbrota, buscando selecionar os tratamentos mais adequados para diferentes usos da madeira, mantendo-se o sistema agroflorestal.

2. Comparar a produtividade dos tratamentos envolvendo o interplântio e a reforma do povoamento, com a produtividade das brotações, e identificar o manejo mais adequado após a exploração da floresta em sistema agroflorestal.

## CAPÍTULO 1

### CRESCIMENTO DE BROTOS E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR EM POVOAMENTO DE CLONE DE EUCALIPTO EM ESPAÇAMENTO AMPLO

**Resumo** – Objetivou-se analisar o crescimento, produção e índice de área foliar (*IAF*) em povoamento do clone 06 (híbrido natural de *Eucalyptus camaldulensis*) submetido a diferentes intensidades de desbrota, em sistema agroflorestal, em Vazante, MG (17°36'09"S e 46°42'02"W e altitude de 550 m). O diâmetro (*dap*) e a altura total (*Ht*) dos brotos foram coletados até a idade de 48 meses e, o *IAF*, aos 12 e 36 meses de idade. Os tratamentos envolveram a desbrota para um, dois, três e quatro brotos aos nove meses após o corte e, para número variável de brotos, aos 12 meses, em adição ao tratamento sem desbrota. Aos 48 meses de idade, a sobrevivência das cepas foi superior a 97%, exceto para a desbrota para um broto (60%). O número de brotos por cepa decresceu com a idade para todos os tratamentos. Maior crescimento em diâmetro e altura e maior número de brotos (fustes) em maiores classes de diâmetro foram observados para a condução de menor número de brotos por cepa. A maior estimativa de volume foi observada quando não houve desbrota, seguido dos tratamentos com três, quatro ou número variável de brotos. O incremento médio anual máximo do tratamento sem desbrota foi maior do que para os demais tratamentos e a condução da brotação para menor número de brotos por cepa resultou em maior idade técnica de corte. O *IAF* do povoamento aos 12 meses foi mais elevado no tratamento sem desbrota do que nos demais tratamentos, independente da posição em relação à linha de plantio. Recomenda-se a condução de três brotos, para o clone estudado, o que permite adequada produção de madeira e maior entrada de radiação para as culturas agrícolas ou pastagem. O manejo sem desbrota pode ser utilizado para produção de biomassa para energia em rotações curtas.

**Palavras-chave:** Talhadia, sistema agroflorestal, índice de área foliar

**Abstract** – This study aimed growth, production and leaf area index (*LAI*) analysis in stands of the clone 06 (natural hybrid of *Eucalyptus camaldulensis*) under different sprout thinning intensities, in an agroforestry system, in Vazante, Minas Gerais State, Brazil (17°36'09"S and 46°42'02"W and at 550 m altitude. Sprouts diameter and total height were measured up to 48 months and the *LAI* at 12 and 36 months. The treatments included: no sprout thinning, thinning to one, two, three or four sprouts at nine months after harvesting and, thinning to a variable number of sprouts at 12 months. At 48 months, the stump survival was higher than 97%, except when thinned to one sprout (60%). The number of sprouts per stump decreased with the age for all the treatments. Diameter and height and number of sprouts in larger diameter classes were the largest with the management of smaller number of sprouts per stump. The highest volume estimate was observed when there was no sprout thinning, followed by the thinning to three, four or variable number of sprouts. The maximum mean annual increment of the no sprout thinning was the greatest and sprout thinning resulted in a longer technical rotation age than for the no-sprout thinning. The *LAI* at 12 months was the highest in the no sprout thinning treatment, independent on the position in relation to the planting row. It is recommended to apply coppice thinning to three sprouts per stump allowing adequate wood production and greater radiation transmittance for the crops and pasture established between tree planting lines. No sprout thinning is not recommended for biomass for energy production in short rotations.

**Keywords:** Coppice, agroforestry system, leaf area index

## 1- Introdução

O manejo da brotação em espécies do gênero *Eucalyptus* é possível devido a sua capacidade de rebrota após o corte das plantas, em decorrência da grande concentração de gemas adventícias que se encontram dormentes na base do tronco e, ou, em lignotúberes, sendo essa emissão de brotação estimulada em razão da perda da dominância apical (Blake, 1972,1983; Souza et al., 1991; Wildy e Pate, 2002; Walters et al., 2005).

Uma vantagem da condução de povoamentos florestais através da talhadia é a alta taxa de crescimento inicial das brotações (Reis e Reis, 1997), resultando na antecipação da idade de máxima produtividade média (*IMA*) em volume quando comparado com a condução do povoamento por alto fuste (Kauppi et al., 1988; Pukkala e Pohjonen,1990; Harrington e Fownes, 1993; Sims et al., 2001; Tewari et al., 2004; Cacau et al., 2008; Luostarinen et al., 2009; Souza, 2011). Esse crescimento inicial diferenciado das brotações se deve às reservas orgânicas e inorgânicas estocadas nas cepas e raízes bem como ao fato de se ter um sistema radicular já formado que facilita a absorção de água e nutrientes (Blake, 1983; Reis e Kimmins, 1986; Tschaplinski e Blake, 1994; Teixeira et al., 2002; Kabeya e Sakai, 2005; Walters et al., 2005).

A madeira produzida de povoamentos conduzidos por talhadia, principalmente, quando manejada com mais de dois brotos por cepa, apresenta diâmetro reduzido (Couto et al. 1973; Paiva et al., 1983; Simões e Coto, 1985; Klein et al., 1997), o que limita o seu uso para obtenção de determinados produtos, a exemplo de madeira para serraria. No entanto, esses povoamentos podem atender à produção de madeira para energia (Souza, 2011; Souza et al., 2012).

Em sistemas agroflorestais (SAF), o manejo da brotação pode ser planejado visando a obtenção de diferentes produtos, como madeira serrada, mantendo-se um broto por cepa ou a produção de energia, com a manutenção de maior número de brotos por cepa. Ao realizar decepa de plantas jovens de eucalipto em SAF o diâmetro dos brotos pode ser menor do que o das plantas de alto fuste, mas o volume por hectare ou biomassa

obtido sem a desbrota ou com desbrota para três brotos não difere daquele observado para alto fuste (Oliveira et al., 2008; Cacau et al., 2008). Isto indica que o manejo de SAF por talhadia, para produção de energia, pode ser viável. Entretanto, não há registros de condução da brotação em segunda rotação de povoamentos estabelecidos em SAF, que tem espaço disponível para plantas maior em relação ao sistema de plantio convencional.

Para o manejo adequado de brotações em SAF é, porém, importante analisar a disponibilidade da radiação fotossinteticamente ativa para as plantas do consórcio, o que pode ser avaliado pelas características da copa, como área foliar e índice de área foliar. Tem sido observado que tanto a área foliar como o índice de área foliar de brotações são maiores do que para plantas da primeira rotação, de mesma idade, o que tem implicações diretas na entrada de radiação no povoamento (Oliveira, 2006; Oliveira et al., 2008; Cacau, 2008; Drake et al., 2009, 2012).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica de crescimento de brotações de clone de eucalipto sob diferentes intensidades de desbrota, em sistema agroflorestal, através da análise do diâmetro, altura, volume e índice de área foliar.

## **2- Material e métodos**

O presente estudo foi realizado em povoamento do clone 06 de eucalipto, híbrido natural de *Eucalyptus camaldulensis*, no arranjo espacial 10 x 4 m, em sistema agroflorestal, em área da Votorantim Siderurgia Ltda. (VS), no município de Vazante, localizado na região noroeste do estado de Minas Gerais (17°36'09"S e 46°42'02"W, com altitude de 550 m). A temperatura média anual é de 26,3°C, com precipitação média anual de 1354 mm e déficit hídrico de 497 mm no período de março a outubro. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo "AW", caracterizado por extenso período de baixa precipitação. O tipo de solo predominante na região é Latossolo Vermelho Distrófico com textura

argilosa, e a vegetação predominante é o cerrado, com variações de campo limpo a cerradão até matas de galeria.

Quando do estabelecimento do povoamento, no início da estação chuvosa, foi feita a semeadura do arroz (*Oryza sativa*) e, no ano subsequente, a da soja (*Glycine max*). Na terceira estação chuvosa foi plantada a *Brachiaria brizantha* e, assim que foi considerada estabelecida, foi introduzido o gado bovino no sistema.

O experimento de manejo da brotação foi instalado assim que houve o abate das árvores aos 9 anos após o plantio, em outubro de 2006. A madeira de galhos foi removida da área e houve a aplicação de 598 Kg de fosfato reativo por hectare, distribuído em linha dos dois lados da planta, a dois metros das cepas. Em janeiro de 2007 ocorreu intenso tombamento de brotos devido a ventos fortes no local, sendo que a brotação remanescente foi removida em fevereiro de 2007 para permitir a emissão de nova brotação e sua posterior condução.

O experimento foi estabelecido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com três repetições, utilizando-se seis tratamentos de manejo da brotação. Os tratamentos incluem: a testemunha, em que as plantas não foram desbrotadas; desbrota para um, dois, três e quatro brotos aos nove meses de idade e, desbrota para número variável de brotos aos 12 meses, deixando os brotos dominantes, ou seja, aqueles que apresentavam maiores diâmetros e alturas (Tabela 1). Para o tratamento com número variável de brotos foi deixado no mínimo três brotos dominantes por cepa, uma vez que já havia sido verificado em campo queda de brotos quando da condução de um ou dois fustes por cepa.

O controle de plantas daninhas na entrelinha do povoamento foi realizado com roçadeira mecânica, e na linha de plantio houve a aplicação de herbicida.

A parcela foi constituída de três linhas de plantas com 15 plantas na linha. Para as avaliações de diâmetro e altura das brotações, a área útil da parcela constituiu-se de dez plantas localizadas na linha central.

Em janeiro de 2012, foram retiradas três amostras de solo nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm, compostas de seis sub-amostras

cada, extraídas na metade das entrelinhas das brotações, para caracterização química do solo (Tabela 2).

Tabela 1 - Tratamentos de manejo da brotação, aplicados em plantas do clone 06 de eucalipto, no arranjo 10 x 4 m, em Vazante, MG.

Tratamento	Idade da desbrota (meses)	Nº de brotos <sup>1</sup>	Sigla
1	9	1	1B
2	9	2	2B
3	9	3	3B
4	9	4	4B
5	12	NVB	NVB
6	-	SD	SD

<sup>1</sup> NVB = Número variável de brotos; SD = sem desbrota.

Tabela 2 – Caracterização química do solo da área experimental, em Vazante, MG

Característica	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
pH (H <sub>2</sub> O)	4,9	4,7
P (mg dm <sup>-3</sup> )	3,4	1,4
K (mg dm <sup>-3</sup> )	33	24
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,4
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,8	0,6
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,5	0,6
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,8	5,0
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,5	1,0
CTC(t) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,9	1,6
CTC(T) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,3	5,9
V (%)	24	16
m (%)	24	39

As medições de diâmetro a 1,3 m de altura (*dap*) e da altura total (*Ht*) das brotações foram realizadas aos 12, 19, 24, 36 e 48 meses de idade. No tratamento sem desbrota, foi realizada a medição de *dap* e altura apenas dos brotos que apresentavam ângulo de inclinação de até 45° por ocasião da medição, uma vez que aqueles com maior inclinação são, geralmente, eliminados da cepa, naturalmente. Aos 48 meses, foram selecionadas de três a quatro árvores fora da área útil da parcela em cada classe de diâmetro

para abate e cubagem, segundo o método de Smalian. O diâmetro com casca foi medido nas alturas 0 (altura do corte); 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 m e, assim, sucessivamente, a cada dois metros, até a altura total da árvore.

O volume individual com casca foi obtido através de equação volumétrica obtida a partir do modelo de Schumacher e Hall (1933), cuja relação funcional é dada por:  $LnV = \beta_0 + \beta_1(Lndap) + \beta_2(LnHt) + \epsilon$ . A equação foi utilizada para a totalização do volume por parcela experimental e sua conversão para hectare.

Para estimar o crescimento em  $dap$  e  $Ht$  foi ajustado o modelo  $Y_i = \beta_0 + \beta_1 I_i$ , em que  $Y_i$  é o  $dap$  ou  $Ht$ ,  $I_i$  a idade (em meses),  $\beta_0$  e  $\beta_1$  os parâmetros do modelo e  $\epsilon_i$  o erro aleatório  $\epsilon \sim N(0, \sigma^2)$ .

Para estimar o volume ( $m^3 ha^{-1}$ ) em função da idade foi ajustado o modelo Gompertz,  $Y_i = \frac{\alpha}{1 + e^{-\beta I_i}}$ , onde  $Y_i$  é o volume,  $I_i$  a idade (meses) e  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  os parâmetros do modelo.

A qualidade dos ajustamentos foi avaliada com base em critérios usuais: correlação entre valores observados e estimados para o modelo de Gompertz, coeficientes de determinação para os modelos lineares e distribuição dos resíduos.

As equações estimadas para cada tratamento foram comparadas por meio de testes de identidade de modelos, a 5% de probabilidade.

A avaliação da distribuição diamétrica, aos 48 meses de idade, foi feita empregando a função Weibull de dois parâmetros (Murthy et al., 2004), ajustada para dados agrupados em classes de diâmetro com amplitude de 1 cm. As distribuições estimadas para os tratamentos foram comparadas pelo procedimento estatístico proposto por Leite e Oliveira (2002), a 5% de probabilidade.

O índice de área foliar ( $IAF$ ) do povoamento foi estimado aos 12 e 36 meses de idade da brotação, utilizando-se dois sensores modelo LI-2050, conectados a dataloggers LI-2000 da marca LI-COR. Um dos sensores foi instalado em área aberta próximo ao povoamento e o outro utilizado para medições no interior deste, a 0,5 m da superfície do solo. As leituras ocorreram ao amanhecer e ao anoitecer, sob radiação solar difusa. As medições no interior do povoamento foram tomadas entre a segunda e

terceira cepa na linha, em três posições, na linha e na entrelinha de plantio. Para a avaliação no sentido da linha de plantio foi tomado um ponto na posição intermediária entre as plantas, e, na entrelinha, foram realizadas medições a 2,5 m (ponto 2) e 5,0 m (ponto 3) das cepas, na entrelinha de plantio (Figura 1).

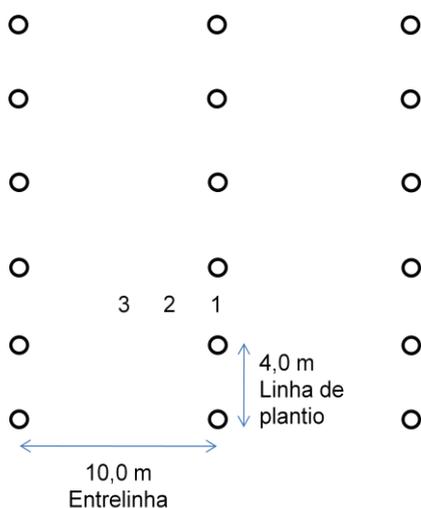


Figura 1- Localização dos pontos de tomada de leitura do índice de área foliar (pontos 1 a 3) tendo como referência a linha e a entrelinha de plantio, em povoamento de eucalipto do clone 06, no arranjo 10 x 4 m, em Vazante, MG.

A avaliação dos dados de *IAF* foi feita através de análise de variância e teste de Duncan ( $\alpha = 5\%$ ).

### 3- Resultados

#### 3.1- Sobrevivência das cepas e número de brotos

A sobrevivência das cepas foi superior a 97%, exceto quando houve condução para um broto, que foi de 60%, aos 48 meses após o corte das árvores (Tabela 3).

