

**DIÊGO CORREA RAMOS**

**ESTRUTURA DE COPA, CRESCIMENTO E VALOR ECONÔMICO DE UM  
POVOAMENTO DE EUCALIPTO SUBMETIDO A DESRAMA E  
DESBASTE**

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**

**DIÉGO CORREA RAMOS**

**ESTRUTURA DE COPA, CRESCIMENTO E VALOR ECONÔMICO DE UM  
POVOAMENTO DE EUCALIPTO SUBMETIDO A DESRAMA E  
DESBASTE**

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: 27 de junho de 2011.

---

Prof<sup>ª</sup>. Maria das Graças Ferreira Reis  
(Co-orientadora)

---

Prof. Helio Garcia Leite  
(Co-orientador)

---

Prof<sup>ª</sup>. Ana Paula Leite de Lima

---

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva

---

Prof. Geraldo Gonçalves dos Reis  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais Zilma e José e ao meu irmão Junior, pelo incentivo, confiança e apoio em todos os momentos.

Aos professores Geraldo Gonçalves dos Reis e Maria das Graças Ferreira Reis pela orientação, confiança e amizade.

Ao professor Helio Garcia Leite, pela atenção e colaboração na realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Engenharia Florestal, à Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (Capes), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela oportunidade e pelo apoio financeiro.

À Companhia Agrícola e Florestal Santa Bárbara Ltda., atualmente Arcelormittal BioFlorestas Ltda., pelo apoio para a realização da presente pesquisa.

A MINASLIGAS, pelo apoio na fase final de desenvolvimento deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal da UFV.

À equipe de estudantes do Laboratório de Ecologia e Fisiologia Florestal do Departamento de Engenharia Florestal, pela amizade, confiança, pelo auxílio e esforço na coleta e no processamento de dados.

Aos amigos da república Furniguero pelos incontáveis bons momentos e pelo companheirismo.

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

## **BIOGRAFIA**

DIÊGO CORREA RAMOS, filho de Zilma Correa Ramos e José Souza Ramos, nasceu em Pirapora, Minas Gerais, em 21 de maio de 1987.

Cursou seu primeiro e segundo graus no Colégio Nossa Senhora do Santíssimo Sacramento, em Pirapora, MG.

Em julho de 2009 graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais,

Em agosto de 2009, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, na área de Silvicultura, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

Em dezembro de 2010 ingressou na CIA. FERROLIGAS MG - MINASLIGAS,

Em julho de 2011 concluiu os requisitos indispensáveis para obtenção do título de *Magister Scientiae* em Ciência Florestal, pela UFV.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vii
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
OBJETIVOS .....	4
CAPÍTULO 1 .....	5
ESTRUTURA DE COPA DE POVOAMENTO DE UM CLONE DE EUCALYPTUS GRANDIS SUBMETIDO A DESRAMA E DESBASTES .....	5
Introdução .....	7
Material e Métodos .....	8
Resultados e Discussão .....	13
Conclusões .....	19
Referências Bibliográficas .....	19
CAPÍTULO 2 .....	22
EFEITO DO DESBASTE SOBRE O CRESCIMENTO DE PLANTAS DESRAMADAS DE clone de <i>Eucalyptus grandis</i> .....	22
Introdução .....	23
Material e Métodos .....	25
Resultados e Discussão .....	29
Conclusões .....	36
Referências Bibliográficas .....	36
CAPÍTULO 3 .....	40
VALOR ECONÔMICO DE UM POVOAMENTO DE CLONE DE EUCALYPTUS GRANDIS DESRAMADO, SUBMETIDO A DESBASTE E DESTINADO A MULTIPRODUTOS .....	40
Introdução .....	42
Material e Métodos .....	43
Crescimento e Produção .....	44
Avaliação Econômica .....	46
Resultados e Discussão .....	47
Conclusões .....	56
Referências Bibliográficas .....	57
CONCLUSÕES GERAIS .....	60
Anexo I .....	61

## RESUMO

RAMOS, Diêgo Correa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2011. **Estrutura de copa, crescimento e valor econômico de um povoamento de eucalipto submetido a desrama e desbaste.** Orientador: Geraldo Gonçalves dos Reis. Co-orientadores: Maria das Graças Ferreira Reis e Helio Garcia Leite.

A estrutura de copa, o crescimento e o valor econômico foram avaliados em povoamento desramado e desbastado de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em Abaeté, Minas Gerais (19° 15' 94" S e 45° 44' 56" W). Os tratamentos de desbaste incluíram a remoção de árvores nos seguintes pesos e idades: 0% (SD), 35% aos 55 meses (35 % 55) e aos 81 meses (35 % 81) e, 70% aos 81 meses, com eliminação da brotação (70 % 81 SB) e sem eliminação da brotação (70 % 81 CB) das cepas remanescentes. O índice de cobertura de dossel (*ICD*) foi obtido aos 141 meses de idade a partir de fotografias digitais nas dimensões de 3216x2116 pixels, processadas através do software Sidelook 1.1. O índice de área foliar (*IAF*) foi obtido com analisador de dossel da LI-COR. O diâmetro e a altura das árvores foram avaliados dos 81 aos 141 meses de idade. A viabilidade econômica foi avaliada aos 141 meses de idade, considerando a produção de multiprodutos, empregando um modelo de programação dinâmica. Foi observada diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos de desbaste para *IAF*, aos 141 meses. O *IAF* das plantas sob regime de desbaste aos 81 meses, com remoção de 35% das árvores, 70 % das árvores (com brotos) e sem desbaste foi 20% maior do que para 70% 81 SB. Foi observada redução de 25 % no *IAF* aos 141 meses em relação ao observado aos 102 meses, indicando possível redução da capacidade produtiva do sítio. O *ICD* foi diferente ( $p \leq 0,05$ ) entre todos os tratamentos. Aos 141 meses, foram observadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) em diâmetro, altura total, volume com casca, incremento periódico anual pós-desbaste (*IPA*) e incremento médio anual (*IMA*), entre os tratamentos de desbaste. A altura total foi menor ( $p \leq 0,05$ ) para o tratamento com presença de brotação. O número de indivíduos foi maior em classes de diâmetro maiores para o desbaste 70% 81 SB seguido de 35% 55 e 81, 70% 81 CB e SD. A presença da brotação interferiu negativamente no crescimento das árvores remanescentes. O *IPA* foi maior ( $p \leq 0,05$ ) para 35% 55 e o volume com casca mais elevado ( $p \leq 0,05$ ) para SD. O alto valor de mercado das peças de madeira serrada e o maior volume de madeira para serraria no Os regimes de desbaste de 70% 81 SB e

35% 55 apresentaram maior volume de madeira limpa para serraria, proporcionando maior rentabilidade econômica em comparação aos demais tratamentos. Todos os regimes de manejo estudados apresentam viabilidade econômica para uma taxa de desconto de 8% a.a.

## ABSTRACT

RAMOS, Diêgo Correa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June of 2011. **Canopy structure, growth and economic value of pruned and thinned eucalypt stand.** Adviser: Geraldo Gonçalves dos Reis. Co-advisers: Maria das Graças Ferreira Reis and Helio Garcia Leite.

