

FELIPPE COELHO DE SOUZA

**CRESCIMENTO E POTENCIAL ENERGÉTICO DE PLANTAS INTACTAS
E DE BROTAÇÕES DE PLANTAS JOVENS DE CLONES DE EUCALIPTO**

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
2011**

FELIPPE COELHO DE SOUZA

**CRESCIMENTO E POTENCIAL ENERGÉTICO DE PLANTAS INTACTAS
E DE BROTAÇÕES DE PLANTAS JOVENS DE CLONES DE EUCALIPTO**

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: 18 de fevereiro 2011.

Profª. Maria das Graças Ferreira Reis
(Coorientador)

Prof. Helio Garcia Leite
(Coorientador)

Dr. Paulo Cesar de Lima

Prof. Geraldo Gonçalves dos Reis
(Orientador)

Aos meus avós, Antônio Coelho da Silva (*in memoriam*) e Terezinha Soares de Souza (*in memoriam*), que não podem mais presenciar as minhas conquistas, mas com certeza fazem parte delas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser o meu condutor e protetor.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF), pela oportunidade de realização do Mestrado.

Aos professores Geraldo Gonçalves dos Reis e Maria das Graças Ferreira Reis pela orientação, amizade, críticas que me ajudaram a crescer e pela oportunidade dada para que eu pudesse fazer parte da equipe.

Ao meu Co-Orientador, Professor Hélio Garcia Leite, pela atenção e ajuda para a realização deste trabalho.

A todos os professores e funcionários do DEF que fizeram parte da minha história na UFV.

À Votorantim Siderurgia (VS), pelo apoio para realização desta pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro e logístico para o desenvolvimento da pesquisa.

À Professora Angélica de Cássia Oliveira Carneiro, pela atenção, ajuda e por ter disponibilizado o Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal da UFV para análises e, ao funcionário do laboratório José Aristeu que ajudou na realização destas.

Aos meus colegas de graduação e pós-graduação, em especial meus amigos Marcelo, Daniel Binoti, Sorriso, Baraka, Fabão e Cabañas pelo convívio e companheirismo durante todos esses anos de UFV.

Ao meu amigo e colega de quarto Leandro Silva de Oliveira, pelo convívio e amizade, um pessoa cheia de virtudes, um verdadeiro exemplo para minha vida.

À equipe de amigos do Laboratório de Ecologia e Fisiologia Florestal do Departamento de Engenharia Florestal, pela amizade, confiança, pelo auxílio e esforço na coleta e no processamento dos dados, em especial: Frederico, Hortênsia, Ranieri, Diego, Ronan, Guilherme, Mariana, Carlos Henrique e, aos que passaram por este laboratório: Marco Antônio, Cristina, Guilherme Mielki, Áthila, Regina, Ernani, Filipe, Felipe, Ivan e Jonathan.

Aos meus pais, Celso e Nilce, exemplos de dedicação e amor, por me ensinarem, dentre tantas coisas, a ter dignidade, humildade, responsabilidade e a lutar honestamente sempre que for preciso para alcançar os objetivos.

Ao meu ídolo, irmão e companheiro de profissão Celsinho, pela amizade, companheirismo, lealdade, enfim, por ser o meu melhor amigo.

Aos meus amigos de infância: Wallas, Nelciandro e Aureliano, pelos momentos inesquecíveis vividos em todas as nossas aventuras.

A toda minha família, em especial: meu avô José, minha avó Nicinha, meus tios Edmar, Rita, Mary, minhas primas Ana e Thábata, meu primo e afilhado Edmar Jr, pelo carinho, compreensão, confiança e por estarem sempre torcendo pelo meu sucesso.

À minha namorada Carol, por ser minha fonte de inspiração, por me apoiar sempre, por me fazer feliz todos esses anos, enfim, por ser o presente que Deus me concedeu.

Aos amigos Maria Aparecida, Célio e Roberto, pelo carinho, atenção e amizade durante todos os anos de minha vida.

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

BIOGRAFIA

FELIPPE COELHO DE SOUZA, filho de Celso Soares de Souza e Nilce Maria Coelho de Souza, nasceu no município de Ubá, Minas Gerais, em 2 de janeiro de 1986.

Em março de 2004, ingressou no Curso de Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), graduando-se em janeiro de 2009.

Em março de 2009, 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 2011.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	1
OBJETIVOS	5
CAPÍTULO I.....	6
CRESCIMENTO DE PLANTAS INTACTAS E DE BROTAÇÕES EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO EXPLORADOS EM ROTAÇÕES CURTAS.	6
1. Introdução.....	8
2. Material e métodos.....	9
3. Resultados e Discussão	11
3.1. Sobrevivência e número de brotos	11
3.2. Estimativa de crescimento em diâmetro e altura.....	15
3.3. Estimativa de crescimento em volume.....	20
4. Conclusões	27
5. Referências Bibliográficas	27
CAPÍTULO II	31
POTENCIAL ENERGÉTICO DE PLANTAS INTACTAS E DE BROTAÇÕES EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO EXPLORADOS EM ROTAÇÕES CURTAS	31
1. Introdução	33
2. Material e métodos.....	35
3. Resultados e Discussão	38
3.1. Sobrevivência e número de brotos	38
3.2. Crescimento.....	39
3.3. Avaliação do potencial energético	44
4. Conclusões	49
5. Referências Bibliográficas	49
CONCLUSÕES GERAIS	55

RESUMO

SOUZA, Felipe Coelho de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Crescimento e potencial energético de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clones de eucalipto**. Orientador: Geraldo Gonçalves dos Reis. Coorientadores: Maria das Graças Ferreira Reis e Hélio Garcia Leite.

A biomassa de florestas plantadas de rápido crescimento pode ser uma opção para suprir a elevada demanda por fonte alternativa de energia. Este trabalho teve por objetivo analisar o crescimento e o potencial energético de plantas intactas e de brotações de oito clones de eucalipto submetidos à decepta em estágio juvenil, com ou sem desbrota, sob espaçamento inicial de 3x3 m, visando a produção de biomassa para energia em rotações curtas. O trabalho foi conduzido no município de Vazante, MG (17°36'09"S e 46°42'02"W), na região de cerrado, com déficit hídrico bastante acentuado durante seis meses do ano. A decepta foi realizada em plantas com 13 meses de idade e o crescimento em diâmetro, altura e volume, das plantas intactas e das brotações, foi avaliado até 55 meses após plantio. Aos 55 meses após o plantio, foram retiradas amostras para a determinação do poder calorífico e da densidade da madeira das plantas intactas e das brotações dos seis clones mais produtivos. As maiores estimativas de crescimento em volume por ha das brotações foram obtidas para os clones denominados de 58, GG100, 1000 e 36. Não foi observada diferença

($p > 0,05$) para os valores assintóticos e tendências de crescimento em volume por ha entre os tratamentos com e sem desbrota da maioria dos clones estudados. A produção dos clones 8B e 1270 foi reduzida, não sendo recomendados para plantio na região do estudo. Comparando-se o crescimento das brotações e plantas intactas aos 36 meses, as estimativas de volume por ha das brotações foram 67% maior do que as plantas intactas para o clone 58, 61% para o GG100, 252% para o 1000, 179% para o 36, 54% para o 26 e 93% para o 910, indicando a possibilidade de antecipação da idade de rotação para as brotações. A frequência de brotos, por ha, aos 55 meses após o plantio, foi maior nas classes de diâmetro menores, o que não interfere na produção de biomassa em razão do número maior de fustes por cepa em comparação com as plantas intactas, de fuste único. A produção em massa seca e o potencial energético do clone 1000 foram menores ($p \leq 0,05$) quando houve desbrota, em comparação com o tratamento sem desbrota e plantas intactas, enquanto para o clone 36 o potencial energético foi menor para o tratamento sem desbrota. Não foi observada diferença significativa para os demais clones. Estes resultados indicam a possibilidade de uso da decepa de eucalipto em estágio juvenil e o manejo da brotação em rotações curtas para produção de biomassa para energia em sucessivas rotações, não sendo necessária a realização da desbrota para os clones estudados. Considerando que os povoamentos de eucalipto deverão ser manejados em várias rotações para a produção de biomassa para energia, deve-se dar prioridade a informações sobre potencial energético das brotações.

ABSTRACT

SOUZA, Felipe Coelho de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2011. **Growth and potential energy evaluation of intact plants and coppice from juvenile plants of eucalypt clones.** Adviser: Geraldo Gonçalves dos Reis. Co-Advisers: Maria das Graças Ferreira Reis and Hélio Garcia Leite.

The biomass of fast growth planted forests can be an option to meet the high demand of alternative energy source. This study aimed to analyze the growth and the energy potential of intact plants and coppice with or without sprout thinning, of eight eucalypt clones harvested in juvenile stage, in a 3x3m initial spacing, aimed at biomass production for energy in short rotations. This study was conducted in the municipality of Vazante, MG (17° 36'09"S and 46°42'02"W), in the cerrado region, with very strong water deficit during six months of the year. The decapitation was performed on 13 months old plants and the growth in diameter, height and volume of intact plants and coppice was evaluated until 55 months after planting. At 55 months after planting, wood samples were collected in order to determine its calorific value and the density for intact plants and coppice of the six most productive clones. The highest growth estimates in volume per hectare of the sprouts were displayed by the clones 58, GG100, 1000 and 36. There was no difference ($p > 0.05$) for the asymptotic values and growth trends in volume per hectare between the two levels of sprout thinning of most of the clones. Clones 8B and 1270 presented very low

productivity and are not recommended for planting in the studied region. Comparing the growth of the sprouts and intact plants at 36 months of age, the estimates of volume per hectare of the sprouts were 67% higher than for the intact plants for the clone 58, 61% for the clone GG100, 252% for the clone 1000, 179% for the clone 36, 54% for the clone 26 and 93% for the clone 910, indicating the possibility of anticipating the rotation age for the coppice. The frequency of sprouts per hectare at 55 months after planting was higher in the smallest diameter classes, which does not interfere in biomass production due to the greater number of stems per plant compared with the single stem of intact plants. The dry-weight biomass yield and the potential energy of the clone 1000 were smaller ($p \leq 0.05$) for the coppice with sprout thinning as compared to intact plants and coppice without sprout thinning, while the potential energy of the clone 36 was smaller for the coppice without sprout thinning. There were no differences ($p > 0.05$) among the treatments for the other clones, for these variables. These results indicate that eucalypt harvesting in the juvenile stage and coppice management in short rotations can be used to produce biomass for energy in successive rotations, not being necessary to perform the sprout thinning for the studied clones. A better understanding of coppice growth and energy potential of different eucalypt genetic material is required as the plantations are managed in several rotations for biomass production for energy.

INTRODUÇÃO GERAL

Em 2009, o Brasil atingiu 6,3 milhões de ha com florestas plantadas e, deste total, 4,5 milhões correspondem a florestas de eucalipto, sendo que o Estado de Minas Gerais apresenta a maior área plantada (29%), seguida por São Paulo (23%) e Bahia (14%). A expansão na área plantada com eucalipto é resultado do seu rápido crescimento, curta rotação, alta produção e, da expansão e direcionamento de novos investimentos por parte de empresas de segmentos que utilizam sua madeira como matéria prima em processos industriais. Foram consumidos, aproximadamente, 111 milhões de m³ de madeira de eucalipto em toras, em 2009, e, deste total, 47% foi utilizado pelo segmento de celulose e papel; 29% para lenha industrial; 17% para o setor siderúrgico (carvão vegetal); dentre outros (ABRAF, 2010).

O uso da biomassa ganhou destaque no cenário energético mundial a partir da década de 90, com o surgimento de novas tecnologias de transformação. Além disso, a ameaça de esgotamento dos combustíveis fósseis, as discussões a respeito do desenvolvimento sustentável e a assinatura do Protocolo de Kyoto consolidaram o consumo das diversas formas de biomassa para produção de energia (NOGUEIRA et al., 2000). Atualmente, no Brasil, os sub-produtos da cana-de-açúcar são a principal forma de biomassa utilizada como fonte energética, representando 17% da oferta interna de energia (MME, 2009).

A biomassa de plantios de eucalipto, manejada em sucessivas e curtas rotações, pode ser destinada à produção de energia, inclusive a elétrica (MÜLLER, et

al., 2005; GOMES et al., 2006; ARANTES, et al.,2008; BRAND et al., 2009). A biomassa de florestas plantadas, além de ser uma fonte renovável de energia, tem-se destacado pela elevada produção, apresentando grande participação na matriz energética brasileira (MME, 2009).

Com a recente crise econômica mundial, as empresas florestais passaram a adotar o sistema de talhadia em detrimento da reforma dos povoamentos, visando reduzir custos de produção, uma vez que este método de manejo dispensa gastos com a produção de mudas, preparo de solo, plantio, entre outras atividades (CAMARGO et al., 1997). Para as empresas associadas à Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF), os plantios novos de eucalipto, que em 2008 foram de 188 mil ha, reduziram-se para 67 mil em 2009. As áreas de reforma reduziram-se de 194 mil ha, em 2008, para 103 mil, em 2009, queda de 64% e 47%, respectivamente. Em contrapartida, os plantios conduzidos por talhadia apresentaram crescimento de aproximados 201% em 2009 em comparação ao ano anterior, quando a área de talhadia passou de 19 mil ha para 56 mil (ABRAF, 2010).

Para o manejo das florestas de eucalipto visando a produção de energia em rotações curtas, há necessidade de maior entendimento do processo de emissão e crescimento da brotação, uma vez que essas florestas energéticas são manejadas em sucessivas rotações. No Brasil, tem sido aplicada, em maior escala, a talhadia simples com a colheita dos povoamentos de eucalipto entre 5 e 7 anos, para fins energéticos bem como para outros usos (REIS e REIS, 1997; NOBRE e RODRIGUEZ, 2001). Porém, com o uso de rotações muito curtas, ocorrendo a exploração do povoamento em idades muito jovens, a brotação pode ter comportamento diferenciado em relação a cortes da floresta em rotações mais longas.

O manejo das brotações com a decepa de plantas jovens foi estudado recentemente com o objetivo de obtenção de madeira de dimensões reduzidas, em ciclo mais curto, com a antecipação do retorno financeiro, em sistemas agroflorestais (OLIVEIRA et al., 2008; CACAU et al., 2008). Esta técnica pode ser útil, também, para a recuperação de povoamentos jovens em situações de comprometimento do plantio por geada, incêndio, ataque de pragas e doenças, e seca de ponteiro em consequência de deficiência hídrica ou nutricional. Nestas situações, ao invés de reformar o plantio, pode-se aplicar a decepa das plantas jovens e conduzir a sua brotação, de modo a obter um novo povoamento, desde que não tenha ocorrido dano permanente à cepa (CACAU et al., 2008). As brotações apresentam crescimento

inicial maior do que povoamentos de alto fuste em mesma idade. Assim, pode-se obter produtividade máxima em idades mais jovens, e antecipar a colheita (KAUPPI et al., 1988; HARRINGTON e FOWNES, 1993; SIMS et al., 2001).

Este estudo tem o objetivo de avaliar a possibilidade de manejar florestas clonais de eucalipto em povoamentos densos, através da decepta de plantas jovens que proporcione manejo das brotações de forma a produzir biomassa em rotações curtas para energia. Espera-se que, com o manejo adequado do povoamento em sucessivas rotações, haja manutenção ou aumento da produção da floresta, e, que a madeira produzida pelas brotações apresente características energéticas adequadas para a produção de energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2009/ABRAF**. Brasília, 2010. 90p. 2010. Disponível em: <www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>. Acesso em: 5 de outubro de 2010.

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.

BRAND, M.A.; OLIVEIRA, L.C.; MARTINS, S.A.; LACERDA, S.R.; JUNIOR, L.S. Potencialidade de uso de biomassa de florestas nativas sob manejo sustentável para a geração de energia. In: Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (CITENEL), 5, 2009, Belém/PA. **Anais...**Belém: 2009. 8p.

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

GOMES, S.I; PARAÍSO, P.R; ANDRADE, C.M.G. Análise preliminar da viabilidade de cultivos florestais para produção de energia elétrica. **Espaço Energia**, n.4, 10p, 2006.

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.

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.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA . **Balço Energético Nacional**. Brasília: MME, 2009, 276 p.

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.

NOBRE, S.R.; RODRIGUEZ, L.C.E. A. Um método para composição e avaliação econômica de regimes de talhadia simples. **Scientia Forestalis**, n.60, p.29-44, 2001.

NOGUEIRA, L.A.H.; LORA, E.E.S.; TROSSERO, M.A.; FRISK, T. **Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações**. Brasília: ANEEL, 2000. 144p.

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.

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.

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.

OBJETIVOS

Geral

Analisar o crescimento e o potencial energético de plantas intactas e de brotações de oito clones de eucalipto submetidos à decepta em estágio juvenil, com ou sem desbrota, sob espaçamento 3x3m, visando a produção de biomassa para energia em rotações curtas.