O número de brotos por cepa decresceu com a idade para todos os tratamentos de desbrota (Tabela 3). Quando não houve desbrota, obtiveram-se 12 brotos por cepa aos 12 meses e, aos 48 meses, este número caiu cerca de 43%, permanecendo, ainda com número elevado de brotos por

cepa (6,8 brotos). A média de brotos foi de apenas 0,6 para o tratamento de desbrota para um broto e, 1,5 brotos quando houve a desbrota para dois brotos, tendo ocorrido mortalidade de brotos de 40 e 25%, respectivamente. A desbrota para três e quatro brotos, ou, para número variável de brotos, aos 48 meses, resultou em 13,3, 10 e 6,4% de mortalidade dos brotos, respectivamente.

Tabela 3- Sobrevivência de cepas e número médio de brotos em povoamento do clone 06 de eucalipto, no arranjo 10 x 4 m, até a idade de 48 meses, em Vazante, MG.

Tratamentos	Idade (meses)				
	12	19	24	36	48
	-----Sobrevivência (%)-----				
1B	77	60	60	60	60
2B	97	97	97	97	97
3B	100	100	100	100	100
4B	100	100	97	97	97
NVB	100	100	100	100	100
SD	97	97	97	97	97
	-----Número médio de brotos-----				
1B	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6
2B	1,7	1,5	1,5	1,5	1,5
3B	2,9	2,6	2,6	2,6	2,6
4B	3,8	3,6	3,6	3,6	3,6
NVB	4,7	4,4	4,4	4,4	4,4
SD	12,0	10,1	7,2	6,9	6,8

<sup>1</sup>B: broto; NVB: número variável de brotos; SD: sem desbrota

### 3.2- Estimativa de crescimento em diâmetro e altura

As equações estimadas para diâmetro e altura apresentaram coeficientes de correlação entre valores observados e valores estimados superiores a 0,90 ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4). Após a aplicação de um teste de identidade de modelo para diâmetro, verificou-se que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as equações obtidas para os tratamentos com condução de quatro brotos e número variável de brotos. Assim, uma única equação foi gerada para representar o crescimento em diâmetro em função da idade (Figura 2). Para os demais tratamentos, as equações foram

diferentes ( $p \leq 0,05$ ). Os tratamentos com condução de um e dois brotos foram os que apresentaram maiores valores de diâmetro (13,7 cm e 11,7 cm, respectivamente), enquanto o tratamento sem desbrota apresentou os menores valores (6,8 cm), aos 48 meses de idade.

Tabela 4- Coeficientes de ajuste para diâmetro (*dap*) e altura total (m), para brotações do clone 06 de eucalipto, no arranjo 10 x 4 m, em Vazante, MG.

Trat.	----- <i>dap</i> (cm)-----				-----Altura total (m)-----			
	$\beta_0^{(2)}$	$\beta_1^{(2)}$	$r_{y,y}^{(3)}$	$S_{y,x}^{(4)}$	$\beta_0^{(2)}$	$\beta_1^{(2)}$	$r_{y,y}^{(3)}$	$S_{y,x}^{(4)}$
1B <sup>1</sup>	2,9359	-15,1927	0,9698	0,0903	3,0701	-18,1027	0,9609	0,1172
2B	2,7882	-15,9623	0,9782	0,0801	3,0701	-18,1027	0,9609	0,1172
3B	2,4750	-11,4065	0,9640	0,0743	3,0701	-18,1027	0,9609	0,1172
4B	2,3203	-11,6880	0,9271	0,1076	2,7294	-13,6192	0,9387	0,1126
NVB	2,3203	-11,6880	0,9271	0,1076	2,7294	-13,6192	0,9387	0,1126
SD	2,1963	-13,3955	0,9857	0,0540	2,7294	-13,6192	0,9387	0,1126

<sup>1</sup>B: brotos; NVB: número variável de brotos; SD: sem desbrota; <sup>(2)</sup> $\beta_0$  e  $\beta_1$  = parâmetros do modelo linear; <sup>(3)</sup> $r_{y,y}$  = coeficiente de correlação; <sup>(4)</sup> $S_{y,x}$  = erro-padrão residual.

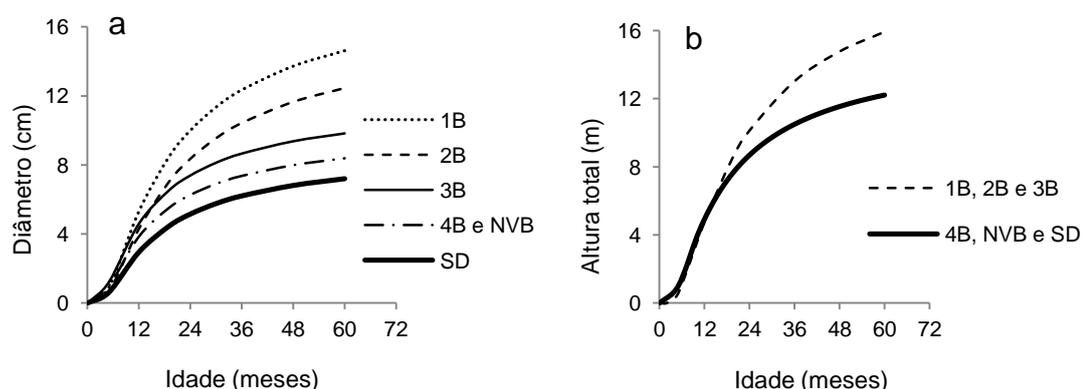


Figura 2- Curvas de crescimento em diâmetro (cm) (a) e altura total (m) (b) de brotações do clone 06 de eucalipto, no arranjo 10 x 4 m, em Vazante, MG. Em que: B = brotos; NVB: número variável de brotos; SD: sem desbrota.

Foi estimada uma equação comum para altura, para os tratamentos com desbrota para um, dois e três brotos e, outra, para os tratamentos com condução de quatro brotos, número variável de brotos e sem desbrota, uma vez que não houve diferença em altura ( $p > 0,05$ ) pelo teste F (Figura 2). Através das alturas projetadas, observaram-se maiores valores (14,7 cm) para os tratamentos com menores números de brotos por cepa, aos 48 meses de idade.

### 3.3- Distribuição diamétrica

Através da análise de distribuição diamétrica, aos 48 meses de idade, verificou-se que os tratamentos que sustentam maior número de brotos por cepa (condução de quatro e número variável de brotos, e sem desbrota) apresentam alta frequência de indivíduos (brotos) por hectare em menores classes de diâmetro, e aqueles com condução de menor número de brotos geraram curvas com predomínio de maiores classes de diâmetro (Figura 3). Todas as distribuições foram diferentes duas a duas ( $p \leq 0,05$ )

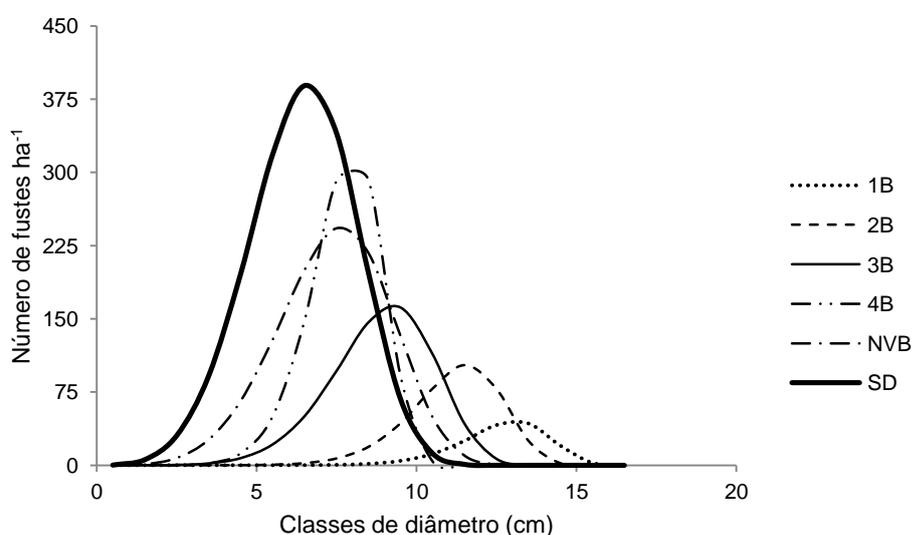


Figura 3- Número de brotos (fustes) por classe de diâmetro de brotações do clone 06 de eucalipto, no arranjo 10 x 4 m, em Vazante, MG.

### 3.4- Estimativa de crescimento em volume

A estimativa de produção em volume ( $m^3 ha^{-1}$ ) aumentou com o número de brotos, sendo o tratamento sem desbrota superior aos demais, com valor assintótico máximo de  $34,20 m^3 ha^{-1}$ . Com a condução de um broto por cepa a produção máxima foi de apenas  $14,50 m^3 ha^{-1}$ , apresentando valor 57,5% menor em relação ao tratamento sem desbrota (Tabela 3).

Através do teste de identidade de modelos foi possível constatar que entre os tratamentos com condução de três, quatro e número variável de brotos não foi encontrada diferença para volume ( $p > 0,05$ ) sendo, assim,

estabelecida uma única equação estimada para estes tratamentos. A produção máxima obtida para estes tratamentos foi de  $28,90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , volume ligeiramente superior ao da desbrota para dois brotos, em que o valor assintótico máximo foi de  $27,30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , ou seja, 15% e 20% menor que a produção máxima do tratamento sem desbrota, respectivamente (Figura 4).

Tabela 5- Coeficientes de ajuste para volume ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) para brotações do clone 06 de eucalipto, no arranjo  $10 \times 4 \text{ m}$ , em Vazante, MG.

Tratamento	Volume ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )				
	$\alpha^{(2)}$	$\beta^{(2)}$	$\gamma^{(2)}$	$r_{\hat{y},y}^{(3)}$	$S_{y,x}^{(4)}$
1B	14,5391	1,9587	0,1113	0,8800	2,6288
2B	27,3358	2,0147	0,0981	0,9793	1,9045
3B	28,8713	1,8924	0,1192	0,8102	5,3950
4B	28,8713	1,8924	0,1192	0,8102	5,3950
NVB	28,8713	1,8924	0,1192	0,8102	5,3950
SD	34,1592	2,1246	0,1579	0,9533	3,1982

<sup>1</sup>B: brotos; NVB: número variável de brotos; SD: sem desbrota; <sup>(2)</sup> $\beta_0$  e  $\beta_1$  = parâmetros do modelo linear; <sup>(2)</sup> $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  = parâmetros do modelo Gompertz; <sup>(3)</sup> $r_{\hat{y},y}$  = coeficiente de correlação; <sup>(4)</sup> $S_{y,x}$  = erro-padrão residual.

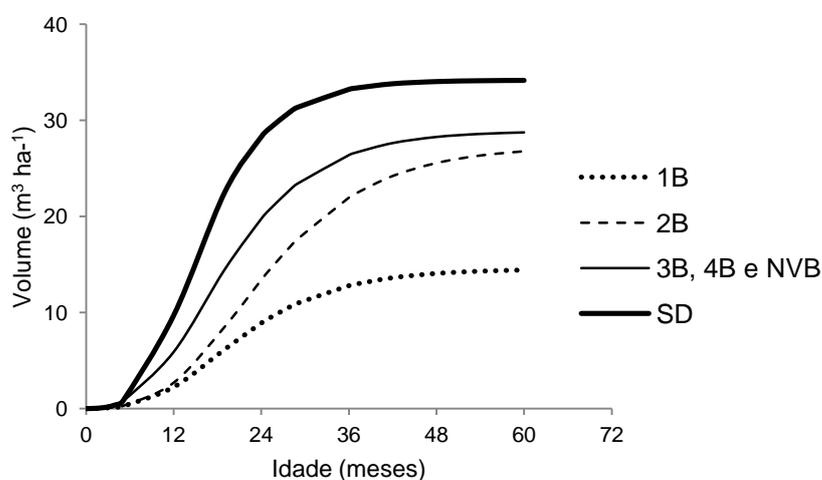


Figura 4- Curvas de produção ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) de brotações do clone 06 de eucalipto, no arranjo  $10 \times 4 \text{ m}$ , em Vazante, MG. Em que: B: broto; NVB: número variável de brotos; SD: sem desbrota.

O *IMA* máximo do tratamento sem desbrota foi de  $14,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , com a interseção das curvas de *IMA* e *ICA* ocorrendo aos 21 meses de idade. A condução da brotação para número reduzido de brotos por cepa resultou em maior idade técnica de corte (*ITC*), sendo que para a desbrota

para dois brotos a *ITC* ocorreu aos 32 meses, com *IMA* máximo de  $7,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (Figura 5).

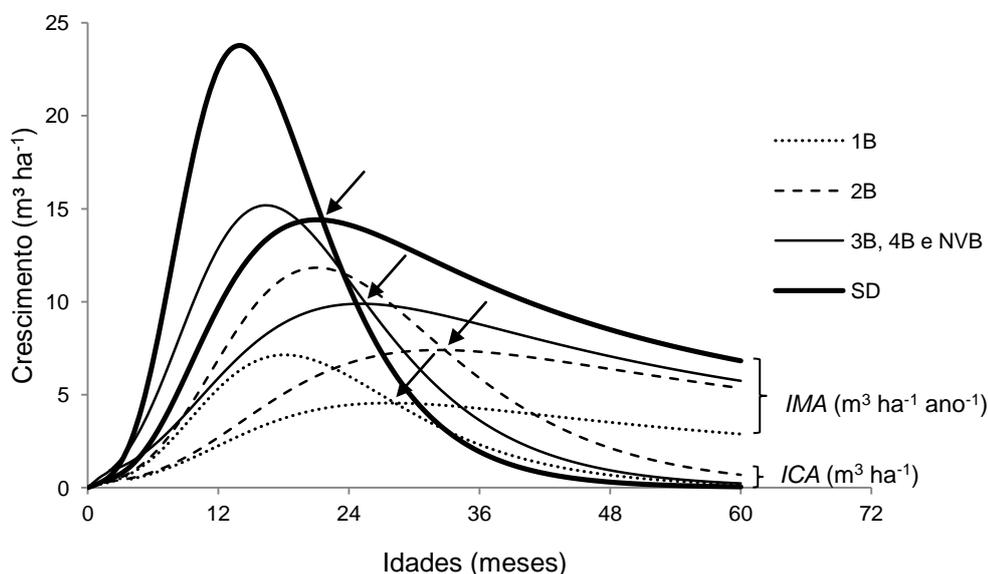


Figura 5- Incremento médio anual (*IMA*) e incremento corrente anual (*ICA*) de brotações do clone 06 de eucalipto, no arranjo 10 x 4 m, em Vazante, MG. Em que: B: broto; NVB: número variável de brotos; SD: sem desbrota.

### 3.5- Índice de área foliar

Aos 12 meses de idade, foi observada redução do *IAF* com o aumento da distância em relação à linha de plantio para todos os tratamentos (Tabela 4). Essa tendência de redução do *IAF* foi mais acentuada quando não houve desbrota, com valores de 0,89 na linha de plantio e de 0,38 a 5,0 m da linha de plantio. Os tratamentos com quatro brotos e número variável de brotos apresentaram valores intermediários de *IAF*, tendo sido inferiores a 0,49 na linha de plantio e, com a condução para um, dois e três brotos, os valores de *IAF* na linha de plantio foram inferiores a 0,33 na linha de plantio, sendo que a 5 m da linha de plantio houve redução média para 0,18 para todos os tratamentos de desbrota.

Analisando os pontos de *IAF*, separadamente, através da análise de variância e teste de Duncan a 5% de probabilidade, observou-se que, para as três posições de coleta, o *IAF* do tratamento sem desbrota foi superior aos demais tratamentos e isto se repetiu quando os dados foram analisados

em conjunto, para caracterização do povoamento. Observou-se, ainda, que o número de brotos conduzidos em cada cepa não influenciou o *IAF* nas medições obtidas na entrelinha do plantio ( $p>0,05$ ).

Tabela 6- Índice de área foliar (*IAF*) médio, aos 12 e 36 meses de idade, em povoamento do clone 06 de eucalipto, no arranjo 10 x 4 m, em Vazante, MG, em pontos na linha e na entrelinha de plantio.