Canopy structure, growth and economic value were evaluated in a pruned and thinned *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden clone stand, in Abaeté, Minas Gerais (19° 15' 94" S e 45° 44' 56" W ). The thinning treatments included the removal of trees in the following ages and weights: 0% (SD), 35% of total planted trees at 55 months (35% 55) and 81 months (35% 81), and 70% at 81 months, with coppice removal (70% 81 SB) and without coppice removal (70% 81 CB) from thinned trees. The canopy cover index (*CCI*) was obtained at the age of 141 months by taking digital photographs (3216x2116 pixels), which were processed through the software SIDELOOK 1.1. The leaf area index (*LAI*) was obtained with the LI-COR canopy analyzer. The diameter (*DBH*) and height (*Ht*) of the trees were measured from the age of 81 to 141 months. The multiproduct economic viability was evaluated at the age of 141 months. *LAI* varied significantly ( $p \leq 0.05$ ) with thinning treatments up to 141 months. The treatments 35% 81, 70% 81 CB and no thinning presented *LAI* 20% higher than for the 70% CB 81 treatment. There was a 25% *LAI* reduction at 141 months as compared to 102 months, indicating a possible site quality decline. All thinning treatments presented different ( $p \leq 0.05$ ) *CCI*'s. At 141 months, there were differences ( $p \leq 0.05$ ) in *DBH*, *Ht*, volume outside bark (*Vcc*), periodic annual increment after thinning (*PAI*) and mean annual increment (*MAI*) among thinning treatments. The total height was lower ( $p \leq 0.05$ ) for the treatment 70% 81 CB. The number of individuals was greater in larger diameter classes for the 70% 81 SB followed by the 35% 55, 35% 81, 70% 81 CB and SD. By maintaining one sprout per stump in the thinned trees there was growth reduction of the remaining trees. The *PAI* was higher ( $p \leq 0.05$ ) for the 35% 55 and the *Vcc* was higher ( $p \leq 0.05$ ) for the SD treatment. The 70% 81 SB and 35% 55 thinning treatments attained economic return higher than for the other treatments due to large production of clearwood. All management regimes studied presented economic viability for a discount rate of 8% a.a.

## INTRODUÇÃO GERAL

As florestas plantadas de eucalipto no Brasil constituem a principal fonte de matéria prima para indústrias que utilizam a madeira, destacando-se, recentemente, o suprimento de madeira serrada com qualidade (POLLI et al., 2006) preenchendo vários nichos de mercado, que vão desde a madeira seca em estufa para compor a estrutura de móveis estofados, até o acabamento fino de móveis de luxo (NAHUZ et al., 1999).

A implantação de espécies de rápido crescimento, para produção de madeira serrada, minimiza impactos inerentes à exploração de florestas nativas e favorece a comercialização do produto, devido aos plantios se localizarem próximos às indústrias de processamento da madeira e centros comerciais, minimizando custos com transporte. Vale salientar que o transporte florestal é uma das atividades mais onerosas no processo de produção de madeira (MACHADO et al., 2008).

As florestas de eucalipto no Brasil usualmente têm sido estabelecidas em espaçamento reduzido, com produção de árvores de menor porte e grande quantidade de nós, com reduzido valor para a serraria. Florestas destinadas à produção de madeira serrada ou laminada devem ser manejadas através de técnicas silviculturais, como a desrama artificial e o desbaste, a fim de se produzir madeira de qualidade (MONTE et al., 2009).

A desrama artificial consiste na retirada de galhos rente ao tronco até uma altura pré-estabelecida e, deve ser realizada com qualidade para atingir o objetivo de redução do núcleo nodoso, ou seja, produzir maior extensão de madeira limpa, aumentando o seu valor comercial (MONTAGU et al., 2003; POLLI et al. 2006). No entanto, há necessidade de se avaliar os efeitos das intervenções de desrama artificial, pois a retirada dos galhos e, por conseguinte das folhas, promove a eliminação de superfície fotossintetizante da planta, podendo afetar o seu crescimento (PIRES, 2000; PULRONIK, 2002).

Para obtenção de toras de maior dimensão, com qualidade para serraria, há necessidade de aliar a desrama artificial ao desbaste. O desbaste tem como finalidade alocar maior quantidade de recursos de crescimento para as árvores remanescentes do povoamento, favorecendo o seu crescimento, especialmente em diâmetro (SMITH, 1962).

A diferença da qualidade da madeira ao longo do fuste das árvores favorece a utilização das florestas sobre o conceito de multiprodutos, onde uma mesma árvore pode produzir diferentes produtos com diferentes valores de mercado (SOARES et al., 2003). A maior diversidade e complexidade das variáveis envolvidas no processo, quando se trabalha com multiprodutos, levou a necessidade de utilização de ferramentas mais refinadas, como a pesquisa operacional, em especial técnicas de programação dinâmica, para facilitar o gerenciamento florestal (SANTOS, 2008).

A intervenção de desrama e desbaste, quando aplicadas de modo adequado e em conjunto, favorece a retomada de crescimento das árvores remanescentes, produzindo toras de maior diâmetro e de maior valor comercial, aumentando a rentabilidade da floresta. A utilização da madeira serrada de eucalipto constitui um novo negócio para o setor florestal, principalmente para aqueles produtos que incorporem tecnologia mais avançada aliada à qualidade, tanto da madeira quanto do processamento.

### Referências Bibliográficas

MACHADO, C. C. **O setor florestal brasileiro e a colheita florestal**. In: Colheita Florestal / Carlos Cardoso Machado (Editor) Viçosa: UFV, 2ª Edição, p.15-42, 2008. 501p.: il.

MONTAGU, K. D.; KEARNEY, D. E.; SMITH, R. G. B. The biology and silviculture of pruning planted eucalypts for clear wood production – a review. **Forest Ecology and Management**, v. 179, p. 1-13, 2003.

MONTE, M. A.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LEITE H. G.; CACAU F. V.; ALVES, F. F. Crescimento de um clone de eucalipto submetido a desrama e desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 5. p. 777-787. 2009.

NAHUZ, M. A. R., MIRANDA, M. J. A., FRANCO, N. Inovações na área de utilização da madeira de eucalipto: a fabricação de móveis. In: Workshop sobre técnicas de abate, processamento e utilização da madeira de eucalipto, 1999, Viçosa, **Anais...**, Viçosa: SIF. 1999. p.28-30.

PIRES, B. M. **Efeito da desrama artificial no crescimento e qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* para serraria e fabricação de móveis**. 2000. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

POLLI, H. Q.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; VITAL, B. R.; PEZZOPANE, J. E. M.;

FONTAN, I. C. I. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 557-566. 2006.

PULROLNIK, K. **Crescimento, dinâmica de copa e qualidade da madeira de clone de *Eucalyptus grandis* [Hill ex Maiden] submetido à desrama artificial.** 2002. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SANTOS, F. L. **Regulação da produção de floresta de eucalipto submetida a desbaste e destinadas a multiprodutos.** 2002. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SMITH, D.M. **The practice of silviculture.** New York: John Wiley & Sons, 1962. 578p.

SOARES, T. S. Otimização de multiprodutos em povoamentos florestais. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 27, n. 6, p. 811-820, 2003

## OBJETIVOS

### Geral

Avaliar a influência da desrama artificial e do desbaste sobre o crescimento e dinâmica de copa do clone de *Eucalyptus grandis* em uma região de cerrado, e analisar o valor econômico da madeira para multiprodutos.