Específicos

1. Avaliar o crescimento de oito clones quando submetidos a decepta em estágio juvenil, em comparação com plantas intactas.
2. Comparar clones decepados e desbrotados para dois brotos com clones decepados sem desbrota, visando analisar a necessidade de execução da desbrota neste sistema.
3. Avaliar a possibilidade de uso de decepta de plantas jovens para recuperação de povoamentos com crescimento comprometido em função de danos biológicos (pragas e doenças) ou ambientais (deficiência hídrica, incêndio e outros).

CAPÍTULO I

CRESCIMENTO DE PLANTAS INTACTAS E DE BROTAÇÕES EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO EXPLORADOS EM ROTAÇÕES CURTAS

Resumo – A demanda por energia é elevada e a biomassa de florestas de rápido crescimento, a exemplo do eucalipto, pode ser uma fonte alternativa de energia. Este trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento de plantas intactas e de brotações de oito clones de eucalipto submetidos à decepa em estágio juvenil, em espaçamento 3x3 m, visando a produção de biomassa para energia em rotações curtas. O trabalho foi conduzido no município de Vazante, MG (17°36'09"S e 46°42'02"W), na região de cerrado, com déficit hídrico bastante acentuado durante seis meses do ano. Foi avaliado o crescimento em diâmetro, altura e volume por ha, até a idade de 55 meses, de plantas intactas e, de plantas submetidas a decepa aos 13 meses de idade com desbrota para dois brotos aos nove meses após decepa e, sem desbrota. Os clones 8B e 1270 apresentaram produção muito baixa para plantas intactas e brotações, não sendo indicados para a região de estudo. A maior estimativa de crescimento em volume por ha para plantas intactas e brotações foi obtida para o clone GG100, seguido dos clones 1000, 58 e 36. Não houve diferença ($p>0,05$) para os valores assintóticos e tendências de crescimento em volume por ha entre os tratamentos com

e sem desbrota para a maioria dos clones. Comparando-se o crescimento das brotações e plantas intactas aos 36 meses, as estimativas de volume por ha das brotações foram 67% maior do que para as plantas intactas para o clone 58, 61% para o GG100, 252% para o 1000, 179% para o 36, 54% para o 26 e 93% para o 910. Estes resultados indicam que a decepa de eucalipto em estágio juvenil, em espaçamento adensado, pode ser utilizada para produção de madeira em rotações curtas, com resultados promissores principalmente para os clones GG100, 1000, 58 e 36, que foram mais produtivos, não sendo necessário realizar desbrota.

Palavras-chave: Talhadia, biomassa para energia, rotações curtas

Abstract – There is an increasing demand for energy and the biomass of fast growing trees, such as eucalypt, can be an alternative source of energy. This study aimed to evaluate the growth of intact plants and coppice from juvenile plants of eight eucalypt clones in a 3x3 m spacing, to produce biomass for energy in short rotations. This study was conducted in the municipality of Vazante, MG (17°36'09"S and 46°42'02"W), in the cerrado region, which presents very strong water deficit during six months of the year. Thirteen months old plants were decapitated and the growth in diameter, height and volume per hectare was obtained over an age sequence, up to the age of 55 months, for intact plants and, for coppice from juvenile plants without sprout thinning and with thinning to two sprouts nine months after coppicing. Clones 8B and 1270 presented the lowest productivity for the intact plants and coppice, indicating that they are not adequate for planting in this region. The highest estimation of growth in volume per hectare for intact and coppice plants was obtained for the GG100 clone, followed by the clones 1000, 58 and 36. There were no differences ($p>0.05$) between growth of thinned and no-thinned sprouts for most clones. Comparing the growth of the sprouts and intact plants at 36 months of age, the estimates of volume per hectare of the sprouts were 67% higher than for the intact plants for the clone 58, 61% for the clone GG100, 252% for the clone 1000, 179% for the clone 36, 54% for the clone 26 and 93% for the clone 910. The overall results indicate that by decapitating juvenile plants of eucalypt clones, in dense stands, it is possible to produce wood for energy in short rotations, being the best results obtained for the clones GG100, 1000, 58 and 36. Sprout thinning is not required for these clones.

Keywords: Coppice, biomass for energy, short rotations

1. Introdução

No Brasil, estudos sobre a condução de brotação de povoamentos florestais adulto de eucalipto foram realizados até meados da década de 2000, quando grande parte das florestas plantadas de eucalipto era manejada por talhadia (COUTO et al., 1973; PEREIRA et al., 1980; PAIVA et al., 1983; SIMÕES e COTO, 1985; RIBEIRO et al., 1987; HIGA e STURION, 1991; FINGER et al., 1993; ANDRADE et al., 1997; MIRANDA et al., 1998; HIGA e STURION, 2000; SILVEIRA et al., 2000; NOBRE e RODRIGUEZ, 2001; FARIA et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2002; CAVICHIOLO et al., 2004; DEDECEK e GAVA, 2005). Com o advento da silvicultura clonal, as florestas de eucalipto de baixa produção foram substituídas por novos materiais genéticos imediatamente após o primeiro corte da floresta (STAPE, 1997), reduzindo a área sob regime de talhadia, tornando os estudos sobre brotação, na última década, menos interessantes e atrativos. O manejo da brotação implica em redução de custos de produção (CAMARGO et al., 1997). Por isso, principalmente após a recente crise econômica mundial, os plantios de eucalipto deixaram de ser reformados para, em sua maioria, serem manejados sob o regime de talhadia. O manejo de brotações cresceu, aproximadamente, 201% em 2009 em comparação com o ano anterior, nas empresas associadas à Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2010).

O manejo das brotações com a decepa de plantas jovens de clones de eucalipto tem sido estudado recentemente com o objetivo de produção de madeira de dimensões reduzidas, em ciclo mais curto, permitindo imediato retorno financeiro, em sistemas agroflorestais (SAF) (OLIVEIRA et al., 2008; CACAU et al., 2008). Oliveira et al. (2008) observaram que, aos 24 meses após o plantio, a biomassa de caule da brotação, por cepa, de plantas de clone de eucalipto decepadas aos nove meses após o plantio, foi similar à de plantas intactas, indicando que a decepa, nesta idade, deve apresentar produção de biomassa de caule mais elevada em avaliações futuras. A taxa de crescimento inicial da brotação é maior do que a de povoamentos de alto fuste em mesma idade, podendo resultar em obtenção da produtividade máxima em idades mais jovens, e, então, ser possível antecipar a colheita (KAUPPI et al., 1988; HARRINGTON e FOWNES, 1993; SIMS et al., 2001; CACAU et al., 2008).

A madeira produzida com a decepta de plantas jovens pode ser explorada em rotações muito curtas, dentre outros, para fins de geração de energia, inclusive a elétrica (BAKER, et al., 1999; SENELWA e SIMS, 1999; MÜLLER, et al., 2005; VASCONCELOS et al., 2007; BRAND et al., 2009), em SAF ou em espaçamentos reduzidos. Os resíduos vegetais, ou seja, a sua biomassa como um todo, já são utilizados para a geração de energia elétrica (MÜLLER, et al., 2005) e, como o País apresenta elevado potencial para a produção de madeira de eucalipto a custo relativamente baixo, é de grande relevância o desenvolvimento de tecnologias que viabilizem a utilização de madeira proveniente de povoamentos de eucalipto para a geração de energia elétrica (MACEDO, 2001). Ainda não há trabalhos que indiquem a viabilidade da decepta de plantas jovens de clones de eucalipto, como alternativa para o manejo de florestas jovens, sob espaçamentos reduzidos, para a produção de energia.

A decepta de plantas jovens, também, pode ser utilizada para recuperação de povoamentos recém implantados que sofreram alguma espécie de injúria, desde que os danos fisiológicos não tenham sido muito intensos, conforme discutido por Cacao et al. (2008). E, quando a decepta é realizada em SAF, é possível a implantação de mais um ano de cultura agrícola, quando se priorizam as culturas anuais, em razão de se ter maior incidência de radiação na entrelinha (OLIVEIRA, 2006).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de brotações de clones de eucalipto submetidos à decepta em estágio juvenil, com ou sem desbrota, visando a produção de biomassa para energia em rotações curtas.

2. Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido em área da Votorantim Siderurgia (VS), no município de Vazante, Minas Gerais (17°36'09"S e 46°42'02"W, com altitude de 550 m). A vegetação natural na região é cerrado, e, o tipo de solo predominante é o Latossolo Vermelho distrófico com textura argilosa. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo "AW", caracterizado por extenso período com baixa precipitação. A temperatura média anual é 26,5°C e, a precipitação média anual 1350 mm, apresentando déficit hídrico médio de 480 mm, predominantemente no período de março a outubro, com base em dados da empresa para o período de

1999 a 2009 (Figura 1). O déficit hídrico na região de estudo pode atingir valores de até 722 mm/ano (OLIVEIRA et al., 2008).

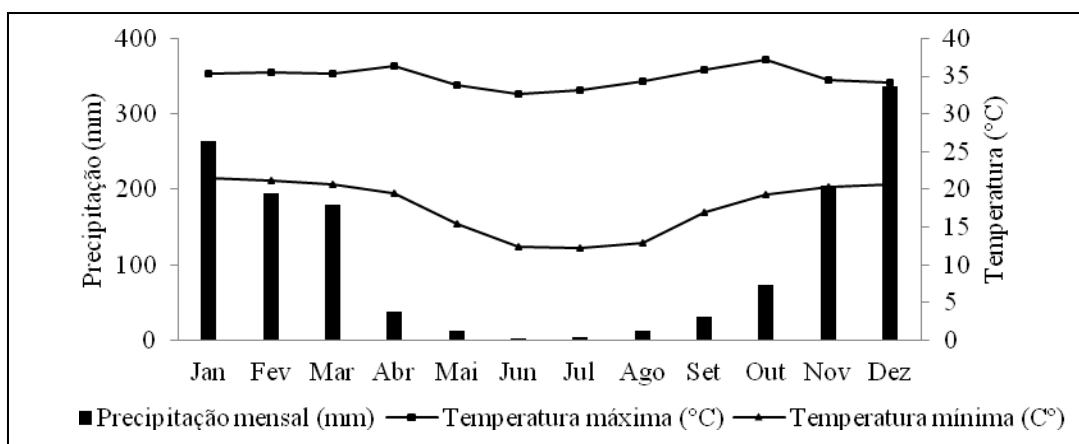


Figura 1. Características climáticas para a área experimental no período de 1999 a 2009.

A pesquisa foi desenvolvida em um povoamento com oito clones de eucalipto, estabelecidos no campo em julho de 2005, em espaçamento 3,0 x 3,0 m. Os clones utilizados são: GG100 (híbrido artificial de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*); 1270, 1000, 26, 8B (híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*); 36 e 910 (híbridos naturais de *Eucalyptus camaldulensis*); e, 58 (híbrido artificial de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis*) que é um dos clones mais utilizados pela empresa. O preparo do solo para o plantio do eucalipto constituiu-se de uma subsolagem a uma profundidade de 30-40 cm, com a adição de 150 kg de fosfato reativo de gafsa por hectare. Foram aplicados 4 t/ha de calcário dolomítico zinal (85% de PRNT) em área total. A adubação para o plantio constituiu-se de 150 g de NPK 10-28-06 + 0,5% de Zn + 0,3% de B por planta e, adubação de cobertura de 279 kg ha⁻¹ de NPK 20-0-20.

Plantas de cada clone foram submetidas a decepa, em agosto de 2006 (13 meses de idade), utilizando serrote de desrama, com tratamento envolvendo a desbrota para dois brotos, aos nove meses após a decepa e, tratamento sem desbrota, além das plantas intactas. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, com três repetições. Cada parcela foi constituída de quatro linhas de plantas e nove plantas por linha. A partir da terceira planta da segunda e terceira linhas de cada parcela, foram marcadas cinco plantas em cada linha, que constituíram a área útil (90 m²) para as avaliações do crescimento da altura e do diâmetro. O diâmetro a 1,3m de

altura (Dap) e a altura total (Ht) das plantas intactas e das brotações foi avaliado a partir de nove meses após a decepa, tendo sido feitas avaliações aos 12, 33, 39, 45 e 55 meses após o plantio.

Aos 45 meses após o plantio, foi realizada uma cubagem em pé de três árvores por parcela de cada tratamento. As medições de diâmetro com casca foram realizadas a cada metro da planta, iniciando-se em 0,3 m até 4,3 m, sendo empregada a fórmula de Smalian para a cubagem até esta altura. O restante do volume do fuste foi estimado através da fórmula do cone. O volume individual de cada fuste foi obtido por meio de equações volumétricas geradas a partir do modelo $\text{LnV} = \beta_0 + \beta_1 \text{LnDap} + \beta_2 \text{LnHt} + e$.

Para cada tratamento de cada clone foram geradas as variáveis volume por ha, incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA). A análise do Dap , Ht , volume por ha ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) em função da idade foi realizada por meio da análise de regressão não-linear, utilizando o modelo logístico:

$$Y_i = \frac{\alpha}{1 + \beta e^{(-\gamma I_i)}} + \varepsilon_i, \quad \text{com taxa de crescimento: } \frac{dY_i}{dI_i} = \frac{\gamma Y_i (\alpha - Y_i)}{\alpha}, \quad \text{em que}$$

Y_i = variável dependente (diâmetro a 1,3 m de altura, em cm; altura total, em m; e volume em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$); I_i = idade do povoamento, em meses; α , β e γ = parâmetros do modelo; ε_i = erro aleatório, $\varepsilon \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

O modelo logístico foi selecionado com base em critérios usuais de avaliação de modelos, tais como: correlação entre valores observados e estimados, distribuição dos resíduos e realismo biológico dos modelos selecionados.

A fim de avaliar a igualdade estatística entre as curvas de crescimento de plantas intactas e brotações com e sem desbrota de cada clone, empregou-se um teste de identidade de modelo. Quando não houve diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste F, foi ajustado um único modelo. Esta análise foi realizada para todas as variáveis.

3. Resultados e Discussão

3.1. Sobrevivência e número de brotos

A sobrevivência variou de 100 a 83% para as brotações dos oito clones, aos 55 meses após o plantio. Este resultado foi semelhante a diversos trabalhos sobre

sobrevivência de brotações após o corte de árvores adultas, de várias espécies de eucalipto, no Brasil (HIGA e STURION, 1991; CAMARGO et al., 1997; GRAÇA e TOTH, 1990; GRAÇA et al., 1999). O menor valor para sobrevivência foi observado para o clone 1270. A taxa de sobrevivência foi decrescendo gradativamente ao longo dos anos até a última medição, com o tratamento de planta intacta apresentando sobrevivência de 73%, e, de decepa com e sem desbrota, 87% e 83%, respectivamente. O déficit hídrico acentuado da região pode ter afetado severamente a sobrevivência desse clone, possivelmente, em razão de ser híbrido natural de *Eucalyptus urophylla*, que não é tão resistente ao déficit hídrico quanto materiais provenientes de *E. camaldulensis* (GOMES, 1994). Os brotos dos clones 36 e 58, híbridos de *E. camaldulensis*, apresentaram as maiores taxas de sobrevivência (97 a 100%), em razão da sua resistência à seca e elevada capacidade de emissão de brotações. Para os demais clones, os valores de sobrevivência ficaram entre 83 e 97% para plantas intactas e brotações (Figura 2). A elevada capacidade das espécies de eucalipto em emitir brotação deve estar relacionada à quantidade de gemas dormentes na cepa, sendo, também, de elevada importância a quantidade de reservas presente nas raízes (BLAKE, 1983; KABEYA e SAKAI, 2005).

Os clones 58 e 1270 apresentaram o maior número médio de brotos (4) para os tratamentos sem desbrota, nos primeiros meses após a decepa. Entretanto, para o clone 1270, a supressão natural dos brotos nas cepas foi bastante acentuada, e, aos 42 meses após a decepa, o número médio de brotos caiu para 1,8, enquanto para o clone 58 este valor foi de 3,5. A competição entre os brotos nas cepas e a baixa disponibilidade de água no solo após o período de emissão das brotações, podem ter contribuído para a supressão natural dos brotos do clone 1270. Os clones GG100, 910 e 8B, também, apresentaram elevado número de brotos nas cepas (3), nos primeiros meses após a decepa, mantendo cerca de 2,4 brotos, enquanto os clones 26 e 36 mantiveram apenas 1,9 brotos para o tratamento sem desbrota na última medição (Figura 3).

Para o tratamento com desbrota, o clone 58 foi o único que manteve dois brotos por cepa ao longo dos anos. Para os clones GG100, 1270 e 26 o número de brotos caiu para 1,6 na última medição, e, valores de 1,5, 1,7 e 1,8 foram observados para os clones 36, 910 e 8B, respectivamente. O clone 1000 foi o que apresentou o menor número de brotos na última medição, sendo 1,4 para o tratamento com desbrota, e 1,8 para o sem desbrota (Figura 3).