Trat.	Idade (meses)										
	12						36				
	1*	2	3	média	1	2	3	média			
1B <sup>1</sup>	0,22 c <sup>2</sup>	0,16 b <sup>2</sup>	0,14 b <sup>2</sup>	0,17 b <sup>2</sup>	0,33 <sup>3</sup>	0,28 <sup>3</sup>	0,33 <sup>3</sup>	0,31 <sup>3</sup>			
2B	0,33 bc	0,19 b	0,16 b	0,23 b	0,39	0,34	0,32	0,35			
3B	0,32 bc	0,21 b	0,19 b	0,23 b	0,40	0,41	0,34	0,38			
4B	0,49 b	0,23 b	0,17 b	0,30 b	0,46	0,39	0,36	0,40			
NVB	0,46 b	0,28 b	0,22 b	0,32 b	0,40	0,37	0,35	0,37			
SD	0,89 a	0,50 a	0,38 a	0,59 a	0,41	0,36	0,40	0,39			
CV(%)	31,7	27,5	19,6	25,0	24,2	26,0	36,2	27,0			

<sup>1</sup> B: brotos; NVB: número variável de brotos; SD: sem desbrota

<sup>2</sup> Mesma letra em cada coluna indica que não existe diferença entre as respectivas médias pelo teste Duncan ( $p>0,05$ ).

<sup>3</sup> Não significativo pelo teste F.

\* Pontos de medição do *IAF*. 1: na linha; 2: na entrelinha a 2,5 m; 3: na entrelinha a 5 m da linha de plantio.

Aos 36 meses de idade, o *IAF* mensurado na linha de plantio e a 2,5 m e 5,0 m de distância da planta, na entrelinha de plantio, para o tratamento sem desbrota, apresentou drástica redução quando comparado com a idade de 12 meses, atingindo valores de 0,36 a 0,40. Os demais tratamentos tiveram índices maiores para as posições tomadas a 2,5 e 5,0 m da planta na entrelinha de plantio em relação à idade de 12 meses. Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos, quando analisados separadamente ou em conjunto (Tabela 4).

#### 4- Discussão

A sobrevivência de cepas aos 48 meses após o corte foi superior a 97%, exceto para o tratamento com um broto por cepa que apresentou sobrevivência de cepas de apenas 60% em razão do tombamento de brotos (Tabela 3). Usualmente, tem sido observada sobrevivência de cepas de eucalipto superior a 80%, em diversas condições de sítio, para vários

genótipos (Graça e Toth, 1990; Higa e Sturion, 1991; Camargo et al., 1997; Klein et al., 1997; Graça et al., 1999). Entretanto, a sobrevivência das cepas varia de acordo com o genótipo, como observado por Souza et al. (2012), em que a sobrevivência variou de 63% a 100 para diferentes clones de eucalipto quando da decepta de plantas jovens em espaçamento convencional.

O tratamento com desbrota para dois brotos apresentou sobrevivência de cepa relativamente alta, mas houve 25% de mortalidade dos brotos. Observações realizadas em campo indicam que a soldadura do broto com a cepa, nesse clone, parece não ser suficientemente completa para resistir à ação de ventos dominantes, comuns na região de estudo. Salienta-se que o tombamento de brotos depende do genótipo, pois, conforme observações em campo e outros estudos (Cacau et al., 2008; Oliveira, 2006) outro clone procedente de *E. camaldulensis* apresenta soldadura do broto satisfatória, com reduzida mortalidade de brotos.

Com a condução de três, quatro e número variável de brotos houve menor mortalidade de brotos indicando que a permanência de maior número destes por cepa oferece maior estabilidade aos mesmos no povoamento, diminuindo a ação dos ventos, principalmente quando em SAF, onde a distância entre linhas de plantio é elevada.

O número médio de brotos foi relativamente alto no tratamento sem desbrota, o que, em certa extensão, já era esperado, uma vez que *Eucalyptus camaldulensis* e seus híbridos, usualmente, apresentam emissão de número elevado de brotos (Higa e Sturion, 1991) com manutenção de elevada sobrevivência destes. Souza et al. (2012) observaram elevada permanência de brotos por cepa para o clone 58 de eucalipto quando não houve a realização de desbrota quando da decepta de plantas jovens.

Cacau et al. (2008) constataram que não há necessidade de desbrota para o clone 58 quando se realiza a decepta de plantas jovens (aproximadamente um ano), sendo que estes autores observaram que o número de brotos no tratamento sem desbrota foi similar ao tratamento com desbrota para três brotos, em razão da supressão natural dos brotos dominados. Em plantas jovens, em razão do reduzido tamanho da cepa e

das raízes, certamente que a capacidade de retenção de brotos é menor do que quando se trata de brotação de árvores adultas.

A manutenção de menor número de brotos/cepa favorece o crescimento em diâmetro dos fustes, em consequência da redução da competição entre esses brotos. A reserva estocada no sistema radicular é alocada para suportar o crescimento dos brotos (Oliveira et al., 1994; Teixeira et al., 2002), sendo que o diâmetro é favorecido quando há número reduzido de brotos, o que mantém o rápido crescimento inicial da brotação. A elevada persistência de brotos quando não houve a desbrota promoveu redução no crescimento em diâmetro sendo que, com o aumento da idade, o valor médio de diâmetro apresentou maiores diferenças quando comparado ao tratamento com desbrota para um broto (50%), aos 48 meses de idade. Paiva et al. (1983) e Simões e Coto (1985) observaram menores diâmetros quando não houve a realização da desbrota em plantios em que a área útil é cerca de dez vezes menor que a do presente estudo.

Uma única equação para *dap* incluindo os tratamentos com condução de número variável de brotos aos 12 meses (NVB) e de quatro brotos aos nove meses (Tabela 4; Figura 2) demonstra que, apesar de se ter número médio de brotos mais elevado no tratamento NVB, não houve comprometimento significativo do seu crescimento em diâmetro médio até a idade de 48 meses. Isto porque foram deixados apenas os brotos com maior potencial de crescimento. Ao deixar um número fixo elevado, a exemplo de quatro brotos, alguns apresentam menor potencial de crescimento, o que é também responsável pela redução do diâmetro médio. É provável que os brotos do tratamento NVB tenham sido favorecidos pela desbrota aos 12 meses, quando ocorre melhor definição dos brotos dominantes e, possivelmente, há menor emissão de brotos pós-desbrota.

Foi observado em campo que, quanto maior o número de brotos por cepa, menor é a emissão de novos brotos pós-desbrota. Há redução na necessidade de eliminação de novas brotações, reduzindo o custo do manejo da brotação porém, Drake et al. (2012) realizaram desbrota para um broto quando a brotação apresentava dois anos de idade em povoamento de *E. globulus* e sugeriram que a prática seja antecipada para evitar perdas de biomassa removida pelos brotos, uma vez que houve remoção de 70% da

biomassa com a desbrota. É importante que seja determinada a melhor idade para a desbrota, de modo a evitar perdas no crescimento ou favorecer a emissão de novas brotações.

Apesar da mesma tendência de crescimento em diâmetro entre os tratamentos NVB e 4B, observou-se, aos 48 meses de idade, maior ( $p \leq 0,05$ ) amplitude de classes de diâmetro no NVB. Isto deve acontecer pelo fato de se ter maior número de fustes por cepa no NVB, variando de três a seis brotos, implicando em competição por recursos de crescimento entre os brotos quando comparado à condução de quatro brotos.

Para os tratamentos com desbrota para menor número de brotos por cepa, obteve-se maior número de indivíduos em maiores classes diamétricas (Figura 3), devido ao reduzido número de fustes por hectare. Em razão do elevado tombamento de brotos, principalmente, com condução de apenas um broto, não é recomendável o manejo por talhadia desse clone para fins de produção de madeira para serraria, quando em SAF.

O efeito da desbrota sobre a altura dos brotos é menor do que sobre o diâmetro (Tabela 4). Para os tratamentos com condução de quatro brotos ou mais houve diferença na altura de 22% quando comparado com os tratamentos com desbrota para menos de três brotos, aos 48 meses de idade (Figura 2). Os resultados sugerem maior crescimento em altura quando se tem menor número de brotos por cepa, devido à redução da competição por recursos de crescimento, quando comparado aos tratamentos com maior número de brotos por cepa.

Souza (2011) não observou diferença ( $p > 0,05$ ) entre tratamentos de planta intacta e decepa com ou sem desbrota, no crescimento em altura em clone híbrido natural de *E. camaldulensis* (clone 910), resultado atribuído à possível maior resistência deste material à seca por possuir sistema radicular estabelecido e mais profundo, favorecendo a absorção de água e nutrientes, e, conseqüentemente o seu crescimento. Porém, Cacao et al. (2008) encontraram diferenças no crescimento para altura quando foram comparados os resultados de diferentes idades e intensidades da desbrota em plantas decepadas jovens do clone 58.

A maior estimativa de produção ( $m^3 \text{ ha}^{-1}$ ), até 48 meses, foi observada quando não houve desbrota (Tabela 5; Figura 4), devido

principalmente ao número elevado de brotos, mas com valores de diâmetro e altura reduzidos. Neste caso, a exploração de toda a biomassa (caule, galhos e folhas) pode ser uma alternativa, para geração de energia elétrica, principalmente, através da peletização ou briquetagem (Granada et al. 2002; Vinterbäck, 2004; Gentil, 2008; Protásio et al., 2011). Porém, a reduzida sustentabilidade do sistema, neste caso de exploração total da parte aérea da planta, pode comprometer a produtividade das rotações subsequentes, em decorrência de perdas de nutrientes pela remoção na biomassa, além de perdas associadas ao solo e água (Beutler et al., 2003, Leite et al., 2011, Silva et al., 2011). Um tipo semelhante de exploração ocorre em povoamentos de curtas rotações manejados por talhadia em *Salix* spp, em que a biomassa explorada é reduzida a pequenas dimensões e, então, compactada em fardos, diminuindo o custo com transporte (Caslin et al., 2010).

Souza (2011) não verificou diferença entre os tratamentos de decepa ( $p > 0,05$ ) em plantas jovens para potencial energético em diferentes clones, ou seja, é possível visar a produção de biomassa para energia em rotações curtas sem haver necessidade da realização da desbrota.

Os tratamentos com três, quatro e número variável de brotos apresentaram a mesma tendência de crescimento, com diferença na produção em apenas 15% em relação ao sem desbrota, com a vantagem de obter diâmetro de maiores dimensões. Estes tratamentos apresentam a estimativa de produção máxima semelhante à assíntota máxima do tratamento com dois brotos, entretanto, como houve alto tombamento de brotos pela ação de ventos, o manejo de talhadia com a condução de dois brotos torna-se inviável para o material genético em estudo.

A condução de três brotos por cepa por ter maior crescimento em diâmetro é recomendável para o material genético em estudo, e ainda há a possibilidade de realizar uma nova desbrota para um broto, destinando a madeira para produção de madeira serrada ou postes. Desta forma, operações de desrama podem ser necessárias para obter madeira livre de nós.

Os *IMA's* máximos relativamente reduzidos observados neste estudo podem estar relacionados a quantidade reduzida de reservas na cepa,

inadequação da adubação na primeira rotação bem como da brotação, deficiência hídrica do solo e ataque de insetos, em especial, o psílídeo. Salienta-se ainda o pequeno número de covas por hectare, com brotos (fustes) de diâmetro pequeno.

A elevada taxa de crescimento inicial das brotações se deve, principalmente, às reservas orgânicas presentes no sistema radicular e, por este estar estabelecido, facilita a aquisição de nutrientes e água de um volume maior de solo (Reis e Kimmins, 1991; Tschaplinski e Blake, 1994; Crombie, 1997; Philippot, 1996; Whittock et al. 2004; Walters et al., 2005; Graciano et al, 2008). Estudos têm mostrado que o corte das árvores realizado após um período de crescimento reduzido, em razão de redução na temperatura e ocorrência de déficit hídrico, promove maior vigor das brotações (Perrando e Corder, 2006; Oliveira et al., 2008), devido ao aumento e acúmulo de reservas no sistema radicular das plantas (Nelson e Dickson, 1981; Hall e Wray, 1998).

A queda de brotos devido à ação dos ventos em janeiro de 2007 requerendo a remoção de toda brotação para permitir nova emissão de brotos em período de intenso crescimento pode ter contribuído para a baixa produtividade da brotação, uma vez que deve ter havido depleção parcial de reservas da planta. O reduzido crescimento da brotação pode, ainda, estar relacionado com a adubação inadequada do povoamento. A adubação deve ser realizada para manter ou elevar a produtividade do sistema (Mazurana et al., 2011). Os solos da região apresentam baixa fertilidade (Tabela 2) e usualmente, a recomendação de adubação da brotação utilizando programas específicos para esse objetivo indica baixo requerimento de nutriente para a brotação. Os resíduos da colheita deixados na área são importantes, pois representam uma importante fonte de nutrientes principalmente no primeiro ano de estabelecimento das plantas (Mendham et al., 2003; Graciano et al. 2008), inclusive dos brotos (Miranda et al., 1998).

As brotações apresentam sensibilidade à deficiência hídrica, fechando rapidamente seus estômatos (Reis e Hall, 1986), comprometendo a fixação de carbono, o que pode influir negativamente na produção dos povoamentos manejados por talhadia em ambientes de deficiência hídrica (Reis e Reis, 1991; Wildy et al., 2004), o que ocorre na região do presente estudo. Por

apresentarem, em geral, superfície de absorção e condutância estomática elevada (Reis e Hall, 1986; Reis e Reis, 1997; Combrie, 1997), perdem água por transpiração superior em relação a plantas intactas, resultando em redução do estado hídrico da planta e conseqüentemente de seu crescimento (Drake et al., 2012). Desta forma, Shipek et al. (2004) recomendam a condução de um broto por cepa em plantações de *Quercus emoryi* devido à minimização das perdas de água por transpiração e otimização da produção de lenha. Porém, Drake et al. (2012) observaram maior eficiência do uso da água por parte de brotações nos períodos iniciais de crescimento quando comparado a mudas de primeira rotação.

O ataque ao povoamento por *Glycaspis brimblecombei* (psilídeo-de-concha), quando as brotações se encontravam com aproximadamente 36 meses de idade, pode ter afetado a produtividade do povoamento. Este inseto ataca as partes juvenis das plantas, promovendo deformação do limbo foliar e seca de ponteiros. Sua excreção, rica em polissacarídeos favorece o estabelecimento de fumagina *Capnodium citri* (fungo preto que se forma sobre o limbo da folha) (Dreistadt e Dahlsten, 2001; Wilcken et al., 2003). *E. camaldulensis* é susceptível ao ataque de psilídio (Wilcken et al., 2003; Alfnas et al., 2004) e, devido a sua instalação no limbo foliar, as conchas e a fumagina reduzem a área fotossintética das plantas com conseqüente comprometimento do crescimento das plantas (Carne e Taylor, 1984), e da produtividade do povoamento.

O uso de espaçamentos amplos permite a implantação de culturas agrícolas ou pastagens na entrelinha e, portanto, é de grande relevância informações sobre índices que permitam quantificar a disponibilidade de radiação para as culturas do consórcio.

Os valores de *IAF* foram relativamente baixos, especialmente com a desbrota, tendo sido observada tendência de decréscimo do *IAF* com o aumento da distância em relação à linha de plantio, aos 12 meses de idade (Tabela 6), o que é importante porque permite obter maior produção da cultura agrícola do consórcio. Porém, apesar dos valores de *IAF* relativamente elevados na linha de cepas, no tratamento sem desbrota, a cultura do consórcio poderá ser estabelecida, uma vez que na entrelinha os valores foram inferiores a 0,50. Neste tratamento, os brotos dominados

começam a tombar-se na direção da linha e da entrelinha, razão de se ter maior valor de *IAF* na direção da linha/entrelinha, em comparação com os tratamentos com desbrota.