### Específicos

1. Analisar a dinâmica de copa em povoamento de *Eucalyptus grandis* resposta à desrama artificial e desbaste.
2. Avaliar o crescimento de plantas de um clone de *Eucalyptus grandis* em resposta à aplicação de desrama artificial e desbaste;
3. Avaliar o retorno econômico da madeira proveniente de povoamentos desramados e submetidos a desbaste.

## CAPÍTULO 1

### ESTRUTURA DE COPA DE POVOAMENTO DE UM CLONE DE EUCALYPTUS GRANDIS SUBMETIDO A DESRAMA E DESBASTES

**Resumo** - O índice de área foliar (*IAF*) e o índice de cobertura do dossel (*ICD*) foram obtidos para povoamento de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, desramado e submetido a diferentes pesos e frequências de desbaste (35% aos 55 meses, 35% aos 81 meses, 70% aos 81 meses, com (CB) e sem (SB) brotação das cepas das árvores desbastadas) foi avaliada aos 141 meses de idade, em Abaeté, MG (19° 15' 94" S e 45° 44' 56" W ). O índice de cobertura do dossel (*ICD*) foi obtido a partir de fotografias digitais, nas dimensões de 3216x2116 pixels, processadas através do software Sidelook 1.1; o índice de área foliar (*IAF*) foi obtido com analisador de dossel da LI-COR. Foi observada diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos de desbaste para *IAF* e *ICD* aos 141 meses. Nesta idade, o *IAF* médio do povoamento foi 25% menor, quando comparado ao observado aos 102 meses, indicando possível declínio da capacidade produtiva do sítio. Não foi observado fechamento do dossel para o tratamento de desbaste com peso de 70% aos 81 meses sem brotação, e seu *IAF*, também, encontra-se em declínio devido, possivelmente, a limitação nutricional do sítio. O *IAF* foi igual ( $p > 0,05$ ) para os regimes de desbaste de SD, 35% 81 e, 70% 81 CB, que apresentaram, em média, *IAF* 20% maior do que o observado no tratamento 70% 81 SB. O *ICD* foi estatisticamente diferente entre todos os tratamentos de desbaste ( $p \leq 0,05$ ), e apresentou correlação significativa com *IAF*. A utilização de fotografia digital pode ser usada para avaliar a dinâmica de cobertura do dossel. Deve-se, porém, utilizar fotografias digitais com resolução elevada para facilitar a distinção entre o céu e o dossel.

**Palavras-chave:** Índice de cobertura de dossel, índice de área foliar, projeção de copa, estrutura de dossel.

**Abstract** - Leaf area index (*LAI*) and canopy cover index (*CCI*) was obtained for a pruned and thinned *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden clone stand, in Abaeté, Minas Gerais (19° 15' 94" S e 45° 44' 56" W ). The thinning treatments included the removal of trees in the following ages and weights: 0% (SD), 35% of total planted

trees at 55 months (35% 55) and 81 months (35% 81), and 70% at 81 months, with coppice removal (70% 81 SB) and without coppice removal (70% 81 CB) from thinned trees. The *CCI* was obtained at the age of 141 months by taking digital photographs (3216x2116 pixels), which were processed through the software SIDELOOK 1.1. The *LAI* was obtained with the LI-COR canopy analyzer. *LAI* varied significantly ( $p \leq 0.05$ ) with thinning treatments up to 141 months. The treatments 35% 81, 70% 81 CB and no thinning presented similar *LAI* being, in average, 20% higher than for the 70% 81 SB treatment. There was a 25% *LAI* reduction, at 141 months, as compared to 102 months, indicating a possible site quality decline. The *LAI* of the 70% 81 SB treatment did not reach the pre-thinning level at 141 months and it was also observed a decline in *LAI* for this treatment compared to the age of 102 months. All thinning treatments presented different ( $p \leq 0.05$ ) *CCI*'s and there was a correlation with *LAI*. Digital photographs can be used for canopy cover evaluation if high resolution photos are taken in order to separate sky from canopy pixels.

**Key words:** Canopy cover index, leaf area index, eucalypt.

## Introdução

A expansão de reflorestamentos com materiais genéticos de alta qualidade e grande produtividade, em especial do gênero *Eucalyptus*, vem ganhando destaque na silvicultura nacional. Atualmente, o cultivo de eucalipto representa 66,5% das florestas plantadas no Brasil, a mais de 4,5 milhões de hectares plantados, tendo tido uma expansão de mais de um milhão de hectares nos últimos cinco anos (ABRAF, 2010).

Usualmente, as florestas de eucalipto têm sido manejadas em rotações de cinco a sete anos, principalmente com finalidade energética e produção de celulose. No entanto, existe uma alta demanda de madeira serrada no mercado, devido a pressões de ambientalistas em relação à exploração de florestas nativas, à rigorosa legislação ambiental, bem como à dificuldade e o custo de transporte dessa madeira para os centros consumidores, geralmente extraída da Amazônia. Por esta razão, tem aumentado o interesse em se utilizar o manejo diferenciado das florestas de eucalipto, através da desrama artificial e do desbaste, a fim de obter uma fonte de matéria-prima com qualidade necessária para abastecer o mercado madeireiro (OLIVEIRA NETO et al., 2010; SANTOS, 2008; DIAS et al., 2005).

A retirada de galhos pela desrama artificial, juntamente com a remoção parcial de árvores através do desbaste, modifica a disponibilidade de recursos de crescimento na área, bem como a dinâmica de crescimento de copa. Ocorre aumento da transmitância da radiação fotossinteticamente ativa, havendo maior interceptação de luz pelas folhas, bem como há maior disponibilidade de água e nutrientes para as raízes, favorecendo o crescimento das plantas remanescentes e, conseqüentemente, a produção de toras de maior dimensão, livre de nós (LIMA, 2003; CHAVES et al. 2007; STOCKS, 2007).

Os parâmetros utilizados para caracterizar o comportamento do dossel após intervenções de desrama e desbaste incluem o índice de área foliar (IAF), a distribuição de biomassa e área foliar ao longo do tronco das árvores, a transmitância da radiação fotossinteticamente ativa (t%), o índice de cobertura do dossel (ICD), e a projeção da copa no solo (ALMEIDA, 2003; LIMA, 2003; CHAVES et al. 2007; MONTE et al., 2007; STOCKS, 2007).

Com a aplicação da desrama artificial e desbaste há mudanças na característica do dossel florestal. Medhurst e Beadle (2001) verificaram aumento na taxa média de crescimento de copa viva após a aplicação do desbaste em plantações de *Eucalyptus nitens*. Chaves et al. (2007) relataram aumento de 47,38% na transmitância da radiação fotossinteticamente ativa imediatamente após o desbaste de 35% dos indivíduos, em povoamento desramado de *Eucalyptus grandis*. Stocks (2007) verificou decréscimo significativo do *IAF* e do *ICD* logo após a realização do desbaste, seguido de um crescente aumento, indicando que o desbaste promoveu a alteração suficiente na estrutura do dossel para favorecer maior exposição da copa remanescente à radiação e promover o aumento do *IAF*. Monte (2006) utilizou dados de *IAF* e *ICD* para gerar modelos que expliquem a dinâmica de copa da floresta em função da idade e planejar a idade de realização do desbaste.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o comportamento da estrutura do dossel após realização de diferentes regimes de desbaste, utilizando-se dados de índice de área foliar e índice de cobertura de dossel obtido com fotografias digitais.