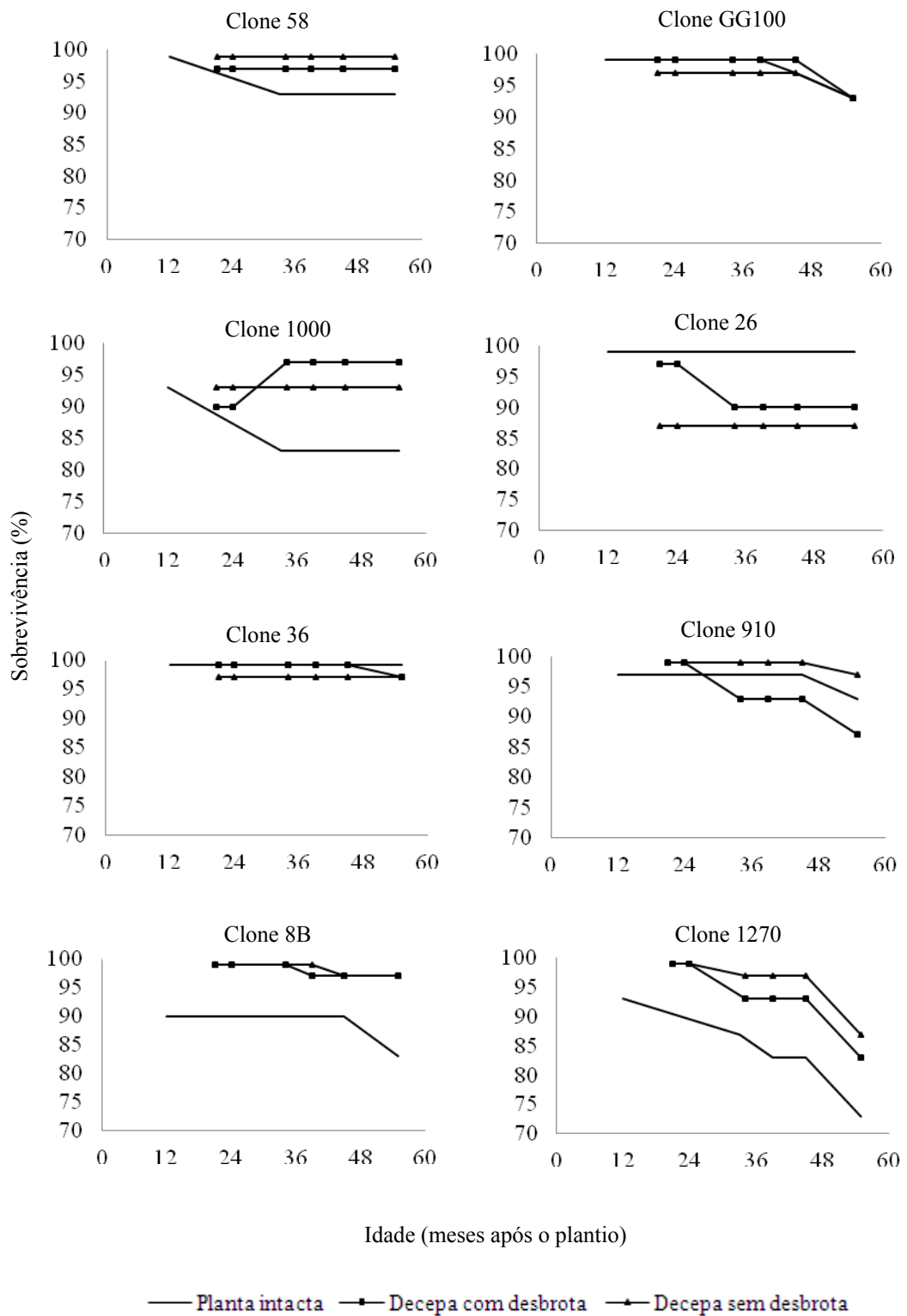


Figura 2. Sobrevivência de plantas intactas e de cepas (com e sem desbrota) de clones de eucalipto, até 55 meses após o plantio, em Vazante, MG

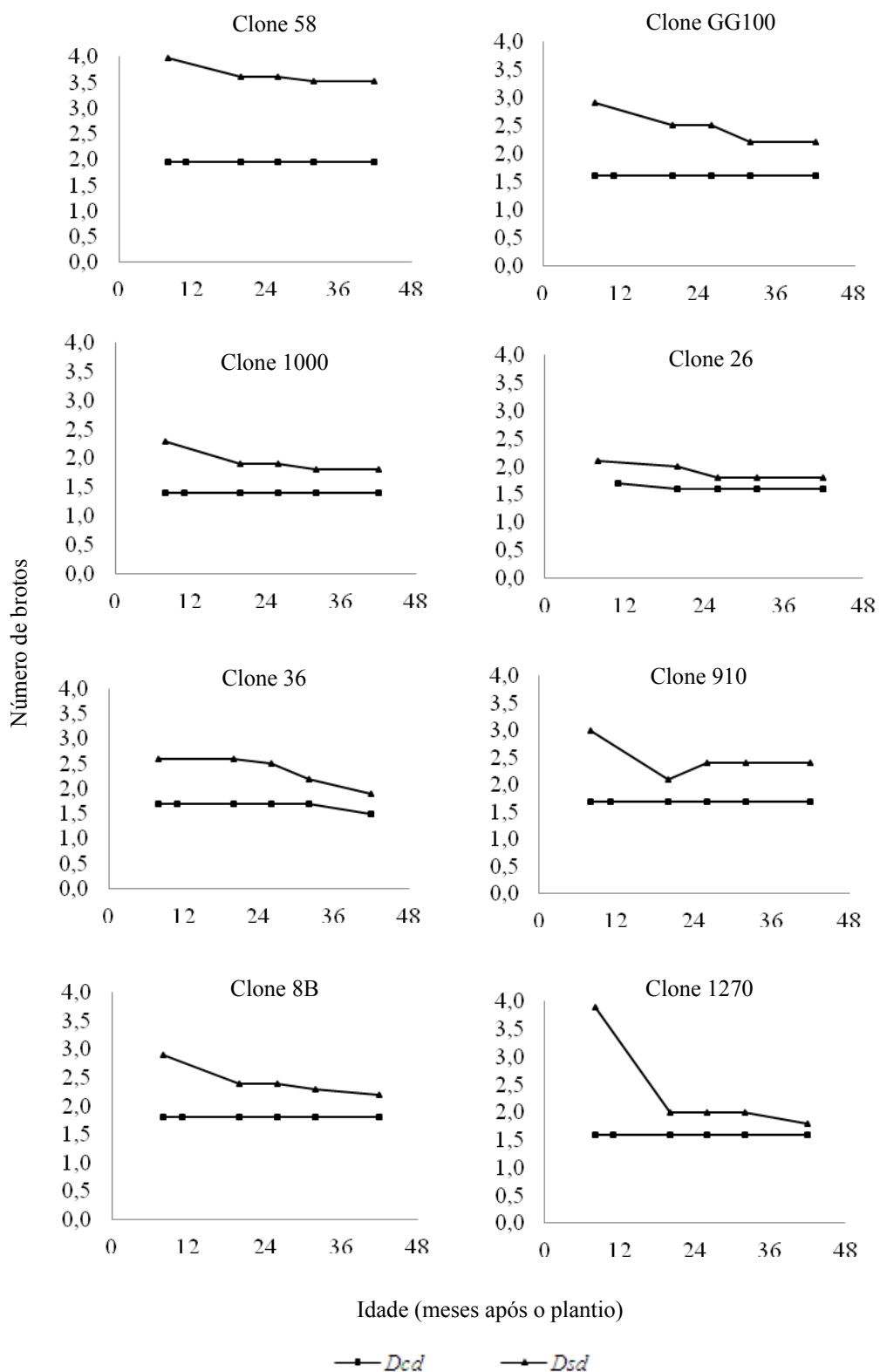


Figura 3. Número de brotos de plantas decepadas, com e sem desbrota, de clones de eucalipto, até a idade de 42 meses após a decepa, em Vazante, MG. *Dcd* = Decepa com desbrota; *Dsd* = Decepa sem desbrota.

3.2. Estimativa de crescimento em diâmetro e altura

Os valores assintóticos (parâmetro α) e as tendências de crescimento em diâmetro não diferiram ($p>0,05$) entre plantas intactas e brotações com e sem desbrota para os clones 1000, 36, 910 e 1270, tendo sido verificado diferença significativa para os clones 58, GG100, 26 e 8B. E, para a altura total não houve diferença ($p>0,05$) entre os tratamentos para os clones 1000, 26, 910, 8B e 1270, enquanto os três tratamentos diferiram significativamente entre si para os clones 58, GG100 e 36 (Figuras 4 e 5, Tabela 1). A baixa capacidade de sustentação de brotos pode ter favorecido o crescimento em diâmetro e altura das brotações dos clones 1000 e 1270, em diâmetro para o clone 36 e em altura para o clone 26, devido à redução da competição entre brotos nas cepas. Usualmente, ocorre maior crescimento em diâmetro das brotações quando se tem menor número de brotos por cepa (JORGENSEN, 1967; COUTO et al. 1973; PAIVA et al., 1983; SIMÕES e COTO, 1985; KLEIN et al., 1997). O clone 910, mesmo com número maior de brotos por cepa no tratamento sem desbrota (2,4), apresentou valores assintóticos para crescimento em diâmetro e altura das brotações semelhante ao das plantas intactas. Esta resposta poderia ser justificada pela possível maior resistência deste material genético à seca, uma vez tratar-se de híbrido de *E. camaldulensis*.

O clone 58 apresentou o maior número médio de brotos para os tratamentos decepados, com (2) e sem desbrota (3,5), justificando, assim, a diferença entre as estimativas de crescimento em diâmetro e altura das plantas intactas e brotações em razão da acirrada competição entre brotos. Simões e Coto (1985) observaram redução no diâmetro dos brotos com o aumento de um para dois brotos por cepa de *E. saligna*, e altura média inversamente proporcional ao número de brotos. Os diâmetros máximos projetados para as plantas decepadas, com e sem desbrota, representaram, respectivamente, 79 e 69% do valor máximo estimado para as plantas intactas desse clone e as alturas máximas representaram, respectivamente, 60 e 53%. Resultados similares foram encontrados por Cacau et al. (2008) para o mesmo clone, em espaçamento amplo (9,5 x 4m). Os diâmetros máximos projetados para as plantas decepadas sem desbrota dos clones GG100, 26 e 8B representaram, aproximadamente, 65% do valor estimado para as plantas intactas destes clones e, para o tratamento com desbrota esta relação foi de 88%; 91% e 79%, respectivamente (Figuras 4 e 5, Tabela 1).

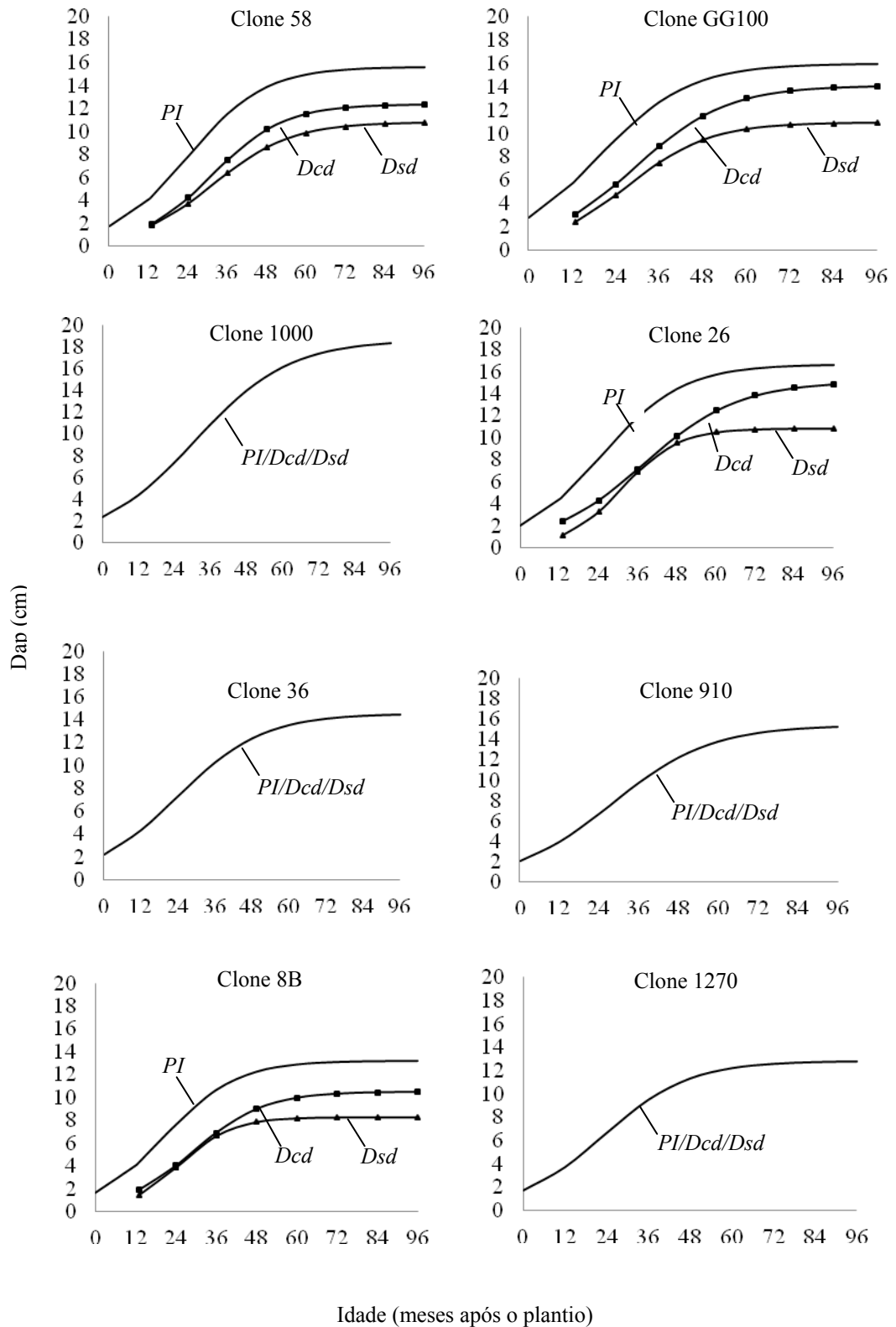


Figura 4. Curvas de crescimento em diâmetro (*Dap*) de plantas intactas e de brotações de oito clones de eucalipto, em Vazante, MG. *PI* = Planta intacta; *Dcd* = Decepa com desbrota; *Dsd* = Decepa sem desbrota.

Tabela 1. Equações ajustadas para diâmetro (*Dap*), altura total, volume ($m^3 ha^{-1}$) em função da idade (*I*) e incremento médio (*IMA*) máximo para oito clones de eucalipto para plantas intactas e decepadas, com e sem desbrota, em Vazante, MG