Oliveira et al. (2008) observaram que a área foliar de povoamento de eucalipto, aos 15 meses de idade, foi maior quando não houve a realização da desbrota em plantas jovens decepadas. Cacau (2008) constatou que o *IAF* na linha de plantio em tratamentos de decepta sem a realização de desbrota, em que os brotos apresentavam idades de 12 ou 15 meses, foi superior ao de plantas intactas com 24 meses de idade, demonstrando que, nessa idade, a brotação já ocupava inteiramente o espaço existente entre plantas na linha de plantio, diminuindo a entrada de radiação. Os valores reduzidos de *IAF* estimados na entrelinha de plantio nos tratamentos em que houve desbrota possibilitam maior incidência de radiação solar na parte central (nas entrelinhas), permitindo o acréscimo de um ou até dois ciclos de culturas agrícolas, a depender da época da desbrota.

O aumento do *IAF* aos 36 meses de idade em comparação com 12 meses, para os tratamentos com desbrota, denota continuidade no crescimento dos brotos. Por outro lado, o seu decréscimo quando não houve desbrota é consequência da eliminação natural dos brotos dominados, já que houve redução de 12 para 6,8 brotos. Estes brotos dominados tombam na direção da entrelinha, explicando o *IAF* maior na entrelinha, aos 12 meses. Em outros trabalhos foi observada diminuição do *IAF* com o aumento da idade (Xavier et al., 2002; Cacau, 2008; Paula, 2011) possivelmente em função das avaliações terem sido realizadas após o fechamento do dossel, ou após a intensificação de competição entre brotos na mesma cepa, quando usualmente ocorre declínio do *IAF*.

Com entrelinha de plantio de 10 m, ainda não deve existir competição intensa por luz ou outros recursos de crescimento entre plantas de linhas diferentes de plantio, não devendo ser suficiente para promover abscisão foliar. No entanto, na análise do sistema de talhadia em SAF, há que se considerar que o fechamento de dossel não será completo na entrelinha, mas existe competição entre brotos na mesma cepa ou entre cepas na mesma linha. Oliveira (2006) observou aumento significativo no *IAF* com a redução da distância entre plantas na linha de plantio.

## 5- Conclusões

A desbrota do clone estudado para um ou dois brotos não é recomendável em razão dos brotos serem susceptíveis a tombamento, implicando em baixa produção.

A desbrota para três brotos é recomendável em sistemas agroflorestais para o clone estudado porque há produção de madeira de maior diâmetro e maior transmitância de radiação solar nas entrelinhas do plantio, favorecendo a cultura agrícola e, ou, a pastagem.

A produção de madeira para energia em SAF pode ser obtida sem a realização da desbrota, em rotação curta. Porém, em razão de se ter maior índice de área foliar, recomenda-se utilizar cultura do consórcio com menor requerimento de luz para ser estabelecida na segunda estação de crescimento.

## 6- Referências bibliográficas

ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 1 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2004. 442 p.

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.

BEUTLER, J.F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L.P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho Aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.509-517, 2003.

BLAKE, T.J. Studies on the lignotubers of *Eucalyptus obliqua* l'Herit. **New Phytologist**, v.71, p.227-334, 1972.

BLAKE, T.J. Coppice systems for short-rotation intensive forestry: the influence of cultural, seasonal and plant factors. **Australian Forest Research**, v.3, n.3-4, p.279-291, 1983.

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.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; ALVES, F.F.; SOUZA, F.C. 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.

CARNE, P.B.; TAYLOR, K. Insect pest. In: Hillis, W. E; Brown, A.G. ***Eucalyptus* for wood production**. 2 ed. Melbourne: CSIRO, Academic Press, 1984, p. 155-168.

CASLIN, B; FINNAN, J.; McCracken, A. **Short rotation coppice willow - best practice guidelines**. 2011. Disponível em: <[http://www.teagasc.ie/forestry/docs/financial\\_info/BioenergyScheme2011BestPracticeSRCWillow.pdf](http://www.teagasc.ie/forestry/docs/financial_info/BioenergyScheme2011BestPracticeSRCWillow.pdf)> Acesso em: 16 de janeiro de 2012.

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

COUTO, H.T.Z; MELLO, H.A; SIMÕES, J.W; VENCOSKY, R. Condução da brotação de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, n.7, p.115-123, 1973.

DRAKE, P.L.; MENDHAM, D.S.; WHITE, D.A.; OGDEN, G.N. A comparison of growth, photosynthetic capacity and water stress in *Eucalyptus globulus* Labill. coppice regrowth and seedlings during early development. **Tree Physiology**, v.29, n.5, p.663-674, 2009.

DRAKE, P. L.; MENDHAM, D. S. WHITE, D. A.; OGDEN, G. N.; DELL, B. 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.

DREISTADT, S.H.; DAHLSTEN, D.L. Pest notes: Psyllids. **Agriculture and Natural Resources Publication**, n. 7423, p. 1-6, 2001.

GENTIL, L.V.B. **Tecnologia e economia do briquete de madeira**. 2008. 195f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Distrito Federal.

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. Rebrotas 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.

GRACIANO, C.; GOYA, J.F.; ARTURI, M.; PÉREZ, C.; FRANGI, J.L. Fertilization in a fourth rotation *Eucalyptus grandis* plantation with minimal management. **Journal of Sustainable Forestry**, v.26, n.2, p.155-169, 2008.

GRANADA, E.; LÓPEZ GONZÁLEZ, L.M.; MÍGUEZ, J.L.; MORAN, J. Fuel lignocellulosic briquettes, die design and products study. **Renewable Energy**, v.27, n.4, p. 561-573, 2002.

HALL, R.B.; WRAY, P.H. **Coppice management of Iowa hardwoods**. Ames: Iowa State University, 1998. 4p. (Forestry Extension Notes, F-327).

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.

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.

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.

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.

KHOURI, E.A.; ÁLVAREZ, P.A.; LÓPEZ, M.J.F.; PRENDES, J.A.O.; OBREGÓN, A.C. Influence of climate, edaphic factors and tree nutrition on site index of chestnut coppice stands in north-west Spain. **Forestry**, v.84, n.4, p. 385-396, 2011.

KLEIN, J.E.M.; BORTOLAS, E.P.; ASSIS, T.F.; PERRANDO, E.R. 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.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. NEVES, J.C.L. VILLANI, E.M.A. Nutrient relations during an eucalyptus cycle at different population densities. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.3, p.949-959, 2011.

LEITE, H.G.; OLIVEIRA, F.L.T. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, n.7-8, p.1105-1118, 2002.

LUOSTARINEN, K.; HUOTARI, N.; TILLMAN-SUTELA, E. Effect of regeneration method on growth, wood density and fibre properties of downy birch (*Betula pubescens* Ehrh.). **Silva Fennica**, v.43, n.3, p.329-338, 2009.

MAZURANA, M; BAPTISTA, J.; LEVIEN, R.; CONTE, O. Balanço de nutrientes em povoamento de *Eucalyptus saligna* implantado sobre Cambissolo Háplico no RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.9, p.924-930, 2011.

MENDHAM, D.S.; O'CONNELL, A.M.; GROVE, T.S.; RANCE, S.J. Residue management effects on soil carbon and nutrient contents and growth of second rotation eucalypts. **Forest Ecology and Management**, v.181, n.3, p.357-372, 2003.

MIRANDA, G.A.; BARROS, N.F. de; LEITE, H.G.; COUTO, L.; MOACIR, N.F. Produtividade de povoamento de eucalipto em regime de talhadia, em função da adubação parcelada, no Vale do Jequitinhonha, MG. **Revista Árvore**, v.22, p.51-60, 1998.

MURTHY, D.N.P.; XIE, M.; JIANG, R. **Weibull Models**. New Jersey: Wiley Interscience, 2004. 383p.

NELSON, E.A.; DICKSON, R.E. Accumulation of food reserves in cottonwood stems during dormancy induction. **Canadian Journal of Forest Research**, v.11, n.1, p.145-154, 1981.

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.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; XAVIER, A.; STOCKS, J.J. 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, V.A.B.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; LEAL, P.G.L. Raízes e tocos de mudas de *Eucalyptus* como fonte de nutrientes para as brotações. **Revista Árvore**, v.18, p.22-32, 1994.

PAIVA, H.N.; PAULA NETO, F.; BRANDI, R.M.; VALE, A.B. 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. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PERRANDO, E.R.; CORDER, M.P.M. Rebrotas de cepas de *Acacia mearnsii* em diferentes idades, épocas do ano e alturas de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.555-562, 2006.

PHILIPPOT, S. Simulation models of short-rotation forestry production and coppice biology. **Biomass and Bioenergy**, v.11, n.2-3, p.85-93, 1996.

PROTÁSIO, T.P.; ALVES, I.C.N.; TRUGILHO, P.F.; SILVA, V.O.; BALIZA, A.E.R. Compactação de biomassa vegetal visando à produção de biocombustíveis sólidos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.31, n.68, p.273-283, 2011.

PUKKALA, T.; POHJONEN, V. Yield models for *Eucalyptus globulus* fuelwood plantations in Ethiopia. **Biomass**, n.21, p.129-143, 1990.

REIS, G.G.; HALL, A.E. Respostas de brotações de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. submetidos a diferentes níveis de deficiência hídrica. **Revista árvore**, v.10, n.1, p.16-26, 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.; REIS, M.G.F. Respostas estomáticas e mudanças nos níveis de reservas de plantas intactas e de brotações de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. submetidas à deficiência hídrica no solo. **Revista Árvore**, v.15, n.2, p.112-25, 1991.

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.112-125, 1986.

SHIPEK, D.C.; FFOLLIOTT, P.F.; GOTTFRIED, G.J.; DEBANO, L.F. 2004. **Transpiration and multiple use management of thinned emory oak coppice**. Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 8 p.

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

SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI, J. C. LEITE, F. P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce. **Ciência Florestal**, v.21, n.4, p.765-776, 2011.

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.

SOUZA, A.J.; ZEN, S; GIBERTONI, P.E.; SANCHEZ, O. A. Observações preliminares de alguns fatores que afetam a brotação do eucalipto. **Circular Técnica IPEF**, Março, n.177, 1991.

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.

SOUZA, F.C.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; ALVES, F.F.; FARIA, R.S.; PEREIRA, M.M. Sobrevivência e diâmetro de plantas intactas e brotações de clones de eucalipto. **Revista Floresta e Ambiente**, v.19, n.1, 2012.

TEIXEIRA, P. C.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C, L.; TEIXEIRA, J. L. *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.; KATIYAR, R.S.; BALAK RAM; MISRA, P.N. 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.

TSCHAPLINSKI, T.J.; BLAKE, T.J. Carbohydrate mobilization following shoot defoliation and decapitation in hybrid poplar. **Tree Physiology**, v. 14, n.2, p. 141-151, 1994.

VINTERBÄCK, J. Pellets 2002: the first world conference on pellets. **Biomass and Bioenergy**, v.27, n.6, 513-520, 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.

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, p.195-203, 2005.

WHITTOCK, S.P.; GREAVES, B.L.; APIOLAZA, L.A. A cash flow model to compare coppice and genetically improved seedling options for *Eucalyptus globulus* pulpwood plantations. **Forest Ecology and Management**, v.191, p.267-274, 2004.

WILCKEN, C.F.; COUTO, E.B.; ORLATO, C.; FERREIRA FILHO, P.J.; FIRMINO, D.C. Ocorrência do psílideo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) (Hemiptera: Psyllidae) em florestas de eucalipto no Brasil. **Circular técnica IPEF**, Dezembro, n. 201, 2003.

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.

WILDY, D.T.; PATE, J.S. Quantifying above- and below-ground growth responses of the western Australian oil mallee, *Eucalyptus kochii* subsp. *plenissima*, to contrasting decapitation regimes. **Annals of Botany**, v. 90, p. 185-197, 2002.

## CAPÍTULO 2

### CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE POVOAMENTO DE CLONE DE EUCALIPTO SOB TALHADIA, INTERPLANTIO E REFORMA

**Resumo** - O crescimento, a produção e o índice de área foliar em povoamento do clone 06 (híbrido natural de *Eucalyptus camaldulensis*) foram estudados quando do manejo por talhadia, interplântio e reforma, em Vazante, MG (17°36'09"S e 46°42'02"W e altitude de 550 m). O experimento foi estabelecido em Delineamento Inteiramente Casualizado, com três repetições e seis tratamentos, a saber: sem desbrota; desbrota para um ou dois brotos aos nove meses de idade; desbrota para um ou dois brotos aos nove meses de idade, para o clone 06, com plantio de uma linha do clone 58 (híbrido de *E. camaldulensis* X *E. tereticornis*) na entrelinha do povoamento; e reforma do povoamento, com eliminação total da brotação e o plantio de duas linhas do clone 58 entre as linhas de cepas. Aos 48 meses de idade, as plantas do clone 58, no interplântio, apresentaram crescimento menor em diâmetro (*dap*) e altura total em relação a brotação. A maior estimativa em *dap* foi observada quando foi conduzido um broto por cepa, porém este tratamento apresentou o menor volume. A altura média das plantas do clone 58 (alto fuste) e do clone 06 (brotos) foi pouco influenciada pelos tratamentos. A maior produção foi observada quando houve a reforma do povoamento, com o plantio de duas linhas do clone 58. Não houve diferença ( $p>0,05$ ) para as tendências de crescimento em volume por hectare entre os tratamentos com condução de dois brotos e o plantio de uma linha com plantas do clone 58 com a condução de um broto por cepa. O índice de área foliar aumentou com a idade, exceto quando não houve a desbrota e, aos 36 meses não foi encontrada diferença entre os tratamentos ( $p>0,05$ ). O tratamento sem desbrota é recomendado para a geração de madeira para energia, em rotações curtas, com a vantagem de possibilitar o plantio de culturas agrícolas na entrelinha do povoamento. Porém, quando não se pretende manter o SAF, é recomendada a reforma do povoamento visando maior produção de madeira com maiores diâmetros.

**Palavras-chave:** Brotação, adensamento de plantio, reflorestamento

**Abstract** – Growth, production and leaf area index were studied after harvesting a stand established with the clone 06 (natural hybrid of *Eucalyptus camaldulensis*), in a 10 x 4 m spacing, under coppice, interplanting and stand renewal management, in Vazante, Minas Gerais State, Brazil (17°36'09"S and 46°42'02"W and 550 m altitude). The treatments included: no sprout thinning and thinning to one or two sprouts nine months after tree harvesting, maintaining the agroforestry system; interplanting with one row of clone 58 (*E. camaldulensis* X *E. tereticornis*) between two stump rows that were thinned to one or two sprouts per stump at nine months and, stand renewal by planting two rows of the clone 58 between the rows of stumps, both with agroforestry system (AGF) exclusion. At 48 months, clone 58 from interplanting presented smaller growth in diameter and total height as compared to the sprouts. The highest diameter and lowest volume per hectare estimates were observed for the one sprout per stump treatment, in the AGF. The treatments did not affect ( $p>0.05$ ) the mean height of clone 58 plants and of the clone 06 coppice sprouts. The largest volume per hectare was reached by planting two rows of the clone 58 between the stump rows (stand renewal). Volume growth curve when two sprouts per stump was maintained, without interplanting, was similar to the one sprout per stump, when interplanted with one line of clone 58 between two rows of stump ( $p>0.05$ ). The leaf area index increased with age, except when there was no sprout thinning and, at 36 months, there were no differences ( $p>0.05$ ) among treatments. No sprout thinning is recommended for the production of wood for energy in short rotations with the advantage of providing space for the consortium with agricultural crops. Stand renewal with stump removal should be adopted to obtain greater wood production if there is no interest on the consortium.