### **Material e Métodos**

O presente estudo foi desenvolvido na região de cerrado, em um povoamento de um clone de *Eucalyptus grandis* (24504-CAF) estabelecido em novembro de 1998, no espaçamento 3 x 3 m, na Companhia Agrícola e Florestal Santa Bárbara (CAF), atualmente ArcelorMittal BioFlorestas Ltda., na regional de Martinho Campos, MG (latitude 19°15'94" S, longitude 45°44'56" E e altitude média de 647 m). Os solos da região são classificados como Latossolo Vermelho distrófico e o clima é subtropical úmido com temperatura média anual de 22,3°C, sendo a temperatura média do mês mais frio de 19,0°C e a do mês mais quente de 23,8°C; a precipitação média anual é de 1.350 mm; déficit hídrico anual médio é de 142 mm e a evapotranspiração potencial anual de 1216 mm (Figura 1).

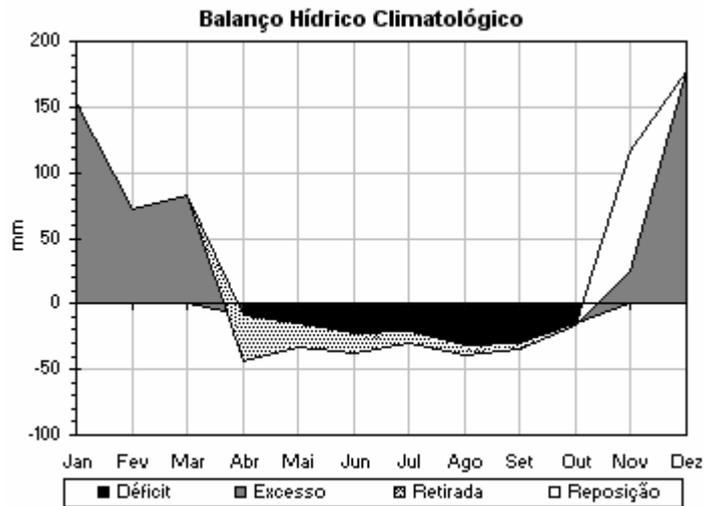


Figura 1. Balanço hídrico da área experimental entre os anos de 1999 e 2006. Fonte: Monte (2006).

Antes do plantio, foi efetuada uma subsolagem na profundidade de 50 a 60 cm. Foi realizada aplicação de  $100 \text{ g planta}^{-1}$  de NPK (6-30-6) enriquecido com 0,7% Cu, 1 % B, 1% Zn, na cova de plantio e, adubação em cobertura à base de NK (8-32) enriquecido com 0,7% B, 75 dias após o plantio. Em outubro de 2001, aplicou-se  $100 \text{ g planta}^{-1}$  de cloreto de potássio (LIMA, 2003). Foram analisadas amostras de solos coletadas nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, em 2000, 2003 e 2006 (Tabela 1).

Foram aplicados seis tratamentos de desrama, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, combinando intensidades de desrama (altura de remoção dos galhos a partir do solo) e frequência (duas ou três intervenções para atingir 6 m de altura livre de galhos na planta). A primeira intervenção de desrama foi realizada aos 16 meses de idade e, as subseqüentes, aos 20 e 28 meses, sendo que a altura de remoção dos galhos variou de 0 a 2,0 m de altura, atingindo 3 m de altura livre de galhos aos 28 meses de idade (Tabela 2). Aos 45 meses de idade, foi feita a última intervenção de desrama, em apenas 30% das árvores, que foram selecionadas para produção de duas toras de maior qualidade para serraria, atingindo 6 m de fuste livre de galhos, nas plantas, em todos os tratamentos. A desrama foi realizada ao longo do talhão (120 plantas aproximadamente) sendo cada parcela constituída de

quatro linhas. A área da parcela útil foi de 180 m<sup>2</sup>, constituindo-se de 20 plantas nas duas linhas centrais (10 plantas em cada linha) (LIMA, 2003).

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental em 2000, 2003 e 2006, na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, em Abaeté, MG.

Variável	Julho de 2000		Junho de 2003		Setembro de 2006	
	Profundidade do solo (cm)					
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
pH (H <sub>2</sub> O)	4,4	4,3	4,66	4,62	4,49	4,55
P (mg dm <sup>-3</sup> )	23,2	5,2	31,82	6,69	1,05	0,95
K (mg dm <sup>-3</sup> )	14,1	9,4	17,78	10,89	11,93	7,4
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,23	0,09	0,1	0,04	0,07	0,06
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,08	0,06	0	0	0,01	0,01
Al <sup>3+2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,35	1,09	1,29	1,53	1,59	1,33
H + Al <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	11,08	8,74	7,19	6,23	7,84	7,08
SB <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,35	0,18	0,15	0,07	0,12	0,06
(t) <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,7	1,27	1,43	1,61	1,77	1,41
(T) <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	11,43	8,92	7,33	6,31	8,16	7,15
V (%)	3,05	2,03	2	1,11	1,47	0,73
m (%)	79,64	85,84	90	95,56	93,27	95,6

SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC (t) = Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) = Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases, m = Índice de Saturação de Alumínio; <sup>1</sup>Fonte: Stocks (2006).

Tabela 2. Tratamentos de desrama aplicados em plantas do clone 24504 de *E. grandis*, em Abaeté, MG.

Tratamento	Altura <sup>1</sup> parcial de desrama (m)				Altura total de desrama (m)
	16 meses	20 meses	28 meses	45 meses <sup>2</sup>	
T1 - Testemunha	----	----	----	----	----
T2 - 0,5+0,5+2,0+3,0	0,5	0,5	2,0	3,0	6,0
T3 - 0,5+1,0+1,5+3,0	0,5	1,0	1,5	3,0	6,0
T4 - 1,0+1,0+1,0+3,0	1,0	1,0	1,0	3,0	6,0
T5 - 1,0+0,0+2,0+3,0	1,0	----	2,0	3,0	6,0
T6 - 1,5+0,0+1,5+3,0	1,5	----	1,5	3,0	6,0

<sup>1</sup>Altura de desrama a partir do nível do solo. <sup>2</sup> Desrama realizada apenas em 30% das árvores superiores (LIMA, 2003).

Foram aplicados desbastes (0, 35 e 70% do número total de árvores em cada parcela, considerando as falhas) (Tabela 3). O tratamento de 35% de desbaste foi

aplicado em duas idades (55 e 81 meses após o plantio), tendo sido feito o controle das brotações, e, o tratamento de 70% de desbaste foi realizado somente aos 81 meses. Foram adotados dois métodos de manejo da brotação no tratamento de 70%: eliminação total da brotação e, condução da brotação com um broto por cepa.

O desbaste incluiu a eliminação das árvores com tortuosidade, injúrias, bifurcação e crescimento inferior às demais árvores do povoamento. As falhas foram consideradas como plantas eliminadas. A distribuição espacial das plantas eliminadas foi considerada para evitar a formação de grandes clareiras.