Clones	Trat.	<i>Dap</i> (cm)					Altura total (m)					Volume ($m^3 ha^{-1}$)					<i>IMA</i> máximo	
		$\alpha^{(1)}$	$\beta^{(1)}$	$\gamma^{(1)}$	$r_{\hat{y}y}^{(2)}$	$S_{yx}^{(3)}$	$\alpha^{(1)}$	$\beta^{(1)}$	$\gamma^{(1)}$	$r_{\hat{y}y}^{(2)}$	$S_{yx}^{(3)}$	$\alpha^{(1)}$	$\beta^{(1)}$	$\gamma^{(1)}$	$r_{\hat{y}y}^{(2)}$	$S_{yx}^{(3)}$	Idade (mês)	$m^3 ha^{-1} ano^{-1}$
58	PI	15,6288	7,9678	0,0865	0,991	0,56	34,7167	9,3610	0,0484	0,997	0,47	186,2223	46,0399	0,0916	0,996	4,76	58	31,4
	Dcd	12,3608	5,2814	0,0915	0,987	0,43	20,9771	5,5959	0,0706	0,995	0,42	173,0662	94,1498	0,1456	0,987	8,18	43	40,9
	Dsd	10,7771	4,7994	0,0842	0,918	1,06	18,6729	5,0452	0,0695	0,988	0,58	173,0662	94,1498	0,1456	0,987	8,18	43	40,9
GG100	PI	16,0088	4,7484	0,0808	0,993	0,46	32,0916	5,9516	0,0461	0,991	0,72	300,2742	53,6857	0,0818	0,998	3,94	67	44,0
	Dcd	14,1146	3,6135	0,0792	0,990	0,37	34,5765	6,8144	0,0560	0,996	0,49	202,7448	44,5008	0,1195	0,989	7,95	44	44,9
	Dsd	10,9203	3,5164	0,0886	0,971	0,58	23,9576	5,3408	0,0636	0,979	0,92	202,7448	44,5008	0,1195	0,989	7,95	44	44,9
1000	PI	18,6527	7,1005	0,0637	0,947	1,25	25,6081	7,3919	0,0605	0,972	1,04	232,3386	367,3932	0,1185	0,999	3,37	66	36,8
	Dcd	18,6527	7,1005	0,0637	0,947	1,25	25,6081	7,3919	0,0605	0,972	1,04	148,4036	79,1878	0,1376	0,963	11,74	43	34,1
	Dsd	18,6527	7,1005	0,0637	0,947	1,25	25,6081	7,3919	0,0605	0,972	1,04	148,4036	79,1878	0,1376	0,963	11,74	43	34,1
26	PI	16,6129	7,3431	0,0805	0,994	0,48	31,8739	8,1159	0,0517	0,979	1,04	170,6404	101,7619	0,1354	0,983	10,02	46	37,1
	Dcd	15,1239	5,4161	0,0686	0,947	0,96	31,8739	8,1159	0,0517	0,979	1,04	170,6404	101,7619	0,1354	0,983	10,02	33	37,1
	Dsd	10,8489	8,2685	0,1165	0,979	0,63	31,8739	8,1159	0,0517	0,979	1,04	170,6404	101,7619	0,1354	0,983	10,02	33	37,1
36	PI	14,5330	5,5095	0,0720	0,973	0,73	26,0713	6,0551	0,0534	0,994	0,54	191,4163	402,0299	0,1288	0,995	5,60	62	32,6
	Dcd	14,5330	5,5095	0,0720	0,973	0,73	29,8176	8,0026	0,0639	0,995	0,53	165,3192	73,7067	0,1378	0,995	4,72	43	38,6
	Dsd	14,5330	5,5095	0,0720	0,973	0,73	25,9298	6,7523	0,0633	0,969	1,20	165,3192	73,7067	0,1378	0,995	4,72	43	38,6
910	PI	15,4002	6,4670	0,0671	0,971	0,78	26,4991	7,1782	0,0574	0,987	0,69	177,0860	96,4465	0,1014	0,996	4,48	61	29,1
	Dcd	15,4002	6,4670	0,0671	0,971	0,78	26,4991	7,1782	0,0574	0,987	0,69	120,7446	48,0048	0,1223	0,992	4,24	44	27,0
	Dsd	15,4002	6,4670	0,0671	0,971	0,78	26,4991	7,1782	0,0574	0,987	0,69	158,1418	81,8214	0,1355	0,997	3,82	44	35,6
8B	PI	13,2385	6,9316	0,0934	0,976	0,78	24,8795	4,9802	0,0499	0,966	1,07	118,5793	47,7146	0,0974	0,988	5,49	55	21,1
	Dcd	10,4788	4,5181	0,0941	0,946	0,75	24,8795	4,9802	0,0499	0,966	1,07	111,9447	53,8049	0,1456	0,989	5,22	38	29,2
	Dsd	8,2742	4,5177	0,1265	0,948	0,67	24,8795	4,9802	0,0499	0,966	1,07	111,9447	53,8049	0,1456	0,989	5,22	38	29,2
1270	PI	12,8230	6,5611	0,0813	0,923	1,23	15,2283	5,2642	0,0716	0,950	1,04	72,1350	33,3734	0,1081	0,976	4,83	45	15,3
	Dcd	12,8230	6,5611	0,0813	0,923	1,23	15,2283	5,2642	0,0716	0,950	1,04	72,1350	33,3734	0,1081	0,976	4,83	32	15,3
	Dsd	12,8230	6,5611	0,0813	0,923	1,23	15,2283	5,2642	0,0716	0,950	1,04	93,8097	57,6952	0,1506	0,984	5,71	37	24,9

⁽¹⁾ α, β e γ = Parâmetros do modelo logístico na forma $Y = \alpha (1 - \beta e^{-\gamma x})^{-1}$; ⁽²⁾ $r_{\hat{y}y}$ = Coeficiente de correlação; ⁽³⁾ S_{yx} = Erro-padrão dos resíduos; *PI* = Planta intacta; *Dcd* = Decepa com desbrota; *Dsd* = Decepa sem desbrota.

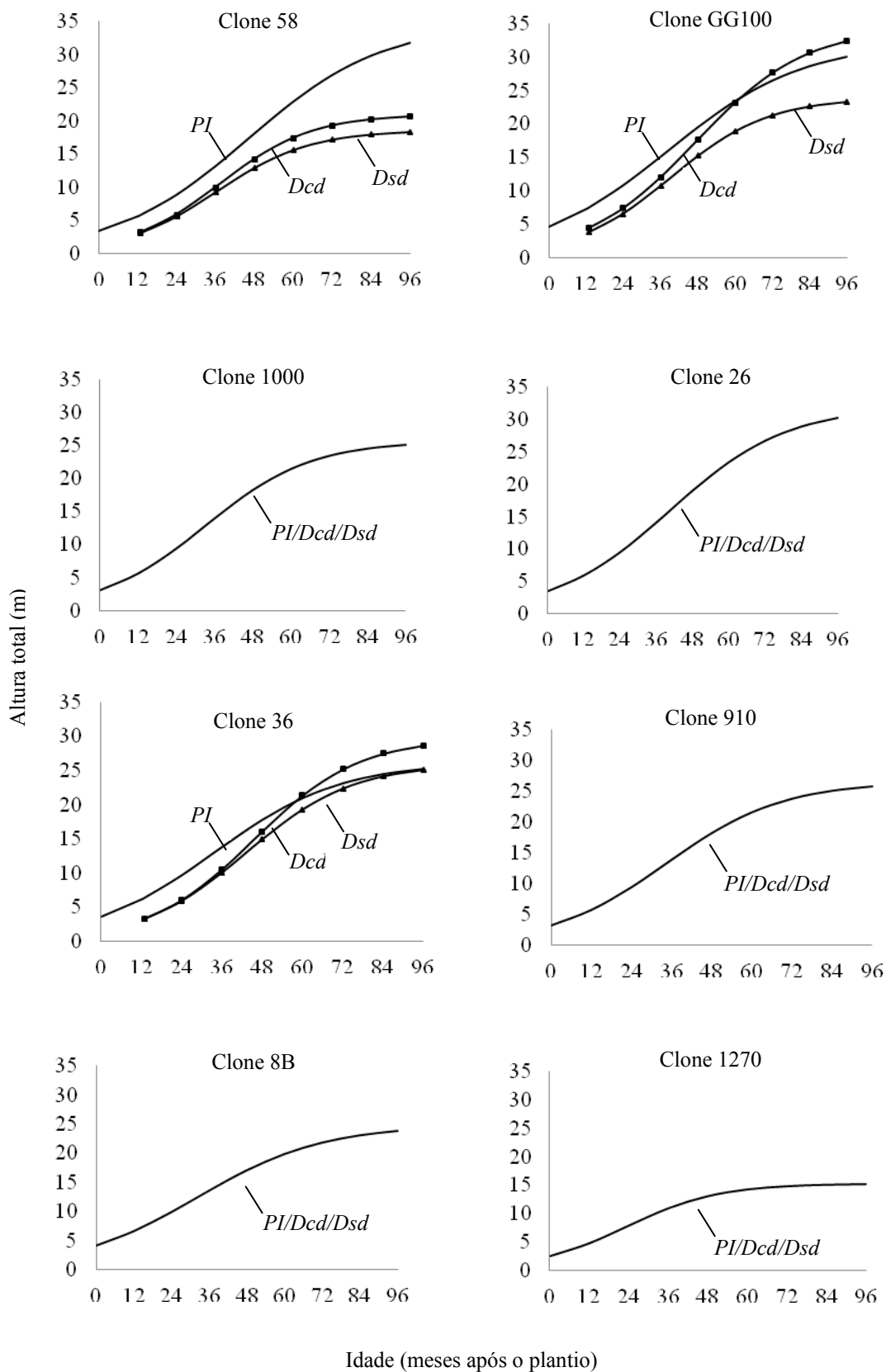


Figura 5. Curvas de crescimento em altura total de plantas intactas e de brotações de oito clones de eucalipto, em Vazante, MG. *PI* = Planta Intacta; *Dcd* = Decepa com desbrota; *Dsd* = Decepa sem desbrota.

Os maiores valores assintóticos para crescimento em diâmetro (parâmetro α) foram observados para os clones 1000, GG100 e 26 e, em altura, para os clones 58, GG100 e 26. O clone GG100, embora tenha apresentado elevados valores assintóticos para crescimento em diâmetro e altura das plantas intactas, teve valor baixo para a brotação quando não foi realizada a desbrota. As alturas máximas projetadas dos brotos no tratamento com desbrota para os clones GG100 e 36 foram maiores do que para as plantas intactas. Quando houve a desbrota para dois brotos para estes clones, observou-se redução para 1,5 brotos por cepa. Esta redução drástica do número de brotos dos clones GG100 e 36 resultou em menor competição implicando em aumento da altura dos mesmos. De maneira geral, os clones 8B e 1270 apresentaram os menores valores assintóticos para crescimento em diâmetro e altura, indicando que podem não estar adaptados às severidades ambientais da região no que se refere ao clima e solo (Figuras 4 e 5, Tabela 1).

3.3. Estimativa de crescimento em volume

As maiores estimativas de crescimento em volume por ha foram obtidas para os clones 58, GG100, 1000 e 36 e os valores assintóticos e as tendências de crescimento variaram ($p \leq 0,05$) entre plantas intactas e brotações destes clones (Figura 6, Tabela 1). Porém, não foi verificada diferença estatística quando foram comparados os tratamentos com e sem desbrota, indicando não haver a necessidade da realização da desbrota para estes clones. Cacao et al. (2008) verificaram que é possível manejar brotações dos clones 58 e 19 sem a aplicação de desbrota, de forma a produzir madeira de dimensões reduzidas, mantendo a produção similar à de plantas intactas.

As estimativas de produção máxima (parâmetro α) dos brotos dos clones 58 e 36, com e sem desbrota, foram, respectivamente, de 93% e 86% quando comparada àquela de plantas intactas, indicando que a decepa em estágio juvenil, em espaçamento reduzido, não afetou a produção destes clones, podendo ser esta técnica utilizada para a recuperação de povoamentos jovens danificados ou para a obtenção de madeira para energia em rotações curtas.

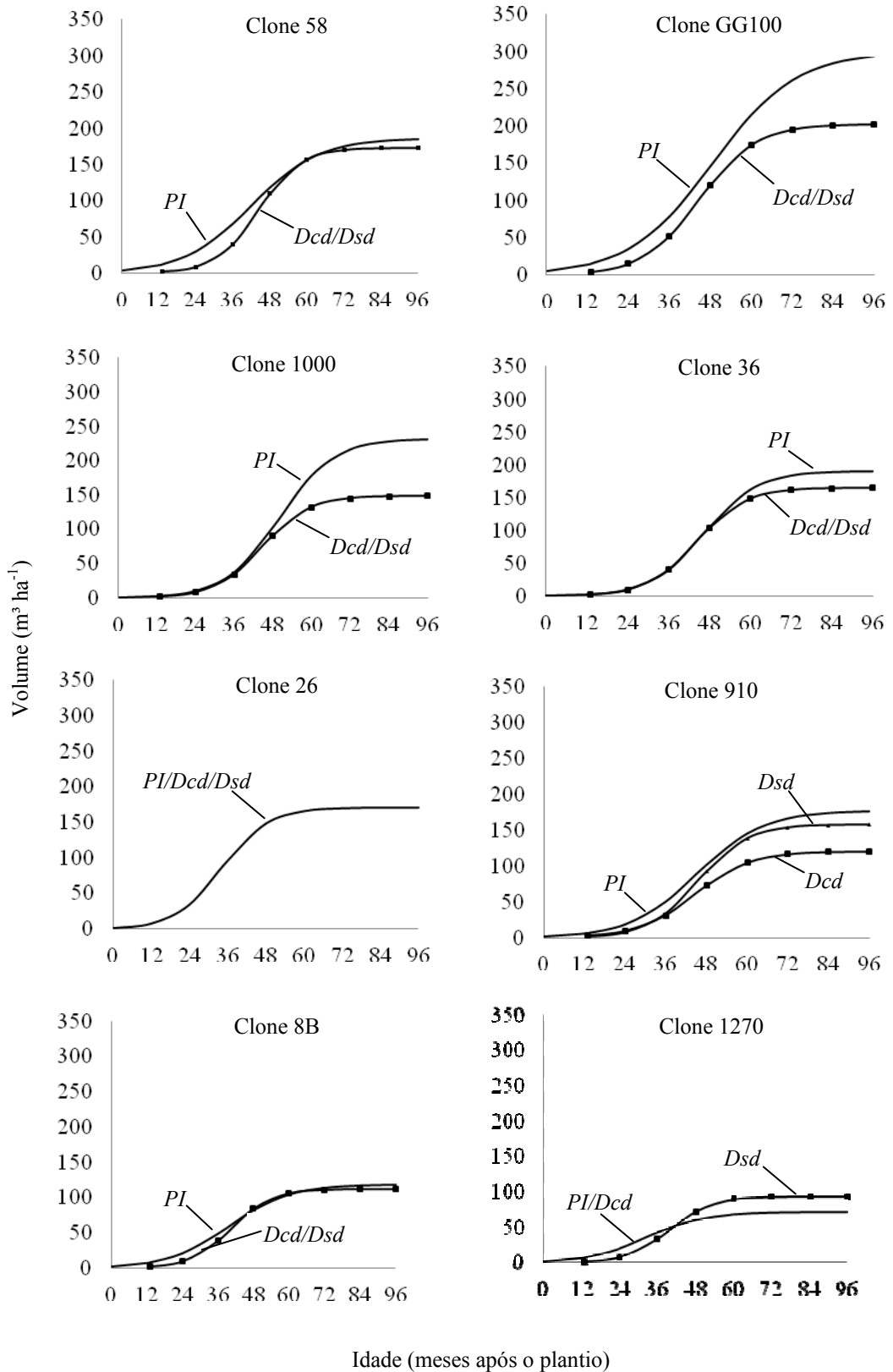


Figura 6. Curvas de crescimento em volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) de plantas intactas e de brotações de oito clones de eucalipto, em Vazante, MG. *PI* = Planta intacta; *Dcd* = Decepa com desbrota; *Dsd* = Decepa sem desbrota.

Para os clones GG100 e 1000, as estimativas de produção máxima das brotações foi apenas de 68% e 64% em relação à produção máxima das plantas intactas, respectivamente. As brotações apresentam maior uso de água do que as plantas intactas, possivelmente em razão da maior produção de área foliar em menor tempo (REIS e REIS, 1997). Este fato, aliado ao espaçamento reduzido e ao déficit hídrico acentuado na região, podem explicar a diferença de produção entre plantas intactas e brotações, embora a estimativa de volume máximo para as brotações do clone GG100 tenha sido 17% e 22% maior do que para as brotações dos clones 58 e 36, respectivamente. A decepa de plantas jovens, também, poderia ser utilizada como forma de recuperar povoamentos danificados dos clones GG100 e 1000, e, para obtenção de madeira para energia em rotações curtas, porém, a fim de aumentar a produção das brotações, poder-se-ia recomendar o emprego da desbrota para um broto. Neste caso, deveria ser feita uma análise de custo/benefício da operação de desbrota para sua recomendação.

As menores estimativas de crescimento em volume foram menores para os clones 26, 910, 8B e 1270. Somente para o clone 26 não houve variação ($p \leq 0,05$) para os valores assintóticos e as tendências de crescimento entre os tratamentos de plantas intactas e de brotações (Figura 6, Tabela 1). Pode-se assumir, então, não haver necessidade da execução da desbrota para este clone e, que a decepa em estágio juvenil pode ser utilizada como medida para recuperar povoamentos jovens danificados deste clone. Para o clone 910, o parâmetro α para crescimento em volume da planta intacta foi maior ($p \leq 0,05$) do que para os tratamentos de decepa e, o tratamento sem desbrota apresentou estimativa de volume maior ($p \leq 0,05$) do que com desbrota (Figura 6, Tabela 1). As produções máximas projetadas para as brotações, com e sem desbrota, representaram, respectivamente, 68 e 89% da produção máxima estimada para as plantas intactas.

Os valores assintóticos e as tendências de crescimento variaram ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos de brotações e planta intacta para o clone 8B, não tendo sido verificada diferenças ($p \leq 0,05$) entre tratamentos com e sem desbrota. A produção máxima dos tratamentos de decepa foi de 94% em relação ao valor máximo do tratamento de planta intacta. Este clone apresentou baixa estimativa de produção, com o tratamento de planta intacta apresentando apenas 39% da produção máxima das plantas intactas do clone GG100 que foi o mais produtivo. O clone 1270 apresentou a menor produção dentre todos os clones estudados e o seu parâmetro α

para crescimento em volume do tratamento de decepa sem desbrota foi maior ($p \leq 0,05$) do que para os demais tratamentos que foram similares entre si (Figura 6, Tabela 1).