**Keywords:** coppice, density increase of planting, reforestation

## 1. Introdução

Os genótipos de eucalipto utilizados atualmente em plantios florestais apresentam elevada produtividade. Em razão disso houve o aumento da reforma de povoamentos visando substituição de materiais genéticos de baixa produtividade.

Recentemente tem crescido o interesse pelo manejo por talhadia desses povoamentos de eucalipto de maior produtividade. Além do mais, com a recente crise econômica mundial e as incertezas do mercado de produtos de base florestal, houve redução na expansão dos plantios, aumentando o interesse no manejo por talhadia (Souza, 2011).

A reforma de um povoamento de eucalipto se baseia na diferença de produtividade entre o material genético já estabelecido e aquele a ser utilizado; no potencial de produção do povoamento a ser manejado por talhadia, com base nas falhas de plantio e sobrevivência de cepas e, na relação custo/benefício do plantio em comparação com o manejo por talhadia (Camargo et al., 1997). Segundo Souza et al. (2002), as atividades referentes ao plantio e manutenção apresentam custo bem mais elevado do que quando se faz o manejo da brotação. Porém, estes autores ressaltam a necessidade de se considerar a produtividade da floresta manejada por talhadia e não apenas os custos, tendo relatado que a reforma deveria acontecer após dois cortes nos povoamentos futuros de eucalipto e, a depender de tecnologias a serem utilizadas no manejo da brotação para aumentar a sua produtividade, haveria possibilidade de se obter três cortes.

Os povoamentos de eucalipto altamente produtivos e de elevado vigor na primeira rotação certamente irão apresentar maior crescimento das brotações. E uma das vantagens de se utilizar a talhadia está associada à presença de um sistema radicular já estabelecido, que constitui fonte de reservas para o crescimento dos brotos e favorece a utilização de nutrientes do solo (Blake, 1983; Reis e Kimmins, 1986; Tschaplinski e Blake, 1995; Teixeira et al., 2002; Kabeya e Sakai, 2005; Walters et al., 2005).

Atualmente, as empresas têm priorizado a redução de espaçamento dos plantios florestais, utilizando rotações mais curtas visando aumento da produção, quando a destinação da madeira é para geração de energia

elétrica. Neste caso, os SAF, em que os espaçamentos são amplos, com menor número de árvores por unidade de área, estariam em contramão, uma vez que favorecem o crescimento em diâmetro e em volume individual (Harrington et al., 2009; Clark III et al., 2008; Kruschewsky et al., 2007), em detrimento da produção, em ciclo de corte mais longo. Ressalta-se que nestes sistemas há que se considerar o retorno das demais culturas do consórcio ou da pastagem.

Existe extensa área na região de cerrado de Minas Gerais com plantio de eucalipto em SAF, que está sendo atualmente explorada e, o manejo de brotações neste sistema ainda é uma incógnita. Para a manutenção de parte da área estabelecida em SAF haveria necessidade de realizar manejo adequado da brotação do eucalipto, visando produção elevada e, ou, brotações com maior diâmetro visando a produção de madeira para serraria ou postes, o que não tem sido usual. Considerando a necessidade de produção de madeira para energia, o interplântio ou reforma, com aumento do número de plantas por unidade de área, bem como o manejo da brotação com maior número de fustes, pode ser a alternativa para atingir maior produção de madeira.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento e a produção de brotações de clone de eucalipto mantendo-se o SAF e comparar com o interplântio, mantendo-se a brotação ou, com a reforma do povoamento, excluindo-se o SAF.

## **2. Material e métodos**

O presente estudo foi realizado em povoamento do clone 06 de eucalipto, híbrido natural de *Eucalyptus camaldulensis*, estabelecido no arranjo espacial 10 x 4 m, em sistema agroflorestal, em área da Votorantim Siderurgia Ltda. (VS), no município de Vazante, localizado na região noroeste do estado de Minas Gerais (17°36'09"S e 46°42'02"W, com altitude de 550 m). A temperatura média anual é de 26,3°C, com precipitação média anual de 1354 mm, apresentando déficit hídrico de 497 mm no período de março a outubro. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do

tipo “AW”, caracterizado por extenso período com baixa precipitação. O tipo de solo predominante na região é o Latossolo Vermelho Distrófico com textura argilosa, e a vegetação predominante é o cerrado, com variações de campo limpo até mata de galeria.

Quando do estabelecimento do povoamento no início da estação chuvosa, foi feita a semeadura do arroz (*Oryza sativa*) e, no ano subsequente, a da soja (*Glycine max*). Na terceira estação chuvosa foi plantada a *Brachiaria brizantha* e, assim que a pastagem foi considerada estabelecida, foi introduzido o gado bovino.

O experimento de manejo da brotação, interplântio e reforma do povoamento foi instalado assim que houve o abate das árvores aos 9 anos após o plantio, em outubro de 2006, e o plantio das mudas do clone 58 (híbrido de *E. camadulensis* X *E. tereticornis*) ocorreu em dezembro de 2006. A madeira de galhos foi removida da área e houve a aplicação de 598 Kg de fosfato reativo por hectare, distribuído em linha, dos dois lados da planta, a dois metros das cepas. Em janeiro de 2007 ocorreu intenso tombamento de brotos devido a ventos fortes no local, sendo que a brotação remanescente foi removida em fevereiro de 2007 para permitir a emissão de nova brotação e sua posterior condução.

Na linha de plantio do clone 58 foi feita subsolagem a uma profundidade de 30-40 cm, com a adição de 150 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato natural reativo. Quando foi realizado o plantio aplicou-se 125 Kg de NPK 10-28-06 + 0,5% de Zn + 0,3% de B por hectare, e 186 Kg de sulfato de amônio por hectare.

Em janeiro de 2012, foram retiradas três amostras de solo na profundidade de 0-20cm e 3 amostras na profundidade de 20-40 cm, compostas de seis sub-amostras cada, extraídas na metade das entrelinhas das brotações, para caracterização química do solo (Tabela 1).

O experimento foi estabelecido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com três repetições, utilizando-se seis tratamentos, que incluem: tratamento sem desbrota; desbrota para um e dois brotos aos nove meses de idade; desbrota para um e dois brotos aos nove meses de idade, para o clone 06, com interplântio de uma linha do clone 58 (híbrido de *E. camadulensis* X *E. tereticornis*) na entrelinha do povoamento, com distância

entre plantas de 2,5 m na linha de plantio; reforma do povoamento, em que foi feita a eliminação total da brotação com aplicação de herbicida nas cepas e o plantio de duas linhas do clone 58 entre as linhas de cepa, apresentando um arranjo espacial final de (3,33 x 2,5 m) + 6,66 m (Tabela 2).

Tabela 1 – Caracterização física e química do solo da área experimental, em Vazante, MG

Característica	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
pH (H <sub>2</sub> O)	4,9	4,7
P (mg dm <sup>-3</sup> )	3,4	1,4
K (mg dm <sup>-3</sup> )	33	24
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,4
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,8	0,6
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,5	0,6
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,8	5,0
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,5	1,0
CTC(t) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,9	1,6
CTC(T) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,3	5,9
V (%)	24	16
m (%)	24	39

Tabela 2- Tratamentos incluindo manejo da brotação, interplântio e reforma do povoamento do clone 06 de eucalipto, em Vazante, MG.

Tratamento	Sigla	Idade da desbrota (meses)	Nº de brotos (Clone 06)	Linhas de plantio (Clone 58)
1	1B	9	1	-
2	2B	9	2	-
3	1B1L	9	1	1
4	2B1L	9	2	1
5	2L	-	-	2
6	SD	-	SD	-

1B e 2B: brotos do clone 06; 1B1L E 2B1L: brotos do clone 06 e plantas do clone 58 dos tratamentos com interplântio; 2L: plantas do clone 58 da reforma; SD: sem desbrota.

O controle de plantas daninhas na entrelinha do povoamento foi realizado com roçadeira mecânica, e na linha de plantio houve a aplicação de herbicida.

As parcelas foram constituídas de três linhas com 15 covas cada, considerando o povoamento original que foi estabelecido no arranjo espacial 10 x 4 m. Foram realizadas medições da brotação em cepas entre a terceira e décima segunda covas de plantio, na linha do meio. Nos tratamentos com interplântio ou reforma do povoamento, foram realizadas, também, medições em 10 plantas a partir da terceira cova.

As medições de diâmetro a altura de 1,3 m (*dap*) e da altura total (*Ht*) das brotações foram realizadas aos 12, 19, 24, 36 e 48 meses de idade. Nesta ocasião, as plantas do clone 58 apresentavam 14, 21, 26, 38 e 50 meses de idade. Na última avaliação de crescimento, foram selecionadas três a quatro árvores fora da área útil da parcela em cada classe de diâmetro para abate e cubagem segundo o método de Smalian. O diâmetro com casca foi medido nas alturas 0 (altura do corte); 0,5 m; 1,0 m; 2,0 m; 4,0 m; e assim sucessivamente, a cada dois metros, até a altura final da árvore.

O volume individual com casca foi obtido através de equação volumétrica obtida a partir do modelo de Schumacher e Hall (1933):  $LnV = \beta_0 + \beta_1(Lndap) + \beta_2(LnHt) + \epsilon$ . Foram estimadas equações volumétricas individuais para: 1) brotos (fustes) do clone 06 dos tratamentos de desbrota para um e dois brotos (fustes) e sem desbrota, sem o interplântio; 2) plantas do clone 58 estabelecidas em uma linha entre duas linhas de cepas; 3) brotos (fustes) dos tratamentos com interplântio de uma linha, 4) plantas do clone 58 estabelecidas em duas linhas, entre duas linhas de cepa, com eliminação total da brotação, com aplicação de herbicida nas cepas. Utilizou-se o volume individual médio e o número de fustes por hectare para a conversão em volume por hectare.

Para estimar o crescimento em diâmetro (*dap*) e em altura total (*Ht*) foi ajustado o modelo  $Y_i = \beta_0 + \beta_1 l_i$ , em que  $Y_i$  é o *dap* ou a altura total,  $l_i$  a idade (em meses),  $\beta_0$  e  $\beta_1$  os parâmetros do modelo e  $\epsilon_i$  o erro aleatório  $\epsilon \sim N(0, \sigma^2)$ .

Para estimar a produção ( $m^3 ha^{-1}$ ) em função da idade foi ajustado o modelo Gompertz,  $Y_i = \frac{\beta}{1 + e^{-\alpha(l_i - \gamma)}}$ , onde  $Y_i$  é o volume,  $l_i$  a idade (meses) e  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  os parâmetros do modelo.

A qualidade dos ajustamentos foi avaliada com base em critérios usuais: correlação entre valores observados e estimados para o modelo de Gompertz, e coeficientes de determinação e distribuição dos resíduos para os modelos lineares.

As equações estimadas para cada tratamento foram comparadas por meio de teste de identidade de modelos, a 5% de probabilidade.

O índice de área foliar (*IAF*) foi estimado quando as brotações se encontravam com 12 e 36 meses. Nesta ocasião, as plantas do clone 58 no interplântio ou reforma estavam com 14 e 38 meses, uma vez que os brotos foram removidos em razão de tombamento intenso pelo vento, quando as mudas já estavam plantadas. As leituras de *IAF* foram realizadas ao amanhecer e anoitecer, sob radiação solar difusa, utilizando dois sensores modelo LI-2050, conectados a dataloggers LI-2000 da marca LI-COR, sendo um instalado em área aberta próximo ao povoamento e o outro utilizado para medições no interior deste, a 0,5 m da superfície do solo. As medições foram tomadas em três pontos. Para todos os tratamentos, o primeiro ponto foi localizado na metade da distância entre duas cepas. Para os tratamentos com condução de um ou dois brotos, com ou sem o plantio de uma linha do clone 58 na entrelinha, o segundo ponto foi localizado a 2,5 m da linha de cepas e o terceiro a 5,0 m, (Figura 1a), sendo que nos tratamentos com interplântio de uma linha, este ponto foi localizado na metade da distância entre duas plantas do clone 58 (Figura 1b). No tratamento com eliminação total da brotação e plantio de duas linhas do clone 58 (reforma), o segundo ponto foi localizado na metade da distância entre a linha de cepas e a linha mais próxima da fileira dupla de plantio. O terceiro ponto foi localizado entre as duas fileiras de plantio, na interseção entre diagonais de duas plantas em cada fileira (Figura 1c).

A avaliação dos dados de *IAF* foi feita através de análise de variância e teste Duncan (5% de probabilidade).

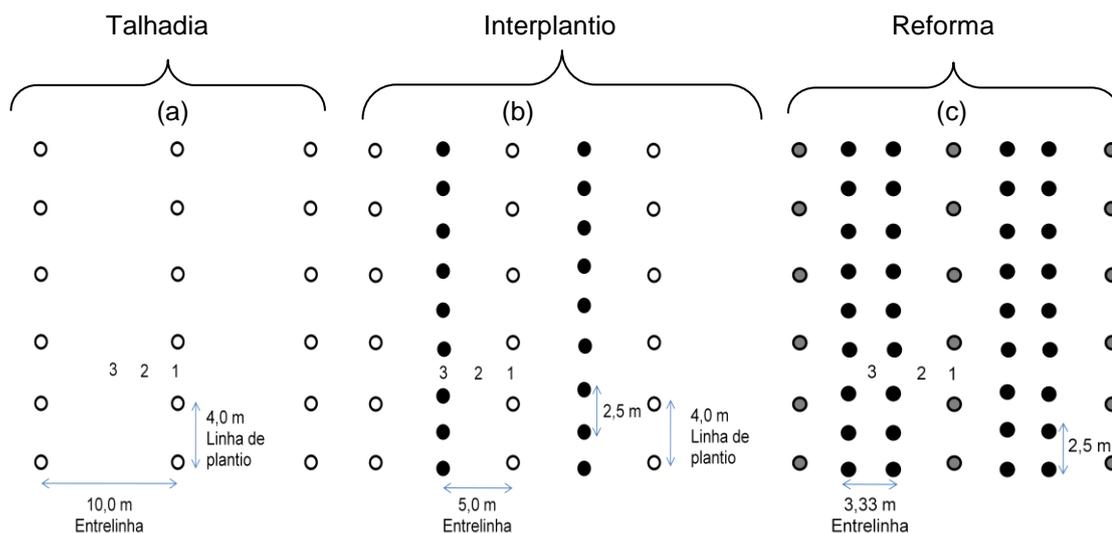


Figura 1- Localização dos pontos de leitura do índice de área foliar, tendo como referência a linha de cepas sendo: (a) manejo para um ou dois brotos, sem interplântio (talhadia); (b) manejo para um ou dois brotos, com interplântio de uma linha; (c) reforma do povoamento com duas linhas de plantio entre as cepas. (Círculo vazio: cepas do clone 06 no arranjo 10 x 4m; círculo cheio preto: plantio com clone 58 com distância de 2,5m entre plantas na linha; círculo cheio cinza: cepas do clone 06 eliminadas).

### 3- Resultados

#### 3.1- Estimativa de crescimento em diâmetro e altura

As equações estimadas para diâmetro e altura apresentaram coeficientes de correlação superiores a 0,95 ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 3). Através do teste de identidade de modelo para diâmetro, verificou-se que não houve diferença ( $p > 0,05$ ), pelo teste F, entre as equações obtidas para as brotações dos tratamentos com condução de dois brotos (2B) e condução de um broto do clone 06 com interplântio de uma linha do clone 58 (1B1L-B). Também, não houve diferença entre equações para plantas do clone 58 no interplântio quando houve o manejo para um ou dois brotos (1B1L-P e 2B1L-P). Assim, uma única equação foi gerada para representar o crescimento em diâmetro em função da idade para estes dois tratamentos (Tabela 3, Figura 2a). Para os demais tratamentos, as equações foram diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

Aos 48 meses de idade, a maior estimativa em *dap* foi obtida quando houve a condução de apenas um broto por cepa, seguido do tratamento em

que houve a reforma do povoamento com o plantio de duas linhas do clone 58 (2L) tendo sido observada diferença de 12% no *dap* em relação aquele tratamento (Tabela 3, Figura 2a). Por outro lado, quando não houve desbrota (SD) foi observada a menor estimativa de *dap* (6,8 cm) aos 48 meses de idade, uma queda de quase 50% em relação ao tratamento com condução de apenas um broto por cepa. A curva de crescimento da brotação, em *dap*, com a condução de dois brotos do clone 06 com interplântio de uma linha do clone 58 (2B1L-B), apresentou-se superior à curva para as plantas do interplântio (1B1L-P e 2B1L-P) quando o povoamento ainda era jovem tendo sido observada redução dessa vantagem ao longo da idade.