Tabela 3. Peso e idade de realização do desbaste, manejo da brotação, sigla de cada tratamento e número de árvores por hectare após desbaste realizado em povoamentos de clone de *E. grandis* desramado, em Abaeté, MG

Peso	Idade	Manejo da brotação	Sigla	Árv./ha	Área Basal (%)
0%	-	-	SD <sup>1</sup>	1111	0
35%	55 meses	Eliminação total	35% 55	722	27
35%	81 meses	Eliminação total	35% 81	722	27
70%	81 meses	Eliminação total	70 % 81 SB <sup>2</sup>	330	60,91
70%	81 meses	Com condução	70% 81 CB <sup>3</sup>	330	60,03

<sup>1</sup>SD - Sem desbaste; <sup>2</sup>SB- Sem brotação, <sup>3</sup>CB – Com condução de um broto por cepa .

A caracterização da estrutura do dossel foi estimada através do índice de área foliar (*IAF*) e índice de cobertura do dossel (*ICD*) coletados dentro da parcela útil, entre a 2ª e 3ª e 8ª e 9ª árvores (Figura 2).

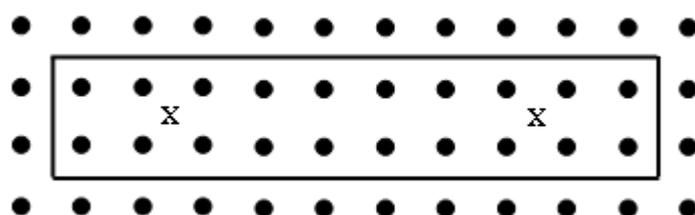


Figura 2. Representação da parcela experimental com as posições de coleta de dados para análise do dossel do povoamento (X = local de coleta de dados do *IAF* e das fotografias digitais).

O *IAF* foi obtido utilizando-se dois sensores LI-2050, conectados a registradores automáticos (dataloggers) modelo LI-2000 da LI-COR. Um dos

sensores foi instalado em área aberta próximo à área experimental e, outro foi usado para obtenção dos dados dentro do povoamento. As leituras foram realizadas sob luz difusa, ao amanhecer e ao final da tarde, ou em dias nublados. A estimativa do índice de cobertura do dossel (ICD) foi obtida através de fotografias digitais com lentes hemisféricas (Figura 1). Foi utilizada uma câmera digital NIKKON SLR D300 12,3 megapixels, com dimensão de 3216x2116 pixels, apontada para o céu e posicionada em nível, sobre um suporte de aproximadamente 0,5 m de altura, procurando captar, deste modo, mais detalhes das copas das plantas em maior campo de visão. As fotografias foram obtidas na parte da manhã, entre 7 e 9h30, e na parte da tarde, entre 16 e 17h30, evitando obter fotografias quando havia elevada incidência de radiação solar e, também, quando havia influência de ventos fortes, que movimentavam a copa das árvores (Figura 3).

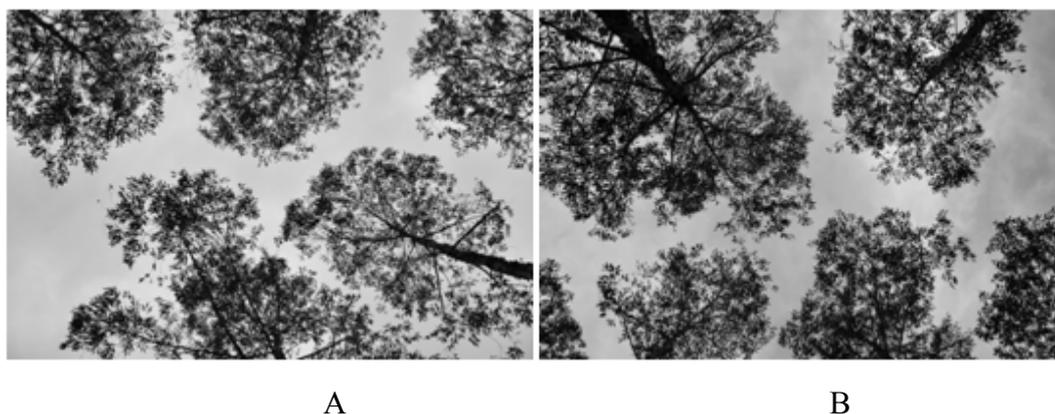


Figura 3. Fotografias obtidas com câmera digital em peso de desbaste de 35% 55 (A) e em povoamento sem desbaste (B) aos 141 meses de idade, (novembro de 2010), em clone de *E. grandis* em Abaeté MG.

As fotos foram processadas pelo software Sidelook 1.1, utilizando o método de classificação (separação entre pixels que representam o céu e o dossel) considerando tonalidades de cinza e limiarização automática, levando-se em conta o ponto máximo do valor de borda, utilizando a função “next” para obtenção do *ICD*. A escolha desta ferramenta para obtenção deste parâmetro foi realizada com base na metodologia proposta por MONTE et al. (2007), na qual os autores constataram que o uso da tonalidade cinza, com limiarização automática, foi o método mais adequado para a classificação das fotografias digitais apresentando valores de *ICD* que melhor

se correlacionam com o IAF. Os *ICDs* foram obtidos pela razão entre a quantidade de pixels que representavam a cobertura vegetal e o total de pixels da fotografia.

Os dados foram avaliados por meio de estatística descritiva e análise de variância; quando os efeitos de tratamentos se apresentaram significativos a 5% de probabilidade pelo teste F, foram realizadas comparações de médias através do teste de Tukey.

### Resultados e Discussão

Aos 141 meses de idade não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) para o *IAF* e o *ICD*, entre os tratamentos de desrama (Tabela 4). Porém, entre os tratamentos de desbaste foi verificada diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) para ambas características (Tabela 5). Os resultados para a desrama confirmam os relatos de Lima (2003), Chaves et al. (2007), Monte (2006) e Stocks (2007) que também não observaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) para *IAF* e entre os tratamentos de desrama nas idades de avaliação de 45 a 102 meses.

Tabela 4. Índice de área foliar (*IAF*) e índice de cobertura do dossel (*ICD*) aos 141 meses de idade, em povoamento desramado de clone de *E. grandis* submetido a desbaste, em Abaeté, MG

Tratamento desrama	<i>IAF</i>	<i>ICD</i>
1	1,31 a	0,39 a
5	1,37 a	0,41 a
2	1,24 a	0,42 a
3	1,21 a	0,43 a
4	1,27 a	0,47 a
6	1,29 a	0,49 a

Médias com mesma letra em cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ( $p > 0,05$ ).

Lima (2003) verificou rápida recomposição de copa após a intervenção de desrama no mesmo povoamento deste estudo, o que explica o fato de não terem sido observadas diferenças entre tratamentos de desrama para o *IAF* na presente avaliação. Pinkard e Beadle (1998) verificaram que dois anos após intervenção de desrama de até 50% da altura da copa verde (55% da área foliar), não houve comprometimento do crescimento de plantas de *Eucalyptus nitens*, e foi observada recuperação quase completa da proporção da copa viva removida. Fontan (2007)

verificou elevada capacidade de recomposição de copa do clone 58, híbrido de *Eucalyptus camaldulensis x Eucalyptus grandis*, em sistema agrossilvipastoril, tendo sido observada recuperação total da copa das plantas seis meses após intervenções de desrama.