A estagnação do crescimento em volume por hectare para plantas intactas do clone 58 ocorreu por volta dos 58 meses após o plantio, sendo o *IMA* máximo de $31,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. O *IMA* máximo das brotações foi maior do que o das plantas intactas, havendo o encontro das curvas do *IMA* e *ICA*, aos 43 meses de idade (Tabela 1). A estagnação do crescimento em idades mais jovens para as brotações pode ser explicada pelo aumento da competição entre as plantas, principalmente em cepas com maior número de brotos, uma vez que o espaçamento entre plantas é reduzido. O déficit hídrico acentuado na região do estudo, também, pode ter contribuído para a antecipação da estagnação do crescimento das brotações. Havendo deficiência de água no solo, a fixação de carbono por parte das brotações pode ser comprometida de forma mais severa, uma vez que as brotações apresentam maior uso de água do que as plantas intactas, devido às diferenças no controle estomático (REIS e HALL, 1986; WILDY et al., 2004). Também, o tamanho da estrutura dos estômatos e a densidade destes nas folhas das brotações são maiores do que em folhas de plantas intactas, isso aliado a uma maior quantidade de folhas e a contínua absorção de água pelo sistema radicular já formado e bem estabelecido nas brotações. Espera-se, assim, que o potencial hídrico do solo decresça mais acentuadamente nas brotações, principalmente, sob déficit hídrico, resultando em decréscimo de produção destas (REIS e REIS, 1991).

As brotações do clone GG100 apresentaram o maior valor para o *IMA* ($44,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), ocorrendo a estagnação de crescimento em torno dos 44 meses de idade. Para o clone 1000, as brotações apresentaram valores de *IMA* máximo similares aos de planta intacta, porém, o *IMA* máximo ocorreu aos 43 e 66 meses de idade, respectivamente. Para o clone 36, as brotações apresentaram o maior valor para o *IMA*, com idade técnica de colheita aos 43 meses de idade. Os clones 8B e 1270 apresentaram os menores valores de *IMA* para plantas intactas e brotações e idade técnica de colheita em idades mais jovens do que para os demais clones (Tabela 1).

A diferença entre a idade técnica de colheita das plantas intactas para as brotações dos clones 58, GG100, 1000 e 36, que são os quatro clones mais produtivos, foi de 15, 23, 23 e 19 meses, respectivamente, ou seja, para todos estes

clones houve antecipação da idade de colheita para as brotações. Essa antecipação da idade técnica de colheita das brotações pode ser devido ao maior uso de água pelas brotações, bem como à redução na qualidade do sítio, principalmente, decorrente de correção inadequada da fertilidade do solo e, ou, efeito de compactação do solo quando da exploração da floresta (SIMÕES e COTO, 1985; REIS e HALL, 1986; BARROS, et al., 1997; MIRANDA et al., 1998; FARIA et al., 2002; CAVICHIOLO et al., 2004; CAVICHIOLO et al., 2005; DEDECEK e GAVA, 2005). A antecipação da idade técnica de colheita para as brotações também foi verificada para a decepa de plantas jovens de clone de eucalipto em espaçamento amplo (CACAU et al., 2008), indicando que este método de manejo, independentemente do espaçamento, pode ser utilizado para produção de madeira (biomassa) em rotações curtas. Harrington e Fownes (1993) relataram que há necessidade de explorar a brotação em idades mais jovens para se obter o máximo de produção, desde que não haja restrição quanto ao diâmetro reduzido dos brotos.

Estes dados foram analisados considerando-se a idade a partir do plantio, inclusive para as brotações, em razão da necessidade de se avaliar a capacidade das brotações atingirem produtividade similar ao de plantas intactas, principalmente quando a decepa de plantas jovens é utilizada para recuperar povoamentos danificados geada, incêndio, ataque de pragas e doenças, e seca de ponteiro em consequência de deficiência hídrica ou nutricional. Porém, quando se planeja o manejo do povoamento em rotações curtas para, por exemplo, produzir madeira para energia, há necessidade de considerar a idade da decepa como a idade zero para a brotação. Desta forma, verifica-se que as brotações dos clones 58, GG100, 1000, 36, 26 e 910 atenderiam a finalidade de produção de biomassa em rotações curtas (2 a 3 anos), pois apresentam crescimento inicial mais acelerado, atingindo, em idades mais jovens, maiores produtividades do que as plantas intactas (Figura 7). Aos 36 meses de idade, considerando a mesma idade inicial para brotações e plantas intactas, as estimativas de volume por hectare das brotações foram 67%, 61%, 252%, 179%, 54% e 93% maior do que para as plantas intactas para os clones 58, GG100, 1000, 36, 26 e 910, respectivamente. Kauppi et al. (1988) relataram que as brotações de *Betula pubescens* cresceram, inicialmente, mais rapidamente do que plantas originadas de semente, durante as três primeiras estações de crescimento. Posteriormente, foi verificada redução na taxa de crescimento, enquanto as plantas originadas de sementes mantiveram taxa de crescimento mais constante. Sims et al.

(2001) relataram que a altura média e a biomassa das brotações de várias espécies de *Eucalyptus*, *Salix*, *Populus* e *Acacia* foram significativamente maiores em relação à primeira rotação, tendo ambos sido explorados aos três anos. O maior crescimento inicial das brotações se deve à utilização das reservas orgânicas e inorgânicas das cepas ou das raízes, além de haver o benefício de um sistema radicular já formado favorecendo a pronta absorção de água e nutrientes pelas brotações quando estas passam a depender mais diretamente do solo (REIS e KIMINNS, 1986; OLIVEIRA et al., 1994; TEIXEIRA et al., 2002; KABEYA e SAKAI, 2005). Reis e Reis (1997) relataram que, manejando um povoamento por brotação pode-se atingir a mesma produtividade final de uma floresta em alto fuste e, ainda, obter o volume de madeira desejado em menor tempo, desde que não ocorra degradação ambiental ou danos à cepa ou à brotação. Ou seja, há necessidade de se considerar a adubação adequada da brotação para que se obtenha o máximo de produção nas rotações subsequentes.

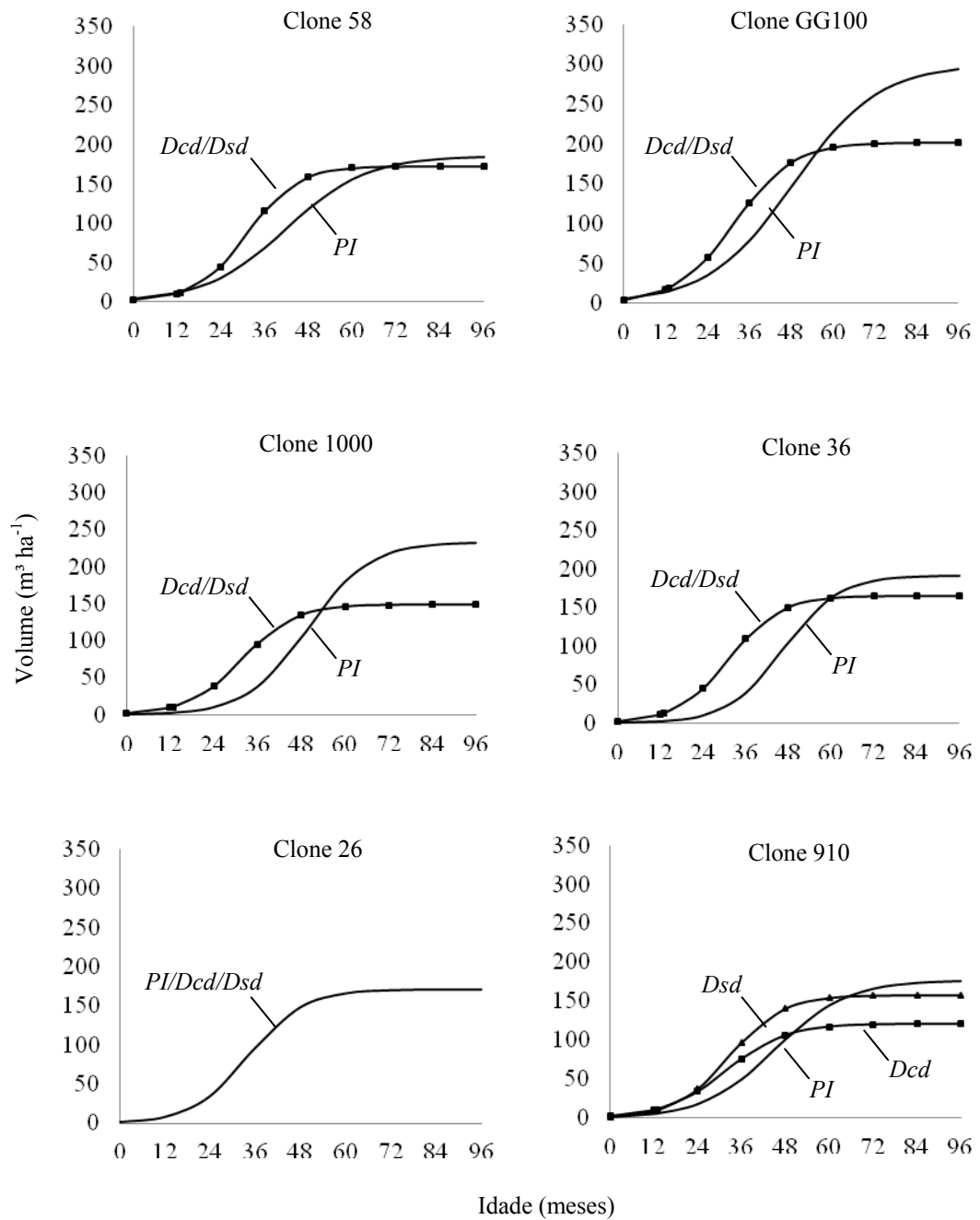


Figura 7. Curvas de crescimento em volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) de plantas intactas e de brotações de seis clones de eucalipto mais produtivos, em Vazante, MG. *PI* = Planta intacta; *Dcd* = Decepa com desbrota; *Dsd* = Decepa sem desbrota.

4. Conclusões

1. A decepa de eucalipto em estágio juvenil pode ser adotada para recuperação de povoamentos danificados e para produção de madeira para energia em rotações curtas, com resultados promissores para os clones GG100, 1000, 58 e 36.
2. Os clones 8B, 1270, 26 e 910 não são recomendados para a região de estudo.
3. Não há necessidade da realização da desbrota para dois brotos para os clones estudados, porém, a desbrota para um broto é interessante para os clones GG100 e 1000 de acordo com o objetivo da produção de madeira.

5. Referências Bibliográficas

- ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2009/ABRAF**. Brasília, 2010. 90p. 2010. Disponível em: <www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>. Acesso em: 5 de outubro de 2010.
- ANDRADE, H.B.; BENEDETTI, V.; MADASCHI, J.C.; BERNARDO, V. Aumento da produtividade da segunda rotação de eucalipto em função do método de desbrota. **Série Técnica – IPEF**, v.11, n.30, p.105-116, 1997.
- BAKER, T.; BARTLE, J.; DICKSON, R.; POLGLASE, P.; SCHUCK, S. Prospects for bioenergy from short-rotation crops in Australia. In: THIRD MEETING OF IEA BIOENERGY, TASK 17, 1999, Alburn. **Proceedings...**Alburn, 1999, p.1-15.
- 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.
- BLAKE, T.J. Coppice systems for short-rotation intensive forestry: the influence of cultural, seasonal and plant factors. **Australian Forest Research**, v.13, p.271-91, 1983.
- BRAND, M.A.; OLIVEIRA, L.C.; MARTINS, S.A.; LACERDA, S.R.; JUNIOR, L.S. Potencialidade de uso de biomassa de florestas nativas sob manejo sustentável para a geração de energia. In: Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (CITENEL), 5, 2009, Belém/PA. **Anais...**Belém: 2009. 8p.
- 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.
- 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. Preparo do solo e o estado nutricional da rebrota de *Eucalyptus saligna*. **Scientia Forestalis**, n.66, p.120-127, 2004.
- 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.
- 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.
- 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.
- FINGER, C.A.G.; SCHNEIDER, P.R.; KLEIN, J.E.M. Produção de florestas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em segunda rotação, conduzidas com um broto por touça e submetidas a interplântio. **Ciência Florestal**, v.3, n.1, p.185-201, 1993.
- GOMES, R.T. **Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus* spp na região de cerrado de Minas Gerais**. 1994. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.
- GRAÇA, M.E.C.; SHIMIZU, J. Y.; TAVARES, F.R. Capacidade de rebrota e enraizamento de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.39, p.135-138, 1999.
- GRAÇA, M.E.C.; TOTH, V.B.R. Rebrota de *Eucalyptus dunnii*: a influência da altura, diâmetro e procedência no vigor das brotações. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.20, p.49-57, 1990.
- 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.
- HIGA, R.C.V.; STURION, J.A. Efeito do espaçamento na capacidade de brotação de *Eucalyptus viminalis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.40, p.77-83, 2000.

- JORGENSEN, J.S. **The influence of spacing on the growth and development of coniferous plantations**: International Review Forestry Research, New York, Academic Press, 316p, 1967.
- 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.
- 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.
- MACEDO, I.C. **Geração de energia elétrica a partir de biomassa no Brasil: situação atual, oportunidades e desenvolvimento**. Brasília: CGEE, 2001, 10p.
- MIRANDA, G.A.; BARROS, N.F.; LEITE, H.G.; COUTO, L.; MOACIR, N.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.
- 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.
- NOBRE, S.R.; RODRIGUEZ, L.C.E. A. Um método para composição e avaliação econômica de regimes de talhadia simples. **Scientia Forestalis**, n.60, p.29-44, 2001.
- OLIVEIRA, C.H.R. **Decepa de plantas jovens de clone de eucalipto e condução da brotação em um sistema agrossilvopastoral**. 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 agrossilvopastoris. **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.
- PEREIRA, A.R.; REGAZZI, A.J.; RIBEIRO, J.C.; RAMALHO, L.R. Efeito do diâmetro das cepas no desenvolvimento de brotações de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**. v.4, n.2, p.215-220, 1980.

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.196-201, 1986.

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.

SENELWA, K.; SIMS, R.E.H. Fuel characteristics of short rotation forest biomass. **Biomass and Bioenergy**, n.17, 1999, p.127-140.

SILVEIRA, R.L.V.A. ; TAKAHASHI, E.N. ; SGARBI, F. ; CAMARGO, M.A.F.; MOREIRA, A. Crescimento e estado nutricional de brotação de *E. citriodora* sob doses de B em solução nutritiva. **Scientia Forestalis** (IPEF) v.57, p.53-67, 2000.

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. **IPEF**, v.31, p.23-32, 1985.

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

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

TEIXEIRA, P.C.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. de; 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.

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

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.

CAPÍTULO II

POTENCIAL ENERGÉTICO DE PLANTAS INTACTAS E DE BROTAÇÕES EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO EXPLORADOS EM ROTAÇÕES CURTAS

Resumo – Este trabalho teve por objetivo realizar avaliação do potencial energético de plantas intactas e de brotações de plantas exploradas aos 13 meses de idade, com e sem desbrota, de seis clones de eucalipto. O experimento foi estabelecido em espaçamento 3x3 m, na região de cerrado, em Vazante, MG (17°36'09"S e 46°42'02"W), visando à produção de biomassa para energia, em rotações curtas. Aos 55 meses após o plantio, foi avaliado o crescimento em diâmetro, altura e volume e, foram retiradas amostras para a obtenção do poder calorífico e densidade da madeira dos seis clones em três tratamentos: plantas intactas e, brotações de plantas jovens, com desbrota para dois brotos, aos nove meses após a decepta e, sem desbrota. Nesta idade, foi observado maior número de indivíduos em classes de diâmetro menores nos tratamentos de decepta, com e sem desbrota, para todos os clones, em comparação com as plantas intactas. A produção em massa seca e o potencial energético do clone 1000 foram menores ($p \leq 0,05$) quando houve desbrota, em comparação com o tratamento sem desbrota e plantas intactas, enquanto para o clone 36 o potencial energético foi menor para o tratamento sem desbrota. Não foi

observada diferença significativa para os demais clones. Os resultados indicaram que o crescimento inicial acelerado das brotações não afetou negativamente as propriedades energéticas da madeira. O clone GG100 é indicado para produção de biomassa para energia para a região de estudo uma vez que apresentou a maior produção em massa seca e potencial energético para plantas intactas e brotações. O Clone 1000, em razão da elevada produção e densidade básica das plantas intactas e brotações, constitui-se em clone potencial para produção de biomassa para energia. Considerando que para a produção de biomassa para energia os povoamentos de eucalipto deverão ser manejados em várias rotações, deve-se dar prioridade a informações sobre potencial energético das brotações.

Palavras chave: Energia da madeira, poder calorífico, densidade básica, clones de eucalipto, biomassa para energia.

Abstract - This study aimed to evaluate the potential energy of intact plants and coppice from plants harvested at the age of 13 months, with and without sprout thinning, of six eucalypt clones. The experiment was established in a 3 x 3 m initial spacing, in the “cerrado” region, in southeastern Brazil (17°36'09"S and 46°42'02"W), aimed for the production of biomass for energy in short rotations. At 55 months after planting, the diameter growth, height and volume were evaluated and, wood samples were collected for obtaining the calorific value and density of intact plants, coppice with sprout thinning to two sprouts nine months after harvesting, and coppice with no sprout thinning. At this age, it was observed a higher number of individuals in smaller diameter classes in the coppice treatments, for all clones, as compared to the intact plants. The dry-weight biomass yield and the potential energy of the clone 1000 were smaller ($p \leq 0.05$) for the coppice with sprout thinning as compared to intact plants and coppice without sprout thinning, while the potential energy of the clone 36 was smaller for the coppice without sprout thinning. There were no differences ($p > 0.05$) among the treatments for the other clones, for these variables. These results indicate that the fast initial coppice sprouts growth had no effect on wood energetic properties. The GG100 clone is suitable for the biomass production for energy in this region due its highest dry-weight biomass yield and potential energy for both intact plants and coppice as compared to other clones studied. The clone 1000 presents potential to produce biomass for energy due to the high biomass yield and density of both intact plants and coppice. Considering that

for the production of biomass for energy the eucalypt plantation should be managed in several rotations, priority must be given to better understanding of its potential energy.