A idade em que o incremento médio em diâmetro é máximo variou de 13,1 a 15,2 meses para brotações, enquanto, para as plantas do interplântio e da reforma, estas idades foram de 21,1 e 20,3 meses, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3- Coeficientes de ajuste para diâmetro (*dap*) e altura total (m), para brotações do clone 06 e plantas do clone 58 de eucalipto, em Vazante, MG.

Trat.	----- <i>dap</i> (cm)-----				-----Altura total (m)-----			
	$\beta_0^{(1)}$	$\beta_1^{(1)}$	$r_{y,y}^{(2)}$	$S_{y,x}^{(3)}$	$\beta_0^{(1)}$	$\beta_1^{(1)}$	$r_{y,y}^{(2)}$	$S_{y,x}^{(3)}$
1B	2,9359	-15,1927	0,9698	0,0903	3,0594	-18,3749	0,9569	0,1247
2B	2,7613	-14,8972	0,9653	0,0917	3,0594	-18,3749	0,9569	0,1247
1B1L-B	2,7613	-14,8972	0,9653	0,0917	3,0594	-18,3749	0,9569	0,1247
1B1L-P	2,7078	-21,0973	0,9639	0,1091	2,9706	-23,1164	0,9647	0,1180
2B1L-B	2,5741	-13,1221	0,9530	0,0985	3,0594	-18,3749	0,9569	0,1247
2B1L-P	2,7078	-21,0973	0,9639	0,1091	2,9706	-23,1164	0,9647	0,1180
2L	2,9127	-20,2816	0,9815	0,0769	3,1194	-24,1364	0,9744	0,1081
SD	2,1963	-13,3955	0,9857	0,0540	2,6638	-13,0643	0,9704	0,0768

<sup>(1)</sup> $\beta_0$  e  $\beta_1$  = Parâmetros do modelo linear; <sup>(2)</sup> $r_{y,y}$  = Coeficiente de correlação; <sup>(3)</sup> $S_{y,x}$  = Erro-padrão residual. Em que: 1B e 2B: brotos do clone 06; 1B1L-B e 2B1L-B: brotos do clone 06 dos tratamentos com interplântio; 1B1L-P, 2B1L-P e 2L: plantas do clone 58 do interplântio e da reforma; SD: sem desbrota.

Foi estimada uma equação comum do crescimento em altura para as brotações com condução para um ou dois brotos, independente da existência do interplântio com uma linha do clone 58 (Tabela 3, Figura 2b). A altura foi estimada em 14,5 m aos 48 meses, destacando-se como a maior altura entre os tratamentos estudados, sendo que o maior incremento médio foi atingido aos 18,4 meses de idade. Para o tratamento sem desbrota,

houve inicialmente elevado incremento médio em altura, sendo o máximo atingido aos 13,1 meses de idade, e aos 48 meses, apresentou uma diferença em relação à maior estimativa de altura em torno de 25%.

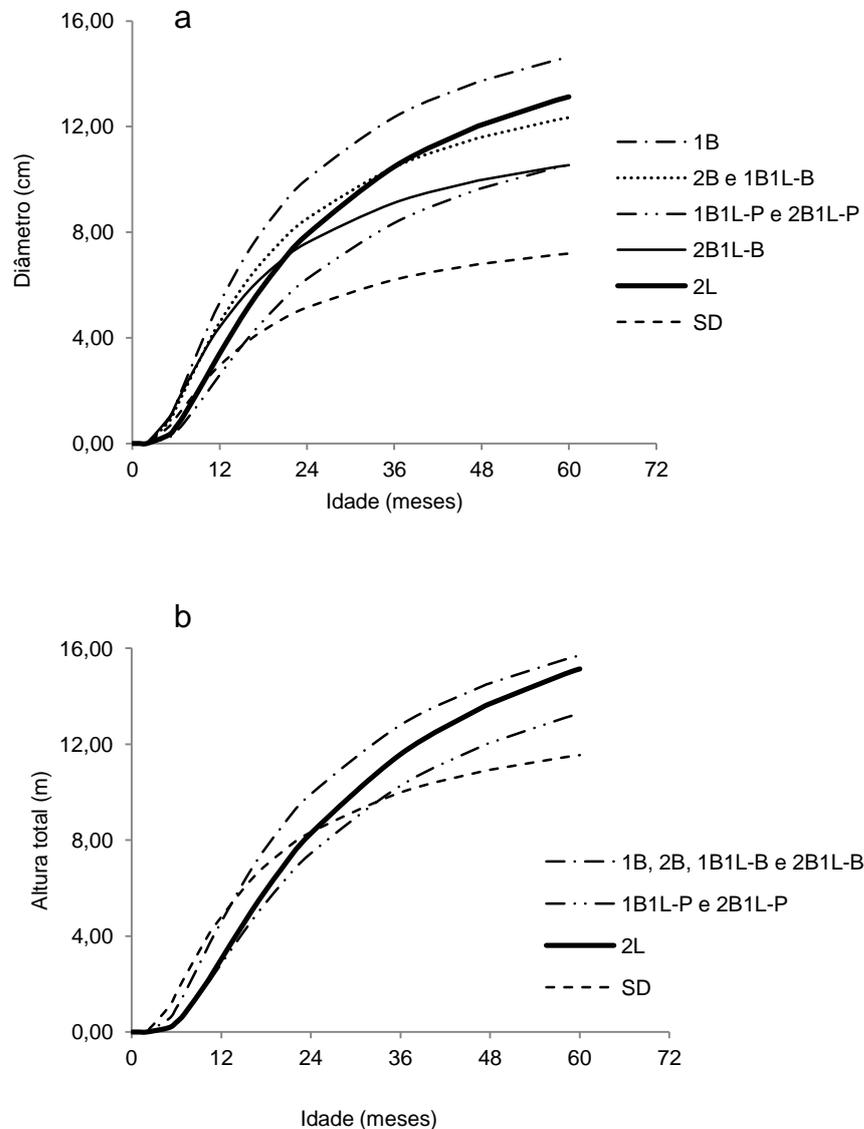


Figura 2- Curvas de crescimento em *dap* (a) e altura total (b) de brotações do clone 06 e de plantas do clone 58 do interplântio e da reforma, em Vazante, MG. Em que: 1B e 2B: brotos do clone 06; 1B1L-B e 2B1L-B: brotos do clone 06 dos tratamentos com interplântio; 1B1L-P, 2B1L-P e 2L: plantas do clone 58 do interplântio e da reforma; SD: sem desbrota.

Quando houve o interplântio, não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre as curvas de altura geradas para as plantas do clone 58, independentemente do

número de brotos por cepa (Tabela 3, Figura 2b). Com a reforma do povoamento (duas linhas de plantio entre linhas de cepas eliminadas), a curva de crescimento em altura foi superior a das plantas do interplântio e apenas ligeiramente inferior (6%) em relação à condução de um ou dois brotos.

### 3.2- Estimativa de crescimento em volume

As tendências de crescimento em volume não variaram ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos com condução de dois brotos (2B) e desbrota para um broto com interplântio com o clone 58 (1B1L), e uma única curva foi gerada para o crescimento em volume por hectare para estes tratamentos (Tabela 5; Figura 3). Porém, foi observada diferença ( $p \leq 0,05$ ) entre os demais tratamentos.

Tabela 4- Número de fustes por hectare e sobrevivência (%) de brotações do clone 06 e de plantas do clone 58 de eucalipto, aos 48 meses, em Vazante, MG.

Tratamento	Número de fustes		Sobrevivência		Total de fustes
	Brotação	Plantas	Brotação	Plantas	
	(Clone 06)	(Clone 58)	(Clone 06)	(Clone 58)	
1B	150	-	60%	-	150
2B	375	-	75%	-	375
1B1L	150	384	60%	96%	534
2B1L	430	400	86%	100%	830
2L	-	688	-	90%	688
SD	1650	-	-	-	1650

As plantas do tratamento em que houve a reforma do povoamento (2L) atingiram a maior estimativa de crescimento em volume por hectare, com valor assintótico máximo de  $52,30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , tendo sido observado 90% de sobrevivência aos 48 meses (Tabelas 4 e 5; Figura 3). Por outro lado, a condução de apenas um broto por cepa (1B) apresentou sobrevivência de apenas 60% aos 48 meses de idade (150 fustes por hectare), e as menores

estimativas em produção máxima ( $14,50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), uma diferença de 72% em relação ao obtido com a reforma do povoamento (Tabelas 4 e 5; Figura 3).

O tratamento com condução de dois brotos, com interplântio de uma linha (2B1L), apesar de apresentar maior número total de fustes por hectare em relação ao da reforma do povoamento (Tabela 4), apresentou estimativa em produção máxima 18% menor em relação ao obtido com a reforma do povoamento, que foi o tratamento com maior produção (Tabela 5, Figura 3).

A estimativa de volume obtida para o tratamento sem desbrota (SD), com valor assintótico máximo de  $34,20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Tabela 5; Figura 3), apresentou valores intermediários de produção, aos 48 meses de idade, apesar de um número de fustes por hectare relativamente alto. Ressalta-se, porém, que até a idade de aproximadamente 30 meses a produção obtida neste tratamento foi superior aos demais tratamentos.

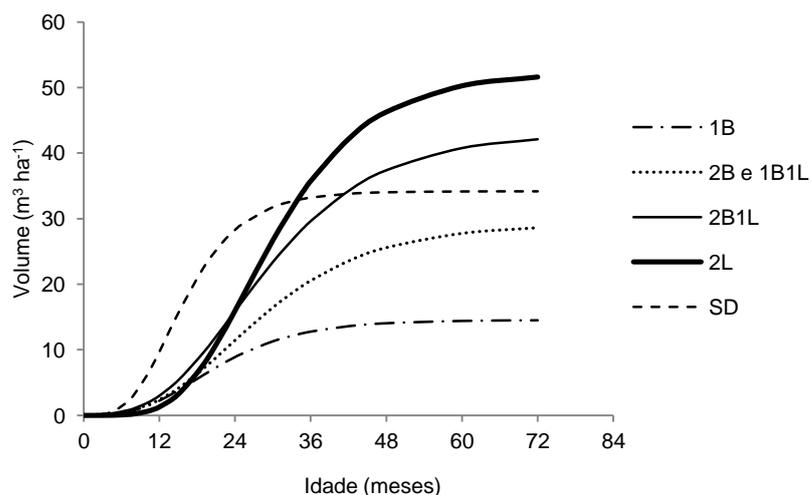


Figura 3- Curvas de produção em volume ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) de povoamento do clone 06 com manejo de brotação, com ou sem interplântio, e reforma do povoamento, em Vazante, MG. Em que: 1B e 2B: brotos do clone 06; 1B1L e 2B1L: condução de um ou dois brotos com interplântio do clone 58; 2L: reforma do povoamento com plantio de duas linhas do clone 58 entre as cepas; SD: sem desbrota.

Tabela 5- Coeficientes de ajuste para volume ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) de povoamento do clone 06 com manejo de brotação, com ou sem interplântio, e reforma do povoamento, em Vazante, MG.

Tratamento	Volume ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ )				
	$\alpha^{(1)}$	$\beta^{(1)}$	$\gamma^{(1)}$	$r_{\hat{y},y}^{(2)}$	$S_{y,x}^{(3)}$
1B	14,5391	1,9587	0,1113	0,8800	2,6288
2B	29,1438	1,8987	0,0819	0,9598	2,6315
1B1L	29,1438	1,8987	0,0819	0,9598	2,6315
2B1L	42,9321	1,9655	0,0821	0,9484	4,7130
2L	52,2696	2,4464	0,0949	0,9523	5,9510
SD	34,1592	2,1246	0,1579	0,9533	3,1982

<sup>(1)</sup> $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  = Parâmetros do modelo Gompertz; <sup>(2)</sup> $r_{\hat{y},y}$  = Coeficiente de correlação; <sup>(3)</sup> $S_{y,x}$  = Erro-padrão residual.

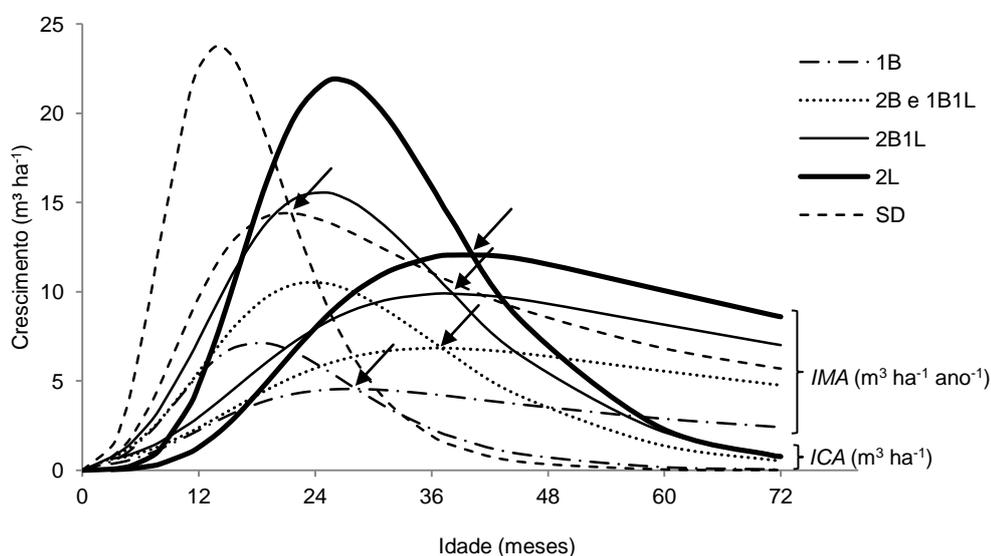


Figura 4- Incremento médio anual (*IMA*) e incremento corrente anual (*ICA*) de clone 06 de povoamento do clone 06 com manejo de brotação, com ou sem interplântio, e reforma do povoamento, em Vazante, MG. Em que: 1B e 2B: brotos clone 06; 1B1L e 2B1L: brotos clone 06 dos tratamentos com interplântio; 2L: tratamentos de interplântio; 2L: tratamento com eliminação da brotação e plantio de duas linhas clone; SD: sem desbrota.

O tratamento sem desbrota obteve o *IMA* máximo de  $14,4 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , havendo a interseção das curvas de *IMA* e *ICA* aos 21 meses de idade (Figura 4). Já a reforma do povoamento (2L), apresentou *IMA* máximo de  $12,1 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , com *ITC* aos 40 meses. Com a condução de dois brotos e interplântio de uma linha (2B1L) a *ITC* foi de 39 meses, ligeiramente menor que o obtido com a reforma do povoamento. O tratamento com condução de

um broto por cepa (1B) apresentou *IMA* máximo muito baixo ( $4,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) aos 28 meses de idade (Figura 4).

### 3.3- Índice de área foliar

O *IAF* apresentou tendência de decréscimo acentuado quando não houve realização da desbrota, com valores de 0,89 na linha de plantio e 0,5 e 0,38, a 2,5 e 5,0 m das plantas, respectivamente, quando as brotações, estavam com 12 meses de idade (Tabela 6). Essa tendência foi observada, também, com a condução da brotação para um ou dois brotos, sem interplântio, com valores inferiores a 0,33 na linha de plantio e a 0,19 na entrelinha. Em contrapartida, com a reforma do povoamento observou-se tendência de aumento do *IAF* com o aumento de distância a partir da linha de cepas (com brotação eliminada utilizando herbicida na cepa).