A capacidade de recomposição de copa de um clone é um dos fatores de grande importância em programas de desrama artificial, pois esta técnica envolve a retirada de grande parte da área fotossintética da planta, e esta precisa ser recomposta para que não prejudique seu crescimento. As árvores devem ser submetidas a intervenções de desrama subsequentes somente quando comprovada a recomposição de copa da desrama anterior, para reduzir possíveis efeitos da desrama sobre o crescimento das plantas (FONTAN, 2007).

Tabela 5. Índice de área foliar (*IAF*) e índice de cobertura do dossel (*ICD*) aos 141 meses de idade, em povoamento desramado de clone de *E. grandis* submetido a diferentes regimes de desbaste, em Abaeté, MG

Tratamento Desbaste	IAF	ICD
SD	1,29 b	0,43 d
35% 55	1,13 a	0,37 bc
35% 81	1,32 b	0,33 ab
70% 81 CB	1,33 b	0,40 cd
70% 81 SB	1,09 a	0,29 a

Médias com mesma letra em cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ( $p > 0,05$ ).

O *IAF* foi estatisticamente igual para os regimes de desbaste de 35% 81, SD e 70% 81 CB, cuja média foi 20% maior do que o observado no tratamento 70% 81 SB. Os dados de *IAF* para o tratamento 35% 55 apresentaram-se incoerentes, principalmente quando são analisados os dados aos 102 meses de idade, em que Stocks (2007) relatou que os dois tratamentos com desbaste de 35 % apresentaram *IAF* estatisticamente iguais. E, de acordo com os dados de *ICD* no presente estudo (Tabela 4), o tratamento 35 % 55 apresentou valor superior ao do 35 % 81. Imediatamente após o desbaste de 35% 55 o *IAF* foi 28,6% menor do que o observado no povoamento não-desbastado e, aos 93 meses, este valor foi de apenas 11,7%. Chaves et al. (2007), indicando a recomposição substancial da cobertura do dossel três anos após o desbaste. Uma possível explicação para o valor de *IAF* do tratamento 35% 55 foi a derrubada de árvores nas parcelas desse tratamento para

análise de qualidade da madeira em 2007. Mesmo tendo coletado dados de *IAF* dentro da parcela útil, estes sofreram interferência das árvores ao seu redor. Por apresentar lentes do tipo olho de peixe, o aparelho de *IAF* obtém um ângulo maior de informações do dossel quando comparado a fotografias digitais.

O *IAF* do tratamento 70% 81 CB foi superior ao sem condução de brotação devido a interferência da área foliar dos brotos. Stocks (2007) obteve resultados semelhantes aos 102 meses neste mesmo povoamento. No entanto, ao analisar os resultados obtidos pela medição direta de área foliar,  $m^2$  por planta, este autor observou que a área foliar das árvores remanescentes do povoamento 70% 81 CB foi menor em relação ao do povoamento 70% 81 SB, possivelmente pelo crescimento do broto afetar a disponibilidade de nutrientes para as árvores remanescentes, interferindo no desenvolvimento de sua copa.

Aos 141 meses de idade a média geral do *IAF* foi de 1,23, sendo que Stocks (2007), aos 102 meses de idade, encontrou valor médio de 1,63. Esse declínio de 25% do *IAF* está, possivelmente, associado à diminuição na taxa fotossintética, devido à maior competição por luz ocasionada pelo fechamento do dossel e à falta de adubação complementar por ocasião do desbaste. Reis et al. (1985) observaram crescimento da biomassa foliar até os 32 meses de idade em povoamento de *Eucalyptus grandis* e posterior declínio, em sítio com restrição nutricional em Carbonita, MG. Foi sugerido que a diminuição na biomassa de folhas decorreu da redução na disponibilidade de nutrientes e da qualidade de sítio, uma vez que o povoamento estudado recebeu apenas a adubação de implantação. Assim sendo, é provável que tenha tido redução no *IAF* devido à queda da qualidade do sítio no presente estudo.

Ao avaliar a análise química do solo (Tabela 1), observa-se que o fósforo reduziu de  $23,20 \text{ mg dm}^{-3}$  em 2000 para  $1,05 \text{ mg dm}^{-3}$  em 2006, a soma de bases decresceu de  $0,35 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para  $0,12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e a saturação por alumínio cresceu de 79 para 95%, ou seja, de modo geral observa-se redução gradativa na qualidade do sítio. A adubação realizada nesse povoamento foi de  $100 \text{ g planta}^{-1}$  de NPK (6-30-12) 0,7% Cu, 1 % B, 1% Zn na cova, no plantio, feita adubação em cobertura à base de NK (8-32) + 0,7% B, 75 dias após o plantio. Em outubro de 2001 aplicou-se  $100 \text{ g planta}^{-1}$  de KCl (cloreto de potássio). Desde então não foram realizadas adubações de manutenção e pós-desbaste. Outra possível explicação para

o reduzido *IAF* aos 141 meses de idade é a baixa precipitação anual em 2010, gerando maior estresse hídrico às plantas e queda excessiva de folhas. Variação substancial de *IAF* em função da disponibilidade hídrica foi encontrada por Pook et al. (1997), em floresta nativa de *Eucalyptus maculata*, tendo atingido *IAF* de 0,7 em períodos de deficiência hídrica e aumentado para 5,0 na estação chuvosa, ao longo de um período de 15 anos, na Austrália, o que indica que, para interpretação de resultados de *IAF*, deve-se levar em conta a disponibilidade hídrica.

O desbaste 35% 81 apresenta valor de *IAF* muito próximo do povoamento sem desbaste, fato já observado aos 102 meses por Stocks (2007), indicando que já houve a completa recomposição do dossel após o desbaste. Uma segunda intervenção de desbaste deveria ter sido realizada antes do fechamento do dossel, pois, com o sombreamento das folhas da parte basal, estas passam a fotossintetizar abaixo de seu ponto de compensação lumínico e operam como dreno de fotoassimilados (OLIVER e LARSON, 1990). Quanto ao desbaste 70% 81 SB, a recomposição de copa ainda não está completa, e, possivelmente, não atingirá valores de *IAF* semelhante do povoamento SD, devido ao grande espaçamento entre plantas. O *IAF* é afetado pela qualidade do sítio, espaçamento, espécie, tratamentos silviculturais como fertilização, desrama e desbaste e idade do povoamento, dentre outros (WHITEHEAD e BEADLE, 2004).

A recomposição do dossel após o desbaste pode ser explicada pela alteração da quantidade e qualidade de luz que chega à copa das árvores remanescentes em virtude da abertura do dossel com a retirada parcial das árvores do povoamento florestal (WANG et al., 1995; TANG et al., 1999; CHAVES et al., 2007). O aumento da taxa fotossintética após o desbaste tem sido atribuído à maior disponibilidade de radiação solar para a copa em *Pinus taeda* L. (GINN et al., 1991; TANG et al., 1999) e *Betula papyrifera* Marsh. (WANG et al., 1995), sendo que essa taxa reduz com o fechamento do dossel (GRAVATT et al., 1997). Isso fornece evidências de que a radiação solar é um fator crucial na resposta dos povoamentos ao desbaste.