Keywords: Wood energy, calorific value, wood density, eucalypt clones, biomass for energy.

1. Introdução

A demanda por fontes renováveis de energia tem aumentado em todo o mundo, visando atender os mais diversos usos residenciais e industriais. A biomassa de florestas de eucalipto, no Brasil, tem se destacado como fonte viável de energia renovável, principalmente em razão da sua elevada produção e do baixo custo de produção dessa biomassa. Destaca-se, ainda, a elevada eficiência na conversão dessa biomassa em energia e as vantagens ambientais do seu uso racional para geração de energia (ROSILLO-CALE et al., 2000). Em 2008, a biomassa vegetal como um todo representou 32% de participação na matriz energética do País, sendo a segunda principal fonte de energia, superada apenas pelo petróleo e seus derivados (MME, 2009).

A biomassa florestal começou a ser usada no Brasil no início do século passado na indústria siderúrgica, chegando ao consumo máximo de 38 milhões mdc em 2005. A implantação da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, em 1925, impulsionou a utilização do carvão vegetal nas siderurgias e, na década de 1940, a empresa foi pioneira ao iniciar um programa de reflorestamento empregando espécies do gênero *Eucalyptus* no estado de Minas Gerais. A madeira produzida nesses povoamentos foi utilizada, principalmente, para suprir a demanda de carvão vegetal pelas siderurgias (CALAIS, 2009).

Os povoamentos de eucalipto foram, inicialmente, estabelecidos em espaçamentos reduzidos (6 m² por planta) e, com o advento da silvicultura clonal, essa área foi aumentada para 9 a 12 m² por planta. No início da década de 80 foram, no Brasil, estabelecidas florestas, principalmente de eucalipto, em espaçamentos muito reduzidos, na época, denominadas florestas energéticas, que seriam exploradas em rotações muito curtas (POGGIANI et al., 1983, POGGIANI et al., 1984). O manejo de florestas para energia em rotações curtas tem sido realizado em diferentes

partes do mundo (STEINBECK et al., 1972; HANSEN e BAKER, 1979; FANG et al., 1999; GUO e SIMS, 1999; SENELWA e SIMS, 1999; MALIK et al., 2001; PROE et al., 2002; LAUREYSENS et al., 2005; SOCHACKI et al., 2007; ROCKWOOD, et al., 2008). Nos últimos anos, no Brasil, intensificaram-se os estudos a respeito das plantações energéticas (COUTO et al., 2004; MÜLLER, et al., 2005; GOMES et al., 2006; BRITO, 2007). Muitas empresas passaram a destinar áreas para plantios adensados de eucalipto, para produção de biomassa para energia, porém, os estudos sobre o assunto ainda são restritos.

A biomassa de eucalipto, bem como de florestas nativas, pode ser utilizada, também, para produção de energia elétrica (MÜLLER, et al., 2005; GOMES et al., 2006; ARANTES, et al., 2008; BRAND et al., 2009). Segundo Müller et al (2005) os plantios de eucalipto para este fim têm sido viáveis economicamente quando estabelecidos nos espaçamentos reduzidos, como 3,0x0,5m e 3,0x1,0m, nas taxas de juros anuais de 8, 10 e 12%. A energia elétrica, a partir de madeira de nativa, tem sido utilizada para contemplar locais pouco desenvolvidos, gerando desenvolvimento sócio econômico regional (BRAND et al., 2009).

Uma dificuldade no manejo de povoamentos de eucalipto em rotações muito curtas está ligada ao balanço de nutrientes. Quando a biomassa florestal é explorada em idade muito jovem, independente do componente arbóreo, ocorre exportação elevada de nutrientes uma vez que a retranslocação de nutrientes se intensifica após três anos de idade (REIS et al., 1987). Grande proporção dos nutrientes de povoamentos jovens de eucalipto fica acumulada na copa das plantas (POGGIANI et al., 1983, POGGIANI et al., 1984; REIS, et al., 1987), sendo, então, importante a manutenção dos resíduos da exploração no campo para reduzir a necessidade de intensificar a fertilização da brotação.

As brotações apresentam elevado crescimento inicial quando comparado com plantas intactas, devido a utilização das reservas orgânicas e inorgânicas nas cepas ou nas raízes, além de possuírem o sistema radicular já desenvolvido e estabelecido (REIS e KIMINNS, 1986; KAUPPI et al., 1988; OLIVEIRA et al., 1994; TEIXEIRA et al., 2002; KABEYA e SAKAI, 2005). Assim, com o manejo de povoamentos de eucalipto através de brotações, é possível atingir a produtividade de uma floresta em alto fuste, em menor tempo, caso não venha a ocorrer degradação ambiental no sítio ou danos à cepa ou à brotação (REIS e REIS, 1997). É oportuno denotar que não

existem trabalhos sobre as características energéticas da biomassa de brotações de eucalipto.

O objetivo deste estudo foi realizar uma avaliação do potencial energético de plantas intactas e de brotações de clones de eucalipto, submetidas a decepta em estádio juvenil, com ou sem desbrota, visando a produção de biomassa para energia, em rotações curtas.

2. Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido em área da Votorantim Siderurgia (VS), no município de Vazante, Minas Gerais (17°36'09"S e 46°42'02"W, com altitude de 550 m). A vegetação natural na região é cerrado, e, o tipo de solo predominante é o Latossolo Vermelho distrófico com textura argilosa. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo "AW", caracterizado por extenso período com baixa precipitação. A temperatura média anual é 26,5°C e, a precipitação média anual 1350 mm, apresentando déficit hídrico médio de 480 mm, predominantemente no período de março a outubro, com base em dados da empresa para o período de 1999 a 2009 (Figura 1). O déficit hídrico na região de estudo pode atingir valores de até 722 mm/ano (Oliveira et al., 2008).

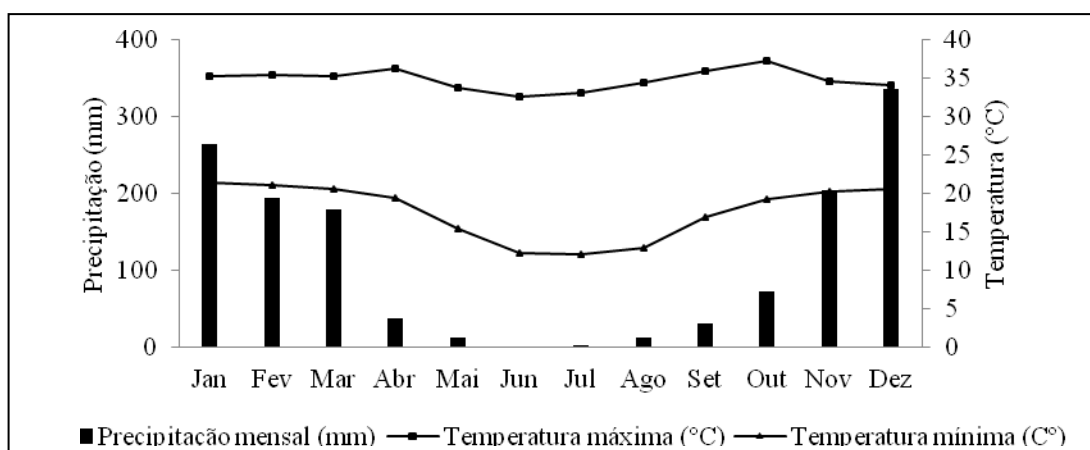


Figura 1. Características climáticas da área experimental no período de 1999 a 2009.

A pesquisa foi desenvolvida em povoamento com seis clones de eucalipto, estabelecidos no campo em julho de 2005, em espaçamento de 3,0 x 3,0 m. Os clones utilizados são: GG100 (híbrido artificial de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus*

grandis); 1000 e 26 (híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*); 36 e 910 (híbridos naturais de *Eucalyptus camaldulensis*); e, 58 (híbrido artificial de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis*) que é um dos clones mais utilizados pela empresa. O preparo do solo para o plantio do eucalipto constituiu-se de uma subsolagem a uma profundidade de 30-40 cm, com a adição de 150 kg de fosfato reativo de gafsa por hectare. Foram aplicados 4 t/ha de calcário dolomítico zincal (85% de PRNT) em área total. A adubação para o plantio constituiu-se de 150 g de NPK 10-28-06 + 0,5% de Zn + 0,3% de B por planta e, adubação de cobertura de 279 kg ha⁻¹ de NPK 20-0-20.

Plantas de cada clone foram submetidas a decepa, em agosto de 2006 (13 meses de idade), utilizando serrote de desrama, com tratamento envolvendo a desbrota para dois brotos, aos nove meses após a decepa e, tratamento sem desbrota, além das plantas intactas. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, com três repetições. Cada parcela foi constituída de quatro linhas de plantas e nove plantas por linha. A partir da terceira planta da segunda e terceira linhas de cada parcela, foram marcadas cinco plantas em cada linha, que constituíram a área útil (90 m²) para as avaliações do crescimento da altura e do diâmetro e, coleta de amostras de madeira das brotações e plantas intactas.

Aos 45 meses após o plantio, foi realizada uma cubagem em pé de três árvores por parcela de cada tratamento. As medições de diâmetro com casca foram realizadas a cada metro da planta, iniciando-se em 0,3 m até 4,3 m, sendo empregada a fórmula de Smalian para a cubagem até esta altura. O restante do volume do fuste foi estimado através da fórmula do cone. O volume individual de cada fuste foi obtido por meio de equações volumétricas geradas a partir do modelo $\text{LnV} = \beta_0 + \beta_1 \text{LnDap} + \beta_2 \text{LnHt} + e$.

Foi avaliado o crescimento em diâmetro a 1,3m de altura (*Dap*) e a altura total (*Ht*) das plantas intactas e das brotações, e, realizada a distribuição de frequência de árvores por classes de diâmetro, para cada tratamento de cada clone, pelo ajuste da distribuição de Weibull, aos 55 meses após o plantio.

Aos 55 meses após o plantio, também, foram retiradas amostras para a obtenção do poder calorífico e densidade da madeira de cada clone nos três sistemas de manejo (planta intacta, decepa com desbrota e decepa sem desbrota). Com auxílio de um trado de amostragem de madeira foram retiradas, na altura do *Dap* das árvores, amostras cilíndricas (baguetas) com 0,5 cm de diâmetro, aprofundando-se

até próximo da medula do tronco (Figura 2). A coleta foi realizada de forma sistemática, nas três primeiras árvores da área útil de cada parcela. As amostras foram colocadas em pequenos tubos de PVC com 20 cm de comprimento e 2 cm de diâmetro sendo vedados por rolhas de cortiça nas duas extremidades. Mais tarde, estas amostras foram levadas para o laboratório para determinação do potencial energético das plantas.

A densidade básica dessas amostras foi determinada com base na norma MB 1269/79 da ABNT (ABNT, 1979) através da equação:

$$\rho \text{ (básica)} = \frac{M}{V_v}$$

, em que:

ρ (básica) - densidade básica da madeira, g/cm³

M - massa do corpo de prova absolutamente seco, g

V_v - volume do corpo de prova saturado ou volume verde, cm³

A determinação da densidade básica da madeira foi realizada de acordo com as pesagens das amostras (bagaetas) secas em estufa e, para determinação do volume utilizou-se o princípio de Arquimedes. O poder calorífico superior das plantas intactas e brotações foi determinado por meio de uma bomba calorimétrica adiabática, conforme a norma NBR 8633 (ABNT, 1984). Os ensaios foram realizados no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal da UFV.

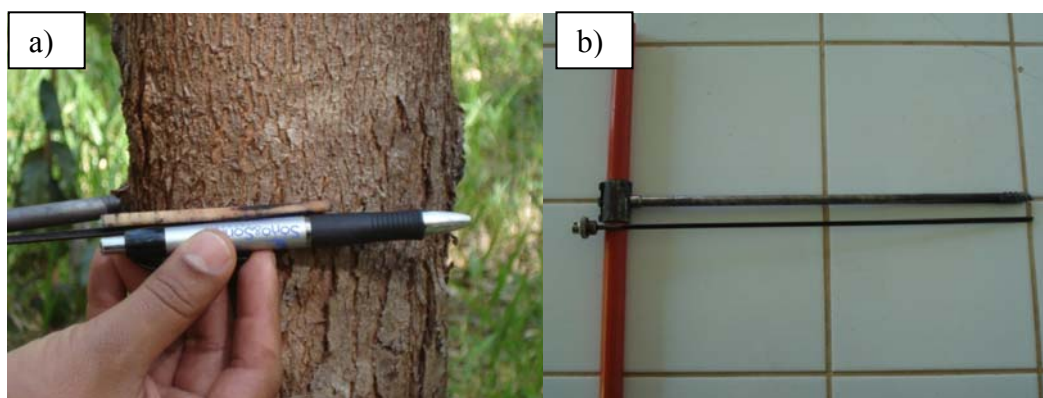


Figura 2 . Amostras de madeira (bagaetas) coletadas na altura do Dap (a) de plantas intactas e brotações de clones de eucalipto e trado utilizado na coleta (b), em Vazante, MG.

3. Resultados e Discussão

3.1. Sobrevivência e número de brotos

Aos 55 meses de idade após o plantio, não foi observada diferença ($p > 0,05$) entre tratamentos com e sem decepta para a sobrevivência média das plantas de cada clone (Tabela 1), indicando que os clones estudados apresentam elevada taxa de emissão de brotação. Resultado semelhante foi observado por Oliveira (2006) e Cacau et al. (2008), com a decepta de plantas jovens do clone 58, em sistema agroflorestal, na região de cerrado, mesma área em que foi realizado o presente estudo. A decepta ocorreu no mês de agosto, que corresponde ao período de déficit hídrico mais acentuado na região, porém, a falta de água no solo não afetou a sobrevivência dos brotos das plantas de todos os clones estudados. Existe controvérsia sobre a melhor época para o corte das árvores de modo a promover maior emissão da brotação. Entretanto, tem sido apontado que a época mais adequada seria quando a planta apresenta maior quantidade de reservas orgânicas e inorgânicas na cepa e no seu sistema radicular (BLAKE, 1983; SAKAI e SAKAI, 1998; KABEYA e SAKAI, 2005). A maior emissão de brotação e elevada sobrevivência dos brotos de eucalipto tem sido observada a partir de meados do inverno (BUELL, 1940; ROSSE et al., 1997), possivelmente, em razão de aumento de reservas quando a planta entra em dormência no inverno. Nelson e Dickson (1981) observaram aumento na concentração de carboidrato em *Populus deltoides* com a indução de dormência (dias curtos).

O número de brotos remanescentes na cepa variou ($p \leq 0,05$) entre tratamentos de decepta, com e sem desbrota, aos 55 meses após o plantio, apenas para os clones 58, GG100 e 910 (Tabela 1). A competição entre os brotos nas cepas e as características edafoclimáticas da região do estudo podem ter contribuído para a supressão natural dos brotos nas cepas dos demais clones no tratamento sem desbrota. O clone 58 apresentou o maior número médio de brotos por cepa (3,5) no tratamento sem desbrota e, no tratamento com desbrota manteve a média de dois brotos por cepa, ou seja não foi observada mortalidade de brotos. Estes resultados concordam com os obtidos por Cacau et al. (2008) para a decepta de plantas jovens deste mesmo clone em sistema agroflorestal, o que indica que este material genético apresenta característica de manter um número maior de brotos por cepa.

Tabela 1. Sobrevivência de cepas (*SB%*), número de brotos (*NB*), *Dap*, altura total e volume médios, aos 55 meses para plantas intactas e 42 meses para brotações, com e sem desbrota, de seis clones de eucalipto, em Vazante, MG.