Tabela 6- Índice de área foliar (*IAF*) médio, de povoamento do clone 06 com manejo de brotação, com ou sem interplântio, e reforma do povoamento, em Vazante, MG.

Tratamento	Idade (meses)							
	12				36			
	1*	2*	3*	média	1*	2*	3*	média
1B	0,22 b <sup>1</sup>	0,16 b <sup>1</sup>	0,14 c <sup>1</sup>	0,17 d <sup>1</sup>	0,33 <sup>2</sup>	0,28 <sup>2</sup>	0,33 <sup>2</sup>	0,31 <sup>2</sup>
2B	0,33 b	0,19 b	0,16 c	0,23 cd	0,39	0,34	0,32	0,35
1B1L	0,18 b	0,19 b	0,43 ab	0,27 cd	0,44	0,45	0,40	0,43
2B1L	0,37 b	0,24 b	0,50 ab	0,37 bc	0,56	0,50	0,49	0,52
2L	0,26 b	0,57 a	0,71 a	0,51 ab	0,43	0,45	0,49	0,46
SD	0,89 a	0,50 a	0,38 b	0,59 a	0,41	0,36	0,40	0,39
CV(%)	36,0	30,9	29,2	29,5	24,8	29,2	29,7	25,8

<sup>1</sup> Mesmas letras na coluna indicam médias iguais pelo teste de Duncan ( $p > 0,05$ ).

<sup>2</sup> Não significativo pelo teste F.

\* Pontos de medição do *IAF*.

Analisando os pontos de coleta de dados de *IAF* separadamente, através da análise de variância, observou-se que, para o ponto 1 (entre duas cepas), o tratamento sem desbrota foi estatisticamente superior aos demais pelo Teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 6). Para o ponto 2, o *IAF* desse tratamento e da reforma do povoamento foram superiores ( $p \leq 0,05$ ) aos demais. Para o terceiro ponto, com a reforma do povoamento foram

observados valores mais elevados (0,71) do que para os demais tratamentos, enquanto para os tratamentos com condução de um (1B) e dois brotos (2B), foram os mais baixos. Analisados os três pontos em conjunto, o tratamento SD apresentou o maior *IAF* (0,59) e, com condução de um broto, o menor (0,17).

Aos 36 meses de idade, nos pontos 1 e 2, quando não houve desbrota, o *IAF* apresentou drástica redução quando comparado com a idade de 12 meses, enquanto que, com a reforma do povoamento, houve aumento do *IAF* nestes pontos. Não foram encontradas diferenças significativas pelo teste F (Tabela 6) para os dados de *IAF*, nesta idade, quando os dados foram analisados para cada ponto separadamente ou em conjunto.

#### 4- Discussão

O maior crescimento em diâmetro das brotações ocorre quando há menor número de brotos por cepa (Couto et al. 1973; Paiva et al., 1983; Simões e Coto, 1985; Klein et al., 1997). A condução de um broto apresentou o maior crescimento em diâmetro (Tabela 3; Figura 2) porque as reservas estocadas no sistema radicular são alocadas para apenas um fuste. A persistência de brotos no tratamento sem desbrota promoveu 50% de redução do crescimento em diâmetro em comparação com o *dap* obtido com a desbrota para um broto, aos 48 meses de idade. Os genótipos provenientes da espécie *Eucalyptus camaldulensis*, de modo geral, apresentam número de brotos muito elevado, conforme já observado em outros estudos (Cacau et al., 2008, Oliveira, 2006, Paula, 2011), implicando, assim, em brotos com diâmetro reduzido quando não é realizada a desbrota.

A identidade entre as equações para crescimento em diâmetro da brotação, com a desbrota para dois brotos e, a condução de um broto por cepa e interplântio com o clone 58, evidencia que o efeito de competição entre plantas do interplântio e a brotação, equivale aproximadamente à competição entre dois brotos conduzidos por cepa quando não há o interplântio.

Apesar de se ter a mesma distância entre plantas na linha de plantio quando da reforma do povoamento bem como do interplantio, foi observada tendência de maior crescimento em diâmetro quando foi realizada a reforma. Isto sugere que as plantas do clone 58 respondem mais quando da eliminação total de brotos na cepa, uma vez que, com o crescimento inicial das brotações mais acelerado, há acentuada competição com as plantas do interplantio. Segundo Leles (1995), aos 52 meses de idade as raízes finas já se encontram uniformemente distribuídas em toda área útil das plantas de *E. camaldulensis* e *E. pellita*, em arranjo 9 x 9 m.

Ao longo da idade, a diferença em diâmetro encontrada entre a curva das plantas do interplantio e a curva da brotação quando houve a condução de dois brotos e interplantio, se torna mínima, sugerindo que a condução de dois brotos passa a não interferir, substancialmente, no crescimento das plantas do interplantio.

O maior crescimento inicial das brotações em relação às plantas de alto fuste se deve principalmente à utilização das reservas orgânicas e inorgânicas das cepas ou das raízes, além de beneficiar-se do sistema radicular estabelecido, favorecendo a absorção de água e nutrientes pelas brotações, quando estas passam a depender mais diretamente do solo (Reis e Kiminns, 1986; Oliveira et al., 1994; Reis e Reis, 1991, 1997; Fleck et al., 1996; Poorter e Nagel, 2000; Teixeira et al., 2002; Kabeya e Sakai, 2005; Walters et al., 2005, Drake et al., 2009, 2011). Em brotações de *Eucalyptus urophylla* com 11 meses de idade, após o corte do povoamento aos sete anos, parte do nitrogênio, potássio e magnésio acumulados nas brotações havia sido fornecido pelas raízes (Teixeira et al., 2002). A possível maior resistência à seca do clone estudado, procedente de *Eucalyptus camaldulensis* por possuir sistema radicular mais profundo (Pereira e Kozlowsky, 1976; Gonçalves e Passos, 2000; Reis et al., 2006), também, pode ter contribuído para a maior absorção de água e nutrientes pela brotação, favorecendo seu rápido crescimento inicial (Souza, 2011).

Verificou-se menor número de curvas de crescimento geradas para a altura (Tabela 3; Figura 2) quando comparado com o crescimento em diâmetro, evidenciando menor influência do método de manejo sobre a altura total das plantas.

A condução da brotação nos tratamentos de interplântio promoveu diferença no crescimento em altura das plantas do clone 58 e isto pode ser explicado pelas diferenças de crescimento entre plantas de alto fuste e brotações, com as brotações exibindo crescimento inicial mais rápido. Cacau et al. (2008) obtiveram maior estimativa da altura máxima para as plantas intactas em relação às brotações obtidas com a decepta de plantas jovens, e relacionaram isto ao fato das plantas intactas apresentarem nove ou 12 meses a mais de idade que, em razão da competição, mantêm maior taxa de crescimento do que as brotações.

As plantas do interplântio ainda tiveram crescimento em altura inferior às plantas da reforma do povoamento, o qual possui arranjo de  $(3,33 \times 2,5) + 6,66$  m, com eliminação das cepas do plantio anterior. Assim, a reforma do povoamento, por apresentar fileiras duplas, e espaçadas entre si por 3,33 m, pode, ainda, não ter interferido no crescimento em diâmetro e altura das plantas.

A baixa produção do tratamento com condução de um broto se deve à forte ação dos ventos sobre estes, provocando seu tombamento. Isto demonstra que o manejo da brotação para o material genético em estudo, para um broto não deveria ser o indicado em SAF. Há que se considerar que esse tombamento de brotos depende do material genético, pois, conforme observações em campo e outros estudos (Cacau et al, 2008; Oliveira, 2006) o clone 58 procedente de *E. camaldulensis* apresenta soldadura de brotos na cepa muito resistente, com reduzida mortalidade de brotos.

A condução de dois brotos por cepa com interplântio promoveu redução da mortalidade de plantas, principalmente reduzindo o tombamento dos brotos (Tabela 4), como ocorreu quando houve a condução de apenas dois brotos por cepa sem o interplântio, uma vez que as plantas do interplântio podem ter oferecido uma barreira ao vento, protegendo essas brotações.

O arranjo espacial influencia o crescimento em diâmetro e altura, a sobrevivência e, conseqüentemente, a produção por hectare (Leles et al., 2001; Leite et al., 2006; Oliveira Neto, 2010; Paula, 2011). A maior estimativa de crescimento em volume observada com a reforma do povoamento foi, possivelmente, devido às estimativas maiores de

crescimento em diâmetro e altura para as plantas do clone 58, mesmo com taxa de mortalidade de 10% (Tabela 4 e 5). Apesar do tratamento com condução de dois brotos por cepa com interplântio possuir maior número total de fustes em relação à reforma, isso não fez com que a estimativa em volume superasse este, uma vez que a condução de dois brotos por cepa promoveu redução no seu diâmetro. As plantas do interplântio, devido à competição com a brotação, também, apresentaram crescimento em *dap* e *Ht* reduzidos.

A decisão sobre a necessidade de reforma de povoamentos de eucalipto deve ser baseada em vários aspectos. Guedes et al. (2011) relataram que a talhadia de eucalipto pode ser economicamente viável mesmo quando a sua produtividade for de apenas 70% em relação ao povoamento original, mas pondera que a melhor opção, considerando a relação risco/ganho, seria a substituição do povoamento por outro 20% mais produtivo. Mudanças na produtividade da talhadia afetam a escolha do manejo do povoamento (Whitlock et al., 2004). Segundo estes autores, se a talhadia produzir 90% de matéria seca em relação à primeira rotação, há elevada probabilidade deste sistema ser superado por um novo povoamento que possua 15% de ganho genético, através do plantio de novas mudas deste genótipo mais produtivo. Paula (2011) observou alta produção em povoamento de clone de eucalipto estabelecido no arranjo (2x2) + 10 m, obtendo a mesma produção para plantas intactas e brotação, recomendando-o para a produção de madeira para carvão e celulose, mesmo no caso de manejo por talhadia.

Drake et al. (2012) observaram maior eficiência do uso da água de brotações em relação às mudas, na fase inicial de crescimento, de *E. globulus*. Entretanto, estes autores observaram que com a redução para um broto por cepa, a produção de biomassa de tronco por hectare foi similar entre brotações e mudas, sendo que o povoamento com mudas, por apresentar menor taxa de evapotranspiração acumulada, passou a apresentar uso mais eficiente da água, com menor risco de esgotamento de água no solo.

Com a condução de dois brotos (375 fustes ha<sup>-1</sup>) e condução de um broto com interplântio de uma linha (534 fustes ha<sup>-1</sup>) foi estimada uma

mesma equação para volume (Tabela 5; Figura 3), demonstrando que para a mesma produção seria mais econômico utilizar apenas a condução da brotação. Apesar de número reduzido de fustes por hectare quando do manejo de dois brotos, há a possibilidade de haver o cultivo de culturas agrícolas na entrelinha, com retorno financeiro já nos primeiros anos do projeto, havendo, assim, necessidade de analisar a produção de madeira e o retorno econômico da cultura do consórcio para escolher o tratamento mais adequado. Salienta-se que para uma maior produção a desbrota para três brotos em SAF é indicada, como visto no capítulo anterior, sem haver redução da radiação fotossinteticamente ativa, quando comparado à desbrota para um ou dois brotos.

O tratamento sem a realização de desbrota apresentou produção intermediária em razão do número elevado de fustes por hectare. Por apresentar dimensões reduzidas em diâmetro e altura, pode se tornar inviável a sua adoção para a produção de carvão. Entretanto, a sua utilização para geração de energia elétrica em rotações muito curtas pode ser uma alternativa em razão de apresentar a maior produção nos estágios iniciais de crescimento. Para a produção de energia, toda a biomassa da árvore, incluindo galhos e folhas, pode ser utilizada para essa finalidade e os cortes são realizados em idades muito jovens (Müller, et al., 2005; Vasconcelos et al. 2007; Arantes et al., 2008).

A madeira em idades precoces possui baixa densidade e reduzido poder calorífico o que pode comprometer sua utilização para geração de energia. A briquetagem da biomassa, que é um processo que proporciona aumento de sua densidade, pode proporcionar redução de custos com transportes e geração de combustível uniforme (Granada et al. 2002). Assim, torna-se uma alternativa potencial para a utilização de madeira de povoamentos jovens ou para o aproveitamento de resíduos florestais. Protásio et al. (2011) observaram que briquetes de resíduos da serragem de eucalipto apresentaram aumento na densidade da ordem de 321% em relação à biomassa antes da compactação.

Analisando o tratamento sem desbrota, verifica-se que a sua idade técnica de corte (*ITC*) é de 21 meses de idade (Figura 4). Assumindo a manutenção da sua produtividade na rotação subsequente, em 42 meses

(próximo ao ciclo de corte dos tratamentos com reforma do povoamento), pode-se obter duas rotações dessa brotação, atingindo produção de  $51 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Esta produção seria 16% superior à obtida com a reforma do povoamento. É importante salientar que, com a adoção de dois ciclos de corte da brotação deve ser acrescido o custo de exploração do segundo corte bem como da limpeza da área para implantação da cultura agrícola, porém, há redução nos custos de plantio e preparo do solo.

Ainda, deve-se considerar que, com a adoção de dois ciclos de corte para o tratamento sem desbrota é possível estabelecer um segundo ciclo com culturas agrícolas nas entrelinhas do povoamento. Haveria o plantio de arroz logo após a exploração do componente arboreo e, no ano seguinte, o plantio da soja e, após a exploração da brotação seria implantado outro ciclo de culturas agrícolas. Com base em dados médios obtidos pela empresa onde o presente estudo foi realizado, a produção total de arroz e soja, estabelecidos em sequência nas duas estações de crescimento, chegaria a  $3000$  e  $3360 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente, consorciados com plantios eucaliptos estabelecidos no arranjo  $10 \times 4 \text{ m}$  (Couto et al., 2006). Baseando-se nos valores atuais de venda de arroz e soja (Ministério da Agricultura, 2012), a receita bruta de cada ciclo, com as duas culturas, seria de, no mínimo, R\$3.000,00/ha. Há que se levar em conta que os índices de produtividade das culturas agrícolas têm-se elevado substancialmente em razão de adoção de novas técnicas de manejo e do uso de variedades mais produtivas, o que poderia implicar em maior retorno econômico com a adoção do consórcio na segunda rotação em diante. Por exemplo, no Brasil, a produção média de soja na safra 2010/2011 chegou a mais de  $3000 \text{ kg}$  por hectare, em monocultivo, enquanto, em 2005, essa produção foi de  $2230 \text{ kg}$  por hectare (Emprapa Soja, 2012; CI Soja, 2012).

Com o aproveitamento total da biomassa com a exploração do povoamento, a sustentabilidade do sistema deve ser muito bem avaliada, uma vez que o resíduo florestal é removido da área. A exploração florestal intensiva pode favorecer a perda de solo e água e, conseqüentemente, acarretar a queda global da produtividade do sistema (Beutler et al., 2003, Leite et al., 2011, Silva et al., 2011). Miranda et al. (1998) concluíram que a redução na fertilidade do solo, em regime de talhadia, foi atribuída à

exportação de nutrientes pela colheita do tronco da rotação anterior. Londero et al. (2011) concluíram que a reposição de adubo em povoamento de *Pinus taeda*, considerando apenas a retirada da madeira, é 60% inferior em relação à remoção total de biomassa.