A recomposição do dossel e o crescimento pós-desbaste poderiam ter sido maiores do que o observado se tivesse sido realizada uma adubação complementar após o desbaste. Stape e Martini (1991) obtiveram ganho médio em volume de 36,3% com a fertilização pós-desbaste em povoamento de eucalipto no município de Lençóis Paulista, SP.

O *ICD* apresentou correlação ( $\alpha=0,05$ ) com o *IAF*, com coeficiente de correlação de 0,68. O povoamento não desbastado apresentou maior *ICD*, tendo sido 13,9, 23,2, 6,9, 35,2% superior aos tratamentos 35% 55, 35% 81, 70% 81 CB e 70% 81 SB, respectivamente. Stocks (2007) justifica a superioridade das fotografias digitais pela diferença na limitação do ângulo zenital da lente da máquina, em que a imagem reflete apenas aquela porção do dossel visível pela lente da máquina digital (Figura 4). Ainda, segundo este autor, o sensor do *IAF*, constituído de lentes hemisféricas do tipo olho de peixe, cujas superfícies ativas estão arrançadas em anéis concêntricos ( $0-13^\circ$ ,  $16-28^\circ$ ,  $32-43^\circ$ ,  $47-58^\circ$  e  $61-74^\circ$ ), onde a imagem do dossel, em forma quase hemisférica, é projetada dentro desses anéis, permite para cada intervalo angular, a medição da radiação na banda e no ângulo zenital conhecido. Ou seja, a lente do aparelho de *IAF* capta um ângulo maior de informações do dossel em comparação à lente da câmera digital, inclusive, a de árvores mais distantes que se encontram em parcela adjacente, em que o tratamento de desbaste pode ser diferente. Assim sendo, a câmera digital com lente comum é recomendada para a análise de experimentos em que parcelas com diferentes tratamentos estejam relativamente próximas.

Macfarlane et al. (2000) compararam a obtenção do índice de área foliar utilizando lentes hemisféricas e lentes não hemisféricas e encontraram estimativas precisas em ambos os casos, porém, ao analisar o dossel através de imagens obtidas por lentes não hemisféricas em dois ângulos zenitais ( $0^\circ$  e  $57^\circ$ ) os autores afirmam que as frações “gap” (espaços vazios) são estimadas com maior exatidão. De acordo com os autores isto se deveu à pequena área do dossel representado nestas fotos. Resultados semelhantes que mostram a influência das dimensões da imagem na maior precisão e exatidão de captura das estruturas da copa, como folhas e galhos, foram encontrados por Inoue et al. (2004) e Nobis e Hunziker (2005).

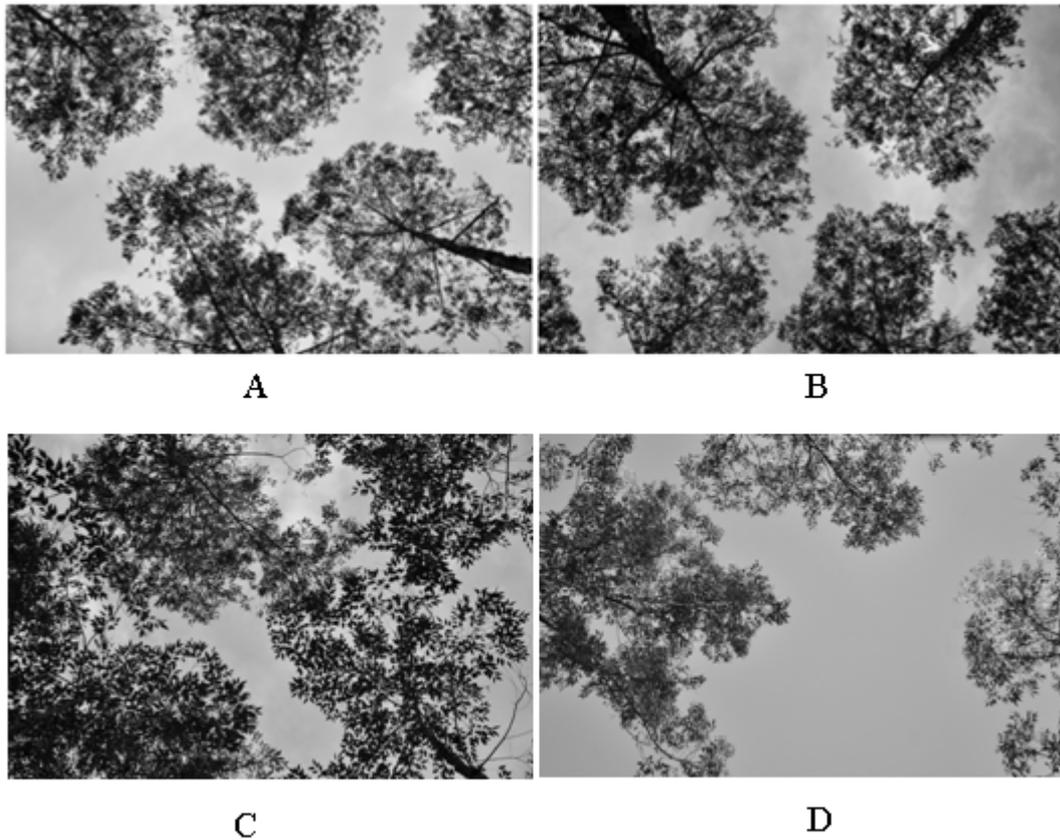


Figura 4. Fotografias obtidas com câmera digital em regime de desbaste de 35% 55 meses (A), povoamento sem desbaste (B) desbaste 70% 81 CB (C) e desbaste 70% 81SD (D) aos 141 meses de idade, (novembro de 2010), em clone de *E. grandis* em Abaeté MG.

Chaves et al. (2007) e Monte et al.(2004) concluíram que o *IAF* foi mais sensível do que o *ICD* para identificar mudanças na recomposição da copa após a realização de desbaste em povoamento de eucalipto, tendo recomendado aperfeiçoamento no uso do *ICD* em razão de ser equipamento de baixo custo em comparação com os sensores utilizados para estimativa do *IAF*. Estes autores analisaram fotografias com resolução 640x480 pixels. Porém, quando foram comparadas fotografias com resolução 640x480 e 1.280x960 pixels, as fotos com maior resolução permitiram melhor diferenciação entre céu e dossel, aumentando a qualidade dos dados obtidos com a câmera digital (Monte et al., 2007). No presente estudo, a resolução das fotos foi de 3216x2116 pixels, havendo possibilidade de se adotar maiores resoluções com as câmeras digitais disponíveis atualmente.

## Conclusões

1. Os dados de dinâmica de copa indicam que com a remoção de 70% das árvores, ainda não foi observada recomposição completa do dossel ao nível do povoamento não desbastado.
2. Os povoamentos com desbaste de apenas 35% das árvores poderiam ter recebido uma segunda intervenção de desbaste para permitir maior disponibilidade de recursos de crescimento para o desenvolvimento das árvores remanescentes.
3. Mesmo não tendo ocorrido o fechamento do dossel para o tratamento de desbaste com peso de 70% aos 81 meses SB, seu *IAF* encontra-se em declínio.
4. O índice de área foliar e o índice de cobertura do dossel podem ser utilizados em estudos de avaliação de copa, estando associados às alterações da copa. Deve-se, portanto, utilizar fotografias digitais com resolução elevada para facilitar a distinção entre o céu e o dossel.