Clones	Trat.	<i>SB%</i>	<i>NB</i>	<i>Dap</i>	Altura total	Volume (m ³ ha ⁻¹)
58	<i>PI</i>	90 ^{ns}	-- ⁽¹⁾	13,9 a	20,2 a	144,6 ^{ns}
	<i>Dcd</i>	97 ^{ns}	2,0*	11,0 ab	16,2 b	141,8 ^{ns}
	<i>Dsd</i>	100 ^{ns}	3,4*	9,5 b	14,5c	143,8 ^{ns}
	CV (%)	7,3	31,9	22,2	17,1	1,8
GG100	<i>PI</i>	93 ^{ns}	-- ⁽¹⁾	15,0 a	27,5 a	189,2 ^{ns}
	<i>Dcd</i>	93 ^{ns}	1,6*	12,5 b	20,9 b	157,1 ^{ns}
	<i>Dsd</i>	93 ^{ns}	2,2*	10,3 c	17,4 c	155,7 ^{ns}
	CV (%)	9,2	18,5	17,1	19,4	13,0
1000	<i>PI</i>	83 ^{ns}	-- ⁽¹⁾	17,1 a	24,1 a	150,7a
	<i>Dcd</i>	97 ^{ns}	1,4 ^{ns}	11,4 b	17,3 b	101,7 b
	<i>Dsd</i>	93 ^{ns}	1,8 ^{ns}	10,9 b	15,3 b	135,5 a
	CV (%)	14,9	19,6	19,5	19,0	18,1
26	<i>PI</i>	100 ^{ns}	-- ⁽¹⁾	15,7 a	22,9 a	161,3 a
	<i>Dcd</i>	90 ^{ns}	1,7 ^{ns}	11,5 b	17,2 b	136,0 b
	<i>Dsd</i>	87 ^{ns}	1,8 ^{ns}	10,3 c	15,4 b	108,5 c
	CV (%)	15,1	13,7	18,7	16,9	17,9
36	<i>PI</i>	100 ^{ns}	-- ⁽¹⁾	14,1 a	23,3 a	142,5 a
	<i>Dcd</i>	97 ^{ns}	1,4 ^{ns}	11,5 b	20,2 ab	134,6 b
	<i>Dsd</i>	97 ^{ns}	2,0 ^{ns}	10,3 b	17,6 b	134,5 b
	CV (%)	4,5	19,1	12,4	12,9	3,5
910	<i>PI</i>	93 ^{ns}	-- ⁽¹⁾	13,4 a	21,8 a	129,4 ^{ns}
	<i>Dcd</i>	87 ^{ns}	1,8*	10,4 b	17,5 b	103,5 ^{ns}
	<i>Dsd</i>	97 ^{ns}	2,4*	9,8 b	15,9 c	123,7 ^{ns}
	CV (%)	10,5	20,2	15,5	15,8	12,8

--⁽¹⁾: Fuste único; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} = não significativo ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. *PI* = Planta intacta; *Dcd* = Decepa com desbrota; *Dsd* = Decepa sem desbrota.

3.2. Crescimento

Aos 55 meses após o plantio, o crescimento em diâmetro e altura das plantas intactas e das brotações diferiram ($p \leq 0,05$) para todos os seis clones, com as plantas intactas apresentando os maiores valores (Tabela 1). É importante considerar que as plantas intactas são 13 meses mais velhas do que as brotações e apresentam fuste único. O clone 1000 foi o que apresentou o maior valor para diâmetro médio das plantas intactas, seguido pelos clones 26 e GG100 e, o clone GG100 apresentou a maior altura média para as plantas intactas e para as brotações. A sobrevivência de

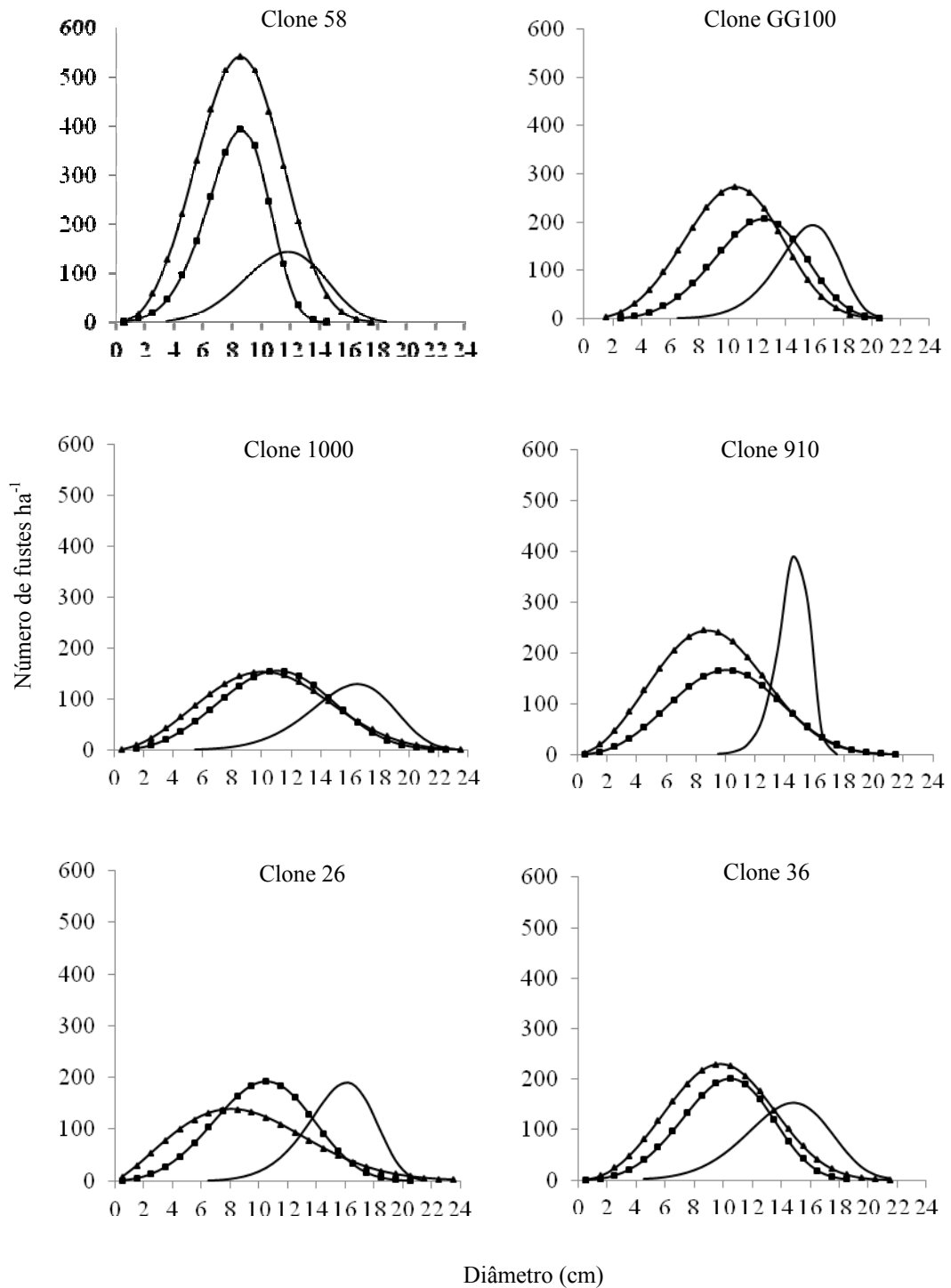
plântio do clone 1000 foi a mais baixa (83%), o que pode ter favorecido o seu crescimento em diâmetro. O clone 36 destacou-se em relação ao crescimento em altura das brotações.

Os clones 58 e 910 apresentaram os menores valores médios para crescimento em diâmetro para as plantas intactas e para as brotações, com e sem desbrota, sendo a menor altura observada para o clone 58, principalmente quando não houve desbrota (Tabela 1). Estes clones, em especial o clone 58, foram os que apresentaram o maior número de brotos por cepa no tratamento sem desbrota, acentuando a competição entre os brotos, o que pode explicar o seu menor crescimento, em diâmetro e altura. Segundo Reis e Reis (1991), cada broto da cepa deve comportar-se quase como se fosse uma planta isolada e contribui para aumentar a pressão sobre os recursos do ambiente. O clone 910, mesmo com número maior de brotos no tratamento sem desbrota, apresentou o terceiro maior valor para crescimento em altura.

Analisando-se o crescimento em diâmetro e altura das brotações, verifica-se que não houve diferença ($p \leq 0,05$) entre tratamentos de desbrota para o clone 1000, sendo que para o clone 910 não houve diferença para o crescimento em diâmetro e para o clone 26 não houve diferença em altura. A supressão natural de brotos nas cepas dos clones 1000 e 26 pode ter favorecido o crescimento em altura nos tratamentos sem desbrota, uma vez que estes clones apresentaram o menor número de brotos por cepa nestes tratamentos. Para os demais clones, o crescimento em altura e diâmetro foi superior quando houve a desbrota. As médias de diâmetro de brotos na cepa de eucalipto usualmente aumentam com a redução do número de brotos (COUTO et al., 1973; PAIVA et al., 1983), porém, não foi observada diferença significativa no crescimento em diâmetro entre os dois tratamentos de desbrota para o clone 910.

A frequência de árvores por ha, aos 55 meses após o plantio (Figura 3), mostra que há um maior número de indivíduos em classes de diâmetro menores nos tratamentos de decepta, com e sem desbrota, para todos os clones. Estes resultados indicam que, com a decepta de plantas jovens e a condução da brotação, tem-se maior produção de madeira com diâmetros reduzidos, podendo ser explorada em rotações curtas para a produção de energia. É importante destacar que há necessidade da manutenção dos resíduos da colheita na área explorada quando se manejam as plantações em rotações curtas em solos de clima tropical, além da reposição

adequada de nutrientes para manter e ou aumentar a produção das plantações nas rotações futuras (POGGIANI et al., 1979, MULLER, et al., 2005).



— Planta intacta — Decepa com desbrota — Decepa sem desbrota

Figura 3. Distribuição de frequência de árvores por ha, aos 55 meses após o plantio, estimadas pela distribuição Weibull de dois parâmetros sem truncamento à direita ajustada a um povoamento de plantas intactas e brotações, com e sem desbrota, de seis clones de eucalipto, em Vazante, MG.

O clone 58 foi o que apresentou o maior número de indivíduos em classes de diâmetro menores, uma vez que apresenta um maior número de brotos por cepas nos tratamentos com e sem desbrota (Figura 3). Segundo Jorgensen (1967), o crescimento em diâmetro está associado à área ocupada pela planta. Assim, cepas com maior número de brotos apresentam troncos com menor diâmetro.

O maior número de indivíduos para os tratamentos de decepa com e sem desbrota, nas maiores classes de diâmetro, foi verificado para os clones GG100 e 36, respectivamente (Figura 3). Isto pode indicar que o clone GG100 está bem adaptado às condições edafoclimáticas da região, pois também apresentou a maior produção para as brotações, aos 55 meses após o plantio (Tabela1). O clone 36 apresentou baixa capacidade de sustentação de brotos, principalmente no tratamento com desbrota, o que pode ter favorecido o crescimento em diâmetro das brotações.

Aos 55 meses após o plantio, o crescimento em volume por ha das plantas intactas foi maior ($p \leq 0,05$) do que das brotações somente para os clones 1000, 36 e 26, não tendo sido observada diferença ($p > 0,05$) para os clones GG100, 910 e 58 mesmo havendo diferença de idade de 13 meses (Tabela 1). A reduzida diferença em produção entre brotações e plantas intactas deve-se ao crescimento inicial mais acelerado das primeiras (REIS e KIMINNS, 1986; KAUPPI et al., 1988; OLIVEIRA et al., 1994; TEIXEIRA et al., 2002; KABEYA e SAKAI, 2005). Tal característica das brotações é importante quando da produção de madeira em rotações curtas, já que se pode obter a mesma produtividade das plantas intactas em menor tempo, desde que não ocorram danos às cepas ou às brotações e a qualidade de sítio seja mantida (REIS e REIS, 1997).

A desbrota usualmente implica em maior crescimento em diâmetro, porém, quando se trata da produção de biomassa para energia, deve-se levar em conta o volume. Verifica-se que apenas para o clone 26 houve maior produção quando foi realizada a desbrota (Tabela 1). Para os demais clones o volume foi similar nos dois tratamentos de desbrota ou foi mais elevado quando não foi realizada a desbrota

como aconteceu para o clone 1000. Assim, à exceção do clone 26, não se deve realizar a desbrota dos demais clones para a produção de madeira para energia, o que reduziria substancialmente os custos operacionais, em razão da desbrota apresentar elevado custo. Segundo Klein et al. (1997), a desbrota dificilmente proporcionaria ganhos de produção de madeira, especialmente quando se admite o uso de madeira de pequenos diâmetros. Harrington e Fownes (1993) relataram que quando não há restrição quanto ao diâmetro reduzido das brotações, deve-se explorar a brotação em idades mais jovens para se obter o máximo de produção e, caso a colheita seja realizada em idades mais avançadas, a desbrota se faz necessária.

Apesar das brotações do clone 58 apresentarem os menores valores para o crescimento em diâmetro e altura, estas apresentaram o segundo maior valor para crescimento em volume por ha, sendo superada apenas pelas brotações do clone GG100 (Tabela 1). O maior número de brotos nas cepas do clone 58 pode ter aumentado a área basal, resultando em maior crescimento em volume. Simões e Coto (1985) observaram que o número de brotos influenciou diretamente a área basal, sendo maior nos tratamentos com maior número de brotos. Além disso, os mesmos autores verificaram uma tendência do volume total aumentar com o aumento do número de brotos.

O clone GG100 foi o que apresentou os maiores valores para crescimento em volume por ha para plantas intactas e brotações não havendo diferença estatística entre os tratamentos para esta variável. O crescimento em volume por ha do clone 1000 não variou entre plantas intactas e decepta sem desbrota, com o tratamento de decepta com desbrota apresentando o menor valor entre todos os clones para este tratamento. O número médio de brotos desse clone foi de 1,4 para o clone 1000 no tratamento com desbrota para dois brotos (Tabela 1). A redução no número de brotos pode ter afetado, significativamente, o crescimento em volume por ha deste clone. A formação de elevado número de brotos com elevada área foliar estimula a planta deceptada a produzir maior quantidade de fotoassimilados que, seguramente, são direcionados, principalmente para suportar o crescimento dos brotos dominantes da cepa (KAUPPI et al., 1988). A desbrota pode ter reduzido drasticamente a área foliar da planta, comprometendo a fixação de carboidratos responsável pelo crescimento dos brotos dominantes, não sendo aconselhável a sua realização para este clone.

3.3. Avaliação do potencial energético

A densidade básica da madeira para plantas intactas e brotações dos seis clones variou de 373 a 505 Kg/m³ (Tabela 2). Segundo Forest Products Laboratory (1974), com base na densidade da madeira, as plantas da maioria dos clones podem ser classificadas como moderadamente leve (360 – 420 Kg/m³); as plantas intactas dos clones 1000, 36 e 910 e as brotações dos clones GG100 e 26 (sem desbrota) e dos clones 36 e 910 (com desbrota) podem ser classificadas como moderadamente pesada (420 – 500 Kg/m³) e, apenas as brotações (sem desbrota) do clone 1000 podem ser classificadas como pesada (500 – 600 Kg/m³). Nota-se que as brotações, quando não houve desbrota, dos clones GG100, 1000 e 26 apresentaram densidade da madeira maior do que a de plantas intactas ou de brotos quando houve desbrota, mesmo sendo as brotações 13 meses mais jovens do que as plantas intactas. É desejável que a madeira para a produção de energia apresente elevada densidade básica. Madeira de elevada densidade básica pode influenciar a qualidade do carvão, resultando em maior eficiência dos altos fornos na siderurgia (TRUGILHO et al., 2005). A madeira para combustão direta para produção de energia, também, necessita apresentar elevada densidade básica. Madeiras de baixa densidade apresentam rápida combustão resultando numa menor produção de energia por unidade de volume, ao contrário de madeira com densidade elevada (BRITO e BARRICHELO, 1979; VALE et al., 2002).

Existem resultados contrastantes na literatura a respeito da influência da taxa de crescimento das plantas sobre a densidade da madeira. Brasil e Ferreira (1971) verificaram que a densidade da madeira de *E. alba*, *E. saligna* e *E. grandis* foi afetada pela taxa de crescimento do povoamento, aos cinco anos de idade. Por outro lado, Souza et al. (1979) observaram que a densidade básica da madeira de *E. microcorys* não foi afetada pela taxa de crescimento. Oliveira (2006) não observou diferença ($p > 0,05$) entre a densidade básica de plantas intactas e de brotações, apesar da variação no número de brotos/cepa, idade da brotação e, alta taxa de crescimento das brotações em relação às plantas intactas. Simões e Coto (1985) verificaram que a densidade básica das plantas não sofreu alterações significativas em função do maior ou menor número de brotos. Zbonak et al. (2007) verificaram que plantas intactas de seis espécies de eucalipto possuíam fibras com menor tamanho e menor diâmetro de lúmen quando comparado com as de brotações. Estas dimensões das fibras

influenciaram a densidade da madeira das brotações apresentando menores valores de densidade quando comparado com as plantas intactas. Kumar et al. (2011) verificaram tendência em aumento da densidade básica com aumento da idade para as três espécies arbóreas, porém, quando se comparou as plantas em idades jovens com plantas maduras (20 anos), observaram maior ($p \leq 0,05$) densidade para as plantas mais velhas.