Os *IMA's* máximos relativamente reduzidos e *ITC's* precoces observados no presente estudo podem estar relacionados com a correção insuficiente da fertilidade do solo para as brotações e plantas do interplântio ou reforma. Diversos trabalhos relacionam a queda da produtividade em segunda rotação de eucalipto à deficiência de nutrientes mineirais no solo (Faria et al., 2002) bem como ao manejo adotado neste (Cavichiolo et al., 2004; Cavichiolo et al., 2005; Dedeczek e Gava, 2005). Souza et al. (2012) registraram aumento da competição entre brotos numa mesma cepa como a causa da estagnação do crescimento em idades mais jovens para as brotações, especialmente considerando que estes autores realizaram seu estudo em arranjo bem menor (3 x 3 m) do que o do presente estudo.

A avaliação do índice de área foliar (*IAF*) é importante porque permite inferir sobre a capacidade de fixação de carbono em povoamentos de eucalipto (Medhurst e Beadle, 2001; Xavier et al., 2002; Dovey e Toit, 2006; Monte et al., 2007; Chaves et al., 2007) e, quando analisado em sistemas agroflorestais, permitem avaliar o potencial de produção das culturas agrícolas ou pastagem do consórcio. Paula (2011) observou que a produção da pastagem apresentou correlação negativa com o *IAF*, aos 38 meses de idade, em sistema silvipastoril.

Para o estabelecimento de culturas agrícolas em consórcio com as brotações de eucalipto é importante considerar o efeito da brotação sobre a disponibilidade de radiação para a cultura do consórcio. Após o corte das árvores, inicia-se o processo de emissão de brotações, que se estende por um período de até três meses, aproximadamente (Oliveira et al., 2008). Inicialmente, a área foliar das brotações é muito baixa, porém, o crescimento subsequente é exponencial. Segundo estes autores, a área foliar por cepa de um clone de eucalipto, híbrido de *E. camaldulensis*, no arranjo 9,5 x 4 m, quando não houve desbrota, foi de 1,61, 7,85, 24,05, 59,14 e 58,5 m<sup>2</sup>, em avaliações trimestrais, entre 3 e 15 meses após o corte das árvores. Estes resultados indicam que a cultura agrícola estabelecida no primeiro ano após

o corte do povoamento não deverá apresentar redução de produtividade, mesmo quando não é realizada a desbrota, havendo, porém, necessidade de plantar a cultura agrícola até, aproximadamente, seis meses após o corte. Oliveira (2006) relata *IAF* correspondente a 0,8, na linha de cepas, aos 15 meses após a exploração, valor similar ao observado no presente estudo, aos 12 meses de idade. Vale salientar que, no presente estudo, para os tratamentos com manutenção do SAF, o *IAF* na entrelinha foi inferior a 0,5 aos 12 meses de idade e, aos 36 meses, foi inferior a 0,4 (Tabela 6), indicando ser possível o estabelecimento de cultura agrícola no ano subsequente à exploração florestal, possivelmente com baixa redução na sua produtividade.

O interplântio com uma linha do clone 58 não influenciou o *IAF*, nos pontos 1 e 2, devido possivelmente à arquitetura de copa desse clone (copa rala, com galhos pendentes) e à idade de avaliação, ou seja, em plantas ainda jovens, com altura reduzida. Oliveira et al. (2008) observaram área foliar de apenas 8,92 m<sup>2</sup>/planta, aos 12 meses de idade, em plantas de clone híbrido de *E. camaldulensis*, estabelecidas a partir de mudas, na mesma região do presente estudo.

Aos 36 meses de idade, não foi observada diferença no *IAF* entre os tratamentos, principalmente, em razão de ter ocorrido redução substancial na quantidade de brotos (12 para 6,8 por cepa), quando não houve a desbrota. No entanto, observa-se que houve aumento do *IAF* aos 36 meses quando houve desbrota para um ou dois brotos, com ou sem interplântio de uma linha. Isto pode significar que a remoção de área foliar com a desbrota foi intensa e que ainda está ocorrendo a sua recomposição. Hingston et al. (1998) também observaram aumento do *IAF* com a idade em *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*. Em outros trabalhos foi observada correlação negativa entre o *IAF* e a idade (Xavier et al., 2002; Cacau, 2008; Paula, 2011), possivelmente, porque todas medições foram realizadas após o fechamento do dossel, ou, após a intensificação de competição entre brotos na mesma cepa quando, usualmente, ocorre declínio do *IAF*.

## 5- Conclusões

A substituição do SAF é viável, em termos de produção, no caso de destinar a madeira para produção de carvão vegetal ou outros usos que demandam maior volume de madeira.

O interplântio com condução de dois brotos por cepa gera aumento da produção e pode ser utilizado para a recuperação do potencial produtivo do povoamento.

O tratamento sem desbrota, por apresentar fustes de reduzido diâmetro e *ITC* precoce, pode ser utilizado para a geração de energia elétrica, em rotação mais curta, com a possibilidade de manutenção do SAF.

## 6- Referências bibliográficas

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2011: ano base 2010**/ABRAF. Brasília, 2011. 130p. 2010. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 20 de novembro de 2011.

ARANTES, M.D.C; MENDES, L.M; RABELO, G.F;. SILVA, J.R.M; MORI, F.A; BARBOSA, A.M. Gaseificação de materiais lignocelulósicos para geração de energia elétrica. **Ciência Florestal**, v.18, n.4, p.525-533, 2008.

BEUTLER, J.F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L.P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho Aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.509-517, 2003.

BOTREL, M.C.G.; SILVA, J.R.M. da; TRUGILHO, P.F.; ROSADO, S.C. da S.; FERNANDES, B. R. Ganho genético em propriedades físicas e mecânicas de clones de Eucalyptus. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 76, p. 13-19, 2007.

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.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; ALVES, F.F.; SOUZA, F.C. Decepa de plantas jovens de eucalipto e manejo de brotações, em um sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília - DF, 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.

CAVICHIOLO, S.R.; DEDECEK, R.A.; GAVA, J.L. Modificações nos atributos físicos de solos submetidos a dois sistemas de preparo em rebrota de *Eucalyptus saligna*. **Revista Árvore**, v.29, n.4, p.571-577, 2005

CAVICHIOLO, S.R.; DEDECEK, R.A.; GAVA, J.L. Soil tillage and nutritional status of *Eucalyptus saligna* coppice. **Scientia Forestalis**, n.66, p. 120-127, 2004.

CHAVES, R.A.; REIS, M.G.F.; REIS, G.G.; PEZZOPANE, J.E.M.; XAVIER, A.; MONTE, M.A. Dinâmica de cobertura de dossel de povoamentos de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden submetidos a desrama artificial e desbaste. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p.989-998, 2007.

CI SOJA – **Centro de Inteligência da Soja**. Disponível em: <<http://www.cisoja.com.br>>. Acesso: 03 de fevereiro de 2012.

CLARK, A.; JORDAN, L.; SCHIMLECK, L.; DANIEL, R.F. 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.

COUTO, L.; BARROS, A.V.; TSUKAMOTO FILHO, A.A.; COUTO, L.C. Produção de biodosel a partir de sistemas agroflorestais com soja em Vazante, Minas Gerais. **Biomassa e Energia**, v.3, n.2, p.113-127, 2006.

COUTO, H.T.Z; MELLO, H.A; SIMÕES, J.W; VENCOVSKY, R. Condução da brotação de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, n.7, p.115-123, 1973.

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.

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.

DRAKE, P.L.; MENDHAM, D.S.; WHITE, D.A.; OGDEN, G.N. A comparison of growth, photosynthetic capacity and water stress in *Eucalyptus globulus* Labill. coppice regrowth and seedlings during early development. **Tree Physiology**, v.29, n.5, p.663-674, 2009.

DRAKE, P.L.; MENDHAM, D.S.; WHITE, D.A.; OGDEN, G.N.; DELL, B. 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.

EMBRAPA SOJA – **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: < <http://www.cnpso.embrapa.br>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2011.

FARIA, G.E.; BARROS, N.F.; CUNHA, W.P.; MARTINS, R.C.C. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus* spp. No vale do Jequitinhonha, MG. **Ciência Florestal**, v.18, n.3, p.369-379, 2008.

FARIA, G.E.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; LIMA, J.C.; TEIXEIRA, J.L. 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.

FLECK, I.; GRAU, D.; SANJOSÉ, M.; VIDAL, D. Carbon isotope discrimination in *Quercus ilex* resprouts after fire and treefall. **Oecologia**, v.105, n.3, p.286-292, 1996.

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

GRANADA, E.; GONZÁLEZ, L.M.L.; MÍGUEZ, J.L.; MORAN, J. Fuel lignocellulosic briquettes, die design and products study. **Renewable Energy**, v.27, n.4, p. 561-573, 2002.

GUEDES, I.C.L.; COELHO JÚNIOR, L.M.; OLIVEIRA, A.D.; MELLO, J.M.; REZENDE, J.L.P.; SILVA, C.P.C. Economic analysis of replacement regeneration and coppice regeneration in eucalyptus stands under risk conditions. **Cerne**, v.17, n.3, p.393-401, 2011.

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.

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.

HUBBARD, R.M.; STAPE, J.; RYAN, M.G.; ALMEIDA, A.C.; ROJAS, J. Effects of irrigation on water use and water use efficiency in two fast growing *Eucalyptus* plantations. **Forest Ecology and Management**, v.259, n.9, p.1714-1721, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **IPEF notícias**, nº 196, 2009.

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.

KLEIN, J.E.M.; BORTOLAS, E.P.; ASSIS, T.F.; PERRANDO, E.R. Fatores operacionais que afetam a regeneração do *Eucalyptus* manejado por talhadia. **Série Técnica – IPEF**, v. 11, n.30, p.95-104, 1997.

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

LANG, A.R.G; MCMURTRIE, R.E. Total leaf area of single trees of *Eucalyptus grandis* estimated from transmittances of the sun's beam. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.58, n.1-2, p.79-92, 1992.

LEITE, F.P.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. VILLANI, E.M.A. Nutrient relations during an eucalyptus cycle at different population densities. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.3, p.949-959, 2011.

LEITE, H.G.; NOGUEIRA, G.S.; MOREIRA, A.M. Efeito do espaçamento e da idade sobre as variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v.30, n.4, p.603-612, 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**. 1995. 133p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

LONDERO, E.K.; SCHUMACHER, M.V.; SZYMCAK, D.A.; VIERA, M. Exportação e reposição nutricional no primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda* L. em área de segunda rotação. **Ciência Florestal**, v.21, n.3, p.487-497, 2011.

MATHEWS, J.H.; CAMPBELL, M.M.; The advantages and disadvantages of the application of genetic engineering to forest trees: a discussion. **Forestry**, v.73, n.4, p.371-380, 2000.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Plano Agrícola e Pecuário 2011/2012**. Brasília, 2011. 96p. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/planoagricola>> . Acesso em: 03 de fevereiro de 2012.

MIRANDA, G.A.; BARROS, N.F. de; LEITE, H.G.; COUTO, L.; MOACIR, N.F. Produtividade de povoamento de eucalipto em regime de talhadia, em função da adubação parcelada, no Vale do Jequitinhonha, MG. **Revista Árvore**, v.22, p.51-60, 1998.

MONTE, M. A.; REIS, M.G.F.; REIS, G.G.; LEITE, H.G.; STOCKS, J.J. 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.

MÜLLER, M.D.; COUTO, L. ; LEITE, H.G.; BRITTO, J.O. Avaliação de um clone de eucalipto estabelecendo densidades de plantio para produção de biomassa e energia. **Biomassa & Energia**, v. 2, p. 177-186, 2005.

OLIVEIRA, C.H.R.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; XAVIER, A.; STOCKS, J.J. 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, V.A.B.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; LEAL, P.G.L. Raízes e tocos de mudas de *Eucalyptus* como fonte de nutrientes para as brotações. **Revista Árvore**, v.18, p.22-32, 1994.

OLIVEIRA NETO, S.N.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G. 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.

PAIVA, H.N.; PAULA NETO, F.; BRANDI, R.M.; VALE, A.B. 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.** 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PEREIRA, J.S.; KOZLOWSKY, T.T. Leaf anatomy and water relations of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. globulus* seedlings. **Canadian Journal Botanic**, v. 54, n.24, p.2868-2880, 1976.

POORTER, H.; NAGEL, O. (2000) The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO<sub>2</sub>, nutrients and water: a quantitative review. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.27, n.6, p.595-607, 2000.

PROTÁSIO, T.P.; ALVES, I.C.N.; TRUGILHO, P.F.; SILVA, V.O.; BALIZA, A.E.R. Compactação de biomassa vegetal visando à produção de biocombustíveis sólidos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.31, n.68, p.273-283, 2011.

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 *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. submetidas à deficiência hídrica no solo. **Revista Árvore**, v.15, n.2, p.112-25, 1991.

REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; FONTAN, I.C.I.; MONTE, M.A.; GOMES, A.N.; OLIVEIRA, C.H.R. 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, 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.112-125, 1986.

REZENDE, J.L.P.; SOUZA, A.N.; OLIVEIRA, A.D. Estudo do momento ótimo de substituição de povoamentos de *Eucalyptus* spp: o caso do aumento das receitas. **Scientia Forestalis**, n.59, p. 27-39, 2001.

ROCHA, M.G.B.; PIRES, I.E.; XAVIER, A.; CRUZ, C.D.; ROCHA, R.B. Avaliação genética de progênies de meio irmãos de *Eucalyptus urophylla* utilizando os procedimentos REML/BLUP e E (QM). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n. 4, p. 369-379, 2006.

SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; LEITE, H.G.; COMERFORD, N.B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 32, número especial, p. 2723-2733, 2008.

SILVA, M.A.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; AVANZI, J.C.; LEITE, F.P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce. **Ciência Florestal**, v.21, n.4, p.765-776, 2011.

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

SOUZA, A.N.; OLIVEIRA, A.D.; RESENDE, J.L.P. Estudo do momento ótimo de reforma para povoamentos de *Eucalyptus* spp. – o caso da redução dos custos. **Ciência Florestal**, v.12, n.1, p.123-133, 2002.

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.

SOUZA, F.C.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; ALVES, F.F.; FARIA, R.S.; PEREIRA, M.M. Sobrevivência e diâmetro de plantas intactas e brotações de clones de eucalipto. **Revista Floresta e Ambiente**, v.19, n.1, 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.

TEIXEIRA, P.C.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C,L.; TEIXEIRA, J.L. *Eucalyptus urophylla* root growth, stem sprouting and nutrient supply from the roots and soil. **Forest Ecology and Management**, v.160, p. 263-271, 2002.

VALDERATO, E.B.; CARVALHO, A.P.V.; GAMBA, O.S.; DEMOLINARI, M.S.M.; SILVA, E. Árvores geneticamente modificadas: técnicas, aplicações, riscos e os potenciais impactos associados a sua utilização. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.31, n.65, p. 51-61, 2011.

VASCONCELOS,G.C.; VERÍSSIMO, L.A.C.; SILVEIRA, A.A.; BIANCHINI, S. Energia lignocelulosica da biomassa: uma perspectiva sustentável. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, 2007.

XAVIER, A.; BORGES, R.C.G.; CRUZ, C.D.; CECON, P.R. Parâmetros genéticos de características de qualidade da madeira em *Eucalyptus grandis*. **Revista árvore**, v.21, n.1, p.71-78, 1997.

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.

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, p.195-203, 2005.

WHITTOCK, S.P.; GREAVES, B.L.; APIOLAZA, L.A. A cash flow model to compare coppice and genetically improved seedling options for *Eucalyptus globulus* pulpwood plantations. **Forest Ecology and Management**, v.191, p.267-274, 2004.

WILDY, D.T.; JOHN, S.P.; LESLEY, T.S. Walter-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.

## CONCLUSÕES GERAIS

A desbrota para três brotos é recomendada em sistemas agroflorestais por aumentar a transmitância da radiação (menor *IAF*), com produção de madeira de maiores diâmetros.

A produção de madeira para energia elétrica em SAF, em rotações curtas, pode ser obtida sem a realização da desbrota.

A substituição do SAF com a reforma do povoamento viabiliza a obtenção de madeira para produção de carvão vegetal.