Tabela 2. Densidade básica, poder calorífico superior, produção em massa seca e potencial energético, aos 55 meses para plantas intactas e 42 meses para brotações, com e sem desbrota, de seis clones de eucalipto, em Vazante, MG

Clones	Trat.	Densidade básica (Kg/m ³)	Poder calorífico superior (Kcal/Kg)	Produção em massa seca(t/ha)	Potencial energético (10 ⁸ Kcal/ha)
58	<i>PI</i>	402	4379	58,1 ^{ns}	2,6 ^{ns}
	<i>Dcd</i>	377	4282	53,5 ^{ns}	2,3 ^{ns}
	<i>Dsd</i>	392	4177	56,4 ^{ns}	2,5 ^{ns}
GG100	<i>PI</i>	409	4176	77,4 ^{ns}	3,2 ^{ns}
	<i>Dcd</i>	392	4477	63,4 ^{ns}	2,8 ^{ns}
	<i>Dsd</i>	426	4274	69,4 ^{ns}	2,8 ^{ns}
1000	<i>PI</i>	426	4381	64,1 a	2,8 a
	<i>Dcd</i>	395	4269	40,1 b	1,7 b
	<i>Dsd</i>	505	4277	68,4 a	2,9 a
26	<i>PI</i>	370	3971	59,7 ^{ns}	2,4 ^{ns}
	<i>Dcd</i>	406	4471	52,2 ^{ns}	2,5 ^{ns}
	<i>Dsd</i>	426	4066	46,2 ^{ns}	1,9 ^{ns}
36	<i>PI</i>	435	4384	62,0 ^{ns}	2,7a
	<i>Dcd</i>	442	4483	59,0 ^{ns}	2,6 ab
	<i>Dsd</i>	373	3971	50,2 ^{ns}	2,0 b
910	<i>PI</i>	492	4370	63,4 ^{ns}	2,8 ^{ns}
	<i>Dcd</i>	482	4376	49,9 ^{ns}	2,2 ^{ns}
	<i>Dsd</i>	410	4178	50,7 ^{ns}	2,1 ^{ns}

^{ns} = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade; Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade; *PI* = Planta intacta; *Dcd* = Decepa com desbrota; *Dsd* = Decepa sem desbrota.

Considerando a produção e a densidade básica das plantas intactas e brotações, aos 55 meses após o plantio, pode-se determinar a produção do povoamento em tonelada de massa seca por ha (t/ha) para cada clone, nos três métodos de manejo (Tabela 2).

Não foi verificada diferença ($p > 0,05$) para produção em massa seca entre os tratamentos de plantas intactas e brotações com e sem desbrota para todos os clones, com exceção do clone 1000, aos 55 meses após o plantio, mesmo sendo as brotações mais jovens. As plantas intactas do clone 26 e 36 apresentaram produção em volume estatisticamente superior quando comparado com as brotações (Tabela 1), porém como as brotações destes clones apresentaram maior densidade em relação às plantas intactas (Tabela 2), a produção em massa seca foi estatisticamente igual entre os tratamentos. Quanto maior a densidade maior a massa de madeira, sendo melhor o seu desempenho quando a biomassa é utilizada em sistemas de produção de energia (TRUGILHO et al., 2005; BRITO e BARRICHELO, 1979; VALE et al., 2002). As espécies de eucalipto mais produtivas podem não ser as melhores para fins energéticos, uma vez que as propriedades da madeira destas espécies, como densidade, potencial calorífico e teor de lignina, podem não ser as mais adequadas para a produção de energia (BRITO et al., 1983). Portanto, o melhor clone para fins energéticos é o que apresenta o maior volume e produção de matéria seca por área, ou seja, o clone GG100 atenderia as necessidades requeridas para que o clone possa ser indicado para a produção de energia, uma vez que apresentou a maior produção e maior massa de matéria seca por área tanto para plantas intactas como para brotações.

As brotações do tratamento de decepa com desbrota do clone 1000 apresentaram o menor volume por ha entre os clones estudados (Tabela 1), sendo que a densidade básica da sua madeira, também, não foi elevada (Tabela 2); resultando em produção em massa seca inferior ($p \leq 0,05$) aos demais tratamentos. O clone GG100 apresentou a maior produção em massa seca para brotações, seguido pelos clones 1000 e 58, quando não houve desbrota.

O poder calorífico superior da madeira das plantas intactas e brotações para os seis clones variou de 3971 a 4483 Kcal/kg (Tabela 2). O poder calorífico da madeira pode variar em torno de 3.000 kcal/kg até 5.400 kcal/kg, sendo que espécies como as coníferas que apresentam maiores teores de resina, podem apresentar os maiores valores, haja vista que o poder calorífico de resinas pode chegar a valores de

9.600 Kcal/kg (BRITO e BARRICHELO, 1979). Vale et al. (2001) encontraram valor médio de poder calorífico da madeira de *Eucalyptus grandis* igual a 4.641 Kcal/kg. A escolha de espécies para a produção de energia na forma de calor deve ter como base duas características principais: maior produção de biomassa seca e maior massa específica; aliado a essas características, deve-se levar em conta o poder calorífico superior da madeira (VALE et al., 2002).

Foi verificada pequena variação nos valores de poder calorífico superior entre os tratamentos de planta intacta e brotações de cada clone. Kumar et al. (2011) observaram aumento ($p \leq 0,05$) de poder calorífico com o aumento da idade de plantas de *Eucalyptus hybrid* e *Casuarina equisetifolia* colhidas nas idades de dois a seis anos, não tendo sido observada diferença significativa para *Acacia auriculaeformis*. Os mesmos autores verificaram diminuição significativa de poder calorífico com o aumento da altura da planta apenas para *Acacia auriculaeformis*. São necessários mais estudos a respeito de poder calorífico para eucalipto em diferentes idades e alturas das plantas, principalmente, para brotações, quando se pensa em produção de madeira em rotações curtas.

Considerando a produção, a densidade básica e o poder calorífico superior das plantas intactas e brotações, aos 55 meses após o plantio, pode-se determinar o potencial energético em quilocalorias por ha e (Kcal/ha), para cada clone, nos três métodos de manejo (Tabela 2).

Com exceção dos clones 1000 e 36, não foi verificada diferença estatística ($p > 0,05$) para potencial energético entre plantas intactas e brotações com e sem desbrota dos demais clones, aos 55 meses após o plantio. Isto indica que o crescimento inicial acelerado das brotações não afetou negativamente as propriedades energéticas da madeira.

Como não foi verificada diferença estatística entre os tratamentos de decepta ($p > 0,05$) com e sem desbrota para potencial energético para os clones GG100, 58, 26 e 910, desaconselha-se a utilização da desbrota para o sistema de decepta de plantas jovens para estes clones. Houve diferença estatística entre os tratamentos de brotações do clone 1000, porém, o tratamento de decepta sem desbrota apresentou maior potencial energético. Desta forma, para este clone, a desbrota, também, não deve ser recomendada. O menor poder calorífico entre todos os clones foi apresentado pelo tratamento de decepta sem desbrota do clone 36 (Tabela 2); isto afetou o potencial energético das brotações deste clone.

O clone GG100 apresentou o maior potencial energético para as brotações, seguido pelos clones 1000 e 58. Assim, as brotações destes clones, em termos de potencial energético, devem apresentar os melhores resultados em sistemas de rotações curtas para produção de energia.

4. Conclusões

1. A decepta de eucalipto em estágio juvenil, pode ser utilizada para produção de biomassa para energia em rotações curtas, não sendo necessária a realização da desbrota para os clones estudados.

2. O clone GG100 é indicado para produção de biomassa para energia para a região de estudo, uma vez que apresentou a maior produção de massa seca e potencial energético para povoamentos com plantas intactas e brotações.

3. O clone 1000, em razão da elevada produção e da densidade básica das plantas intactas e brotações, constitui-se em clone potencial para produção de biomassa para energia.

4. Considerando que para a produção de biomassa para energia os povoamentos de eucalipto deverão ser manejados em várias rotações, deve-se dar prioridade a informações sobre potencial energético das brotações, havendo necessidade da sua análise em diferentes idades para subsidiar a determinação da melhor idade de rotação.

5. Referências Bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633:1984 Carvão vegetal - Determinação do poder calorífico**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 13p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma MB 1269/79**. Rio de Janeiro: ABNT, 1979.

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.

BLAKE, T.J. Coppice systems for short-rotation intensive forestry: the influence of cultural, seasonal and plant factors. **Australian Forest Research**, v.13, p.271-91, 1983.

BRAND, M.A.; OLIVEIRA, L.C.; MARTINS, S.A.; LACERDA, S.R.; JUNIOR, L.S. Potencialidade de uso de biomassa de florestas nativas sob manejo sustentável para a geração de energia. In: Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (CITENEL), 5, 2009, Belém/PA. **Anais...**Belém: 2009. 8p.

BRASIL, M.A.M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw, *E. saligna*, *E. grandis* Hill ex Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e espaçamento. **IPEF**, v.2/3, p.129-149, 1971.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G.; SEIXAS, F.; MIGLIORINI, A.J.; MURAMOTO, M. C. Análise da produção energética e de carvão vegetal de espécies de eucalipto. **IPEF**, n.23, p.53-56, 1983.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E. G. Usos diretos e propriedades da madeira para a geração de energia. Piracicaba: IPEF junho 1979. **Circular Técnica**, n. 52.

BRITO, J. Uso energético da madeira. **Estudos avançados**. v.21 n.59, p. 185-193, 2007.

BUELL, J. H. Effect of season of cutting on sprouting of dogwood. **Journal of Forestry**, v.38, n.8, p.649-50, 1940.

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.

CALAIS, D. **Florestas energéticas no Brasil: Demanda e Disponibilidade**. Associação mineira de Silvicultura – AMS, 23p, 2009. Disponível em: http://www.silv Minas.com.br/Publicacao/Arquivos/publicacao_585.pdf. Acesso em: 25 de janeiro de 2011.

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.

COUTO, L. ; MÜLLER, M.D; TSUKAMOTO, A.A; BARCELLOS, D. C. Programa de pesquisas para avaliação de densidades de plantio e rotação de plantações de rápido crescimento para produção de biomassa. **Biomassa & Energia**, v.1, n.1, p.107-112, 2004.

FANG, S.; XU, X.; LU, S.; TANG, L. Growth dynamics and biomass production in short-rotation poplar plantations: 6-year results for three clones at four spacings. **Biomass and Bioenergy**, n.17, p.415-425, 1999.

FOREST PRODUCTS LABORATORY – Standard terms for describing wood. USDA. **Forest Service. Forest Products Laboratory research Paper**, Madison, 10p, 1974.

GOMES, S.I; PARAÍSO, P.R; ANDRADE, C.M.G. Análise preliminar da viabilidade de cultivos florestais para produção de energia elétrica. **Espaço Energia**, n.4, 10p, 2006

GUO, L.B.; SIMS, R.E.H. Litter production and nutrient return in New Zealand eucalypt short-rotation forests: implications for land management. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n.73, p.93-100, 1999.

HANSEN, E.A. & BAKER, J.B. - Biomass and nutrient removal in short rotation intensively culture plantations. In: ANNUAL MEETING OF THE NORTH AMERICAN POPLAR COUNCIL, **Anais...**Thompsonville, August 14-17, 1979, p.130-51.

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.

JORGENSEN, J.S. **The influence of spacing on the growth and development of coniferous plantations**: International Review Forestry Research, New York, Academic Press, 316p, 1967.

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.

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.

KUMAR, R.; PANDEY, K.K.; CHANDRASHEKAR, N.; MOHAN, S. Study of age and height wise variability on calorific value and other fuel properties of *Eucalyptus hybrid*, *Acacia auriculaeformis* and *Casuarina equisetifolia*. **Biomass and Bioenergy**, n.35, p.1339-1344, 2011.

LAUREYSENS, I.; PELLIS, A., WILLEMS, J.; CEULEMANS, R. Growth and production of a short rotation coppice culture of poplar. III. Second rotation results. **Biomass and Bioenergy**, n.29, p.10-21, 2005.

MALIK, R.K.; GREEN, T.H.; BROWN, G.F.; BEYL, C.A.; SISTANI, K.R.; MAYS, D.A. Biomass production of short-rotation bioenergy hardwood plantations affected by cover crops. **Biomass and Bioenergy**, n.21, p.21–33, 2001.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Balanço Energético Nacional**. Brasília: MME, 2009, 276 p.

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.

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, n.1, 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.

POGGIANI, F.; COUTO, H.T.Z.; SIMÕES.; J.W. Aspectos ecológicos das “mini-rotações” e do aproveitamento dos resíduos florestais. **IPEF**, Piracicaba, n.74, 7 p. 1979.

POGGIANI, F.; COUTO, H.T.Z.; SUITER FILHO, W. Biomass and nutrient estimates in short rotation intensively cultured plantation of *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n.23, p.37-42, 1983.

POGGIANI, F.; ZEN, S.; MENDES, F.S.; SPINA-FRANÇA, F. Ciclagem e exportação de nutrientes em florestas para fins energéticos. **IPEF**, n.27, p.17-30, 1984.

PROE, M.F.; GRIFFITHS, J.H.; CRAIG, J. Effects of spacing, species and coppicing on leaf area, light interception and photosynthesis in short rotation forestry. **Biomass and Bioenergy**, n.23, p.315-326, 2002.

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. ; BARROS, N.F. ; KIMMINS, J.P. . Acúmulo de nutrientes em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades.. **Revista Árvore**, Viçosa, v.11, n.1, p.1-15, 1987.
- REIS, M.G.F.; KIMMINS, J.P. Importância do sistema radicular no crescimento inicial de brotos de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.10, n.2, p.196-201, 1986.
- ROCKWOOD, D.L; RUDIE, A.W.; RALPH, S.A. ; ZHU, J.Y; WINANDY, J. E. Energy product options for *Eucalyptus* species grown as short rotation woody crops. **International Journal of Molecular Sciences**, n. 9, p. 1361-1378, 2008.
- ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S.V.; ROTHMAN, H. **Industrial Uses of Biomass Energy**: The Example of Brazil. Taylor and Francis, London and New York, 2000.
- ROSSE, L.N. et al. Influência da idade e da época de abate na brotação das cepas e no enraizamento de estacas em clones de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, v.3, n.1, p.117-128, 1997.
- 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.
- SENELWA, K.; SIMS, R.E.H. Fuel characteristics of short rotation Forest biomass. **Biomass and Bioenergy**, n.17, p.127-140, 1999.
- 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. **IPEF**, v.31, p.23-32, 1985.
- SOCHACKI, S.J; HARPER, R.J; SMETTEM, K.R.J. Estimation of woody biomass production from a short-rotation bio-energy system in semi-arid Australia. **Biomass and Bioenergy**, n.31, p.608–616, 2007.
- SOUSA, A.P.; DELLA LUCIA; R.M.; REZENDE, G.C. Estudo da densidade básica da madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muel, cultivado na região de Dionísio, MG. **Revista Árvore**, v.3, n.1, p.16- 27, 1979.
- STEINBECK, K.; MCALPINE, R.G.; MAY, J.T. - Short rotation culture of sycamore: a status report. **Journal of forestry**, Washington, 70(4): 210-3, 1972.
- TEIXEIRA, P.C.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. de; 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.
- TRUGILHO, P.F.; SILVA, J.R.M.; MORI, F.M.; LIMA, L.M.M.; MENDES, L.F.B. Rendimentos e características do carvão vegetal em função da posição radial de amostragem em clones de *Eucalyptus*. **Cerne**. v.11, n.2, p.178-186, 2005.

VALE, A.T.; BRASIL, M.A.M.; LEÃO, A.L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.1, p.71-80, 2002.

VALE, A.T.; COSTA, A.F.; GONÇALVES, J.C.; NOGUEIRA, M. Relação entre a densidade básica da madeira, o rendimento e a qualidade do carvão vegetal de espécies do cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v.25, n.1, p.89-95, 2001.

ZBONAK, A.; BUSH, T.; GRZESKOWIAK, V. Comparison of tree growth, wood density and anatomical properties between coppiced trees and parent crop of six *Eucalyptus* genotypes. **IUFRO**, Durban, 10p, 2007.

CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados deste estudo permitiram as seguintes conclusões:

1. A decepta de eucalipto em estágio juvenil, no espaçamento 3x3 m, pode ser utilizada para produção de energia em rotações curtas e eventual recuperação de povoamentos danificados, com resultados promissores, principalmente, para os clones GG100, 1000, 58 e 36.

2. O clone GG100 pode ser indicado para produção de biomassa para energia para a região de estudo uma vez que apresentou a maior produção em massa seca e potencial energético para povoamentos com plantas intactas e brotações.

3. O clone 1000, em razão da elevada produção e densidade básica das plantas intactas e brotações, constitui-se em clone potencial para produção de biomassa para energia.

4. Considerando que os povoamentos de eucalipto deverão ser manejados em várias rotações para a produção de biomassa para energia, deve-se dar prioridade a informações sobre potencial energético das brotações, havendo necessidade da sua análise em diferentes idades para subsidiar a determinação da melhor idade de rotação.

5. Os clones 8B, 1270, 26 e 910 não são recomendados para a região de estudo.

6. Não há necessidade da realização da desbrota para dois brotos para os clones estudados, porém, a desbrota para um broto é interessante para os clones GG100 e 1000 de acordo com o objetivo da produção de madeira.