## Referências Bibliográficas

- ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário Estatístico da ABRAF: ano base 2009. Brasília: ABRAF, 2010, 140 p.
- ALMEIDA, M. L. **Desrama artificial em clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* com diferenças em arquitetura de copa**. 2003. 119f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa.
- CHAVES, R. A.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; PEZZOPANE, J. E. M.; XAVIER, A.; MONTE, M. A. Dinâmica de cobertura de dossel de povoamento de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden submetidos a desrama artificial e desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.6. p. 989-998. 2007.
- DIAS, A. N.; LEITE H. G.; CAMPOS J. C. C.; COUTO L.; CARVALHO A. F. Emprego de um modelo de crescimento e produção em povoamentos desbastados de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p 731-739. 2005.
- FONTAN, I. C. I. **Dinâmica de copa e crescimento de clones de eucalipto submetidos a desrama, em sistema agroflorestal**, 2007. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- GINN, S. E.; SEILER, J. R.; CAZELL, B. H.; KREH, R. E. Physiological and growth responses of eight-year-old loblolly pine stands to thinning. **Forest Science**, v.37, p.1030–1040, 1991.

GRAVATT, D. A.; CHAMBERS J. L.; BARNETT J. P. Temporal and spatial patterns of net photosynthesis in 12-year-old loblolly pine five growing seasons after thinning. **Forest Ecology Management**, v.97, p.73–83, 1997.

INOUE, A.; YAMAMOTO, K.; MIZOUE, N.; KAWAHARA, Y. Effects of image quality, size and camera type on forest light environment estimates using digital hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.126, p.89-97, 2004.

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

MACFARLANE, C.; COOTE, M.; WHITE, D. A.; ADAMS, D. A. Photographic exposure affects indirect estimation of leaf area in plantations of *Eucalyptus globulus* Labill. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.100, p.155–168, 2000.

MEDHURST, J. L.; BEADLE, C. L. Crown structure and leaf area index development in thinned and unthinned *Eucalyptus nitens* plantations. **Tree Physiology**, v.21, p.989-999, 2001

MONTE, M. A. **Estrutura do dossel e crescimento após desbaste em povoamento de clone de eucalipto desramado.** 2006. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MONTE, M. A.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LEITE, H. G.; STOCKS, J.J. Métodos indiretos de estimação da cobertura de dossel em povoamentos de clone de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.769-775, 2007.

NOBIS, M.; HUNZIKER, U. Automatic thresholding for hemispherical canopy-photographs based on edge detection. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.128, p.243-250, 2005.

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

PINKARD, E. A.; BEADLE, C. L. Effects of green pruning on growth and stem shape of *Eucalyptus nitens* (Deane and Maiden) Maiden. **New Forests**, v. 15, p. 107-126, 1998.

PRZESZLOWSKA, A.; TRLICA, M.J.; WELTZ, M.A. Near-ground remote sensing of green area index on the shortgrass prairie. **Rangeland Ecology & Management**, v.59, n.4, p.422-430, 2006.

POOK, E. W.; GILL, A. M.; MOORE, P. H. R. Long-term variation of litter fall, canopy leaf area and flowering in a *Eucalyptus maculata* forest on the south coast of New South Wales. **Australian Journal of Botany**, v.45, p.737-755, 1997.

REIS, M.G.F.; KIMMINS, J.M.; REZENDE, G.C. de; BARROS, N.F. de. Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, v.9, n.2, p.149-162, 1985.

SANTOS, F. L. **Regulação da produção de floresta de eucalipto submetida a desbaste e destinadas a multiprodutos**. 2008. 80f Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HOPPE, J. M.; DRESCHER, R., SCHEREN, W.; MAINARDE, G.; FLEIG, F. D. Produção de *Eucalyptus grandis* hill ex maiden em diferentes intensidades de desbaste. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 129-140. 1998.

STAPE J. L.; MARTINI E. D. Desbaste de *Eucalyptus*: Opção de manejo para áreas com limitações ambientais ao corte raso. **5º ENTEC**, Belo Horizonte-MG, p.30-50. 1991.

STOCKS, J. J. **Dinâmica de copa, crescimento e viabilidade econômica de um povoamento de eucalipto submetido a desrama e desbaste**. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TANG, Z.; CHAMBERS, J. L.; GUDDANTI, S.; BARNETT, J. P. Thinning, fertilization and crown position interact to control physiological responses of loblolly pine. **Tree Physiology**, v.19, p.87–94, 1999.

WANG, J. R.; SIMARD S.W.; KIMMINS J. P. Physiological responses of paper birch to thinning in British Columbia. **Forest Ecology Management**, v.73, p.177–184, 1995.

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

ZHANG, Y.; CHEN, J. M.; MILLER, J. R. Determining digital hemispherical photograph exposure for leaf area index estimation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.133, p.166-181, 2005.

## CAPÍTULO 2

### EFEITO DO DESBASTE SOBRE O CRESCIMENTO DE PLANTAS DESRAMADAS DE clone de *Eucalyptus grandis*

**Resumo** - Povoamento de clone de *Eucalyptus grandis* W.Hill exMaiden desramado foi submetido a desbaste de 35% das árvores aos 55 meses, 35% aos 81 meses, 70% aos 81 meses (com e sem eliminação da brotação das cepas das árvores desbastadas) e, sem desbaste. Aos 141 meses, foram observadas diferenças ( $p \leq 0,05$ ) em diâmetro (*DAP*), altura total (*Ht*), volume com casca (*Vcc*), incremento periódico anual pós-desbaste (*IPA*) e incremento médio anual (*IMA*), entre os tratamentos de desbaste. *Ht* e *Vcc* foram menores ( $p \leq 0,05$ ) para o tratamento com presença de brotação em relação aos demais tratamentos de desbaste. A distribuição de Weibull indicou predomínio de indivíduos nas menores classes de diâmetro no povoamento sem desbaste. Com desbaste de 70% das árvores aos 81 meses, sem a manutenção da brotação, houve maior proporção de árvores nas maiores classes de diâmetro e, a manutenção da brotação promoveu redução substancial na taxa de crescimento das árvores remanescentes, aumentando o número de indivíduos com reduzido diâmetro. O *IPA* foi mais elevado ( $p \leq 0,05$ ) quando o desbaste foi realizado em idade mais jovem (35% aos 55 meses), tendo havido maior proporção de indivíduos em classes de maior diâmetro em comparação com o desbaste de 35% aos 81 meses. O volume com casca foi maior ( $p \leq 0,05$ ) quando não houve o desbaste e reduziu com o peso do desbaste. O desbaste é uma atividade de elevado custo, mas agrega qualidade ao povoamento desramado, possibilitando a obtenção de multiprodutos. Recomenda-se a aplicação de desbaste de 70% das árvores aos 81 meses de idade para o genótipo estudado, visando multiprodutos, em razão da obtenção de árvores de maiores diâmetros. O desbaste precoce (55 meses) pode ser adotado desde que seja realizado um segundo desbaste.

**Palavras-chave:** Produção florestal, distribuição Weibull, peso de desbaste, clone de eucalipto

**Abstract** - A pruned stand of *Eucalyptus grandis* W.Hill exMaiden underwent thinning of 35% of planted trees, at 55 months, 35% at 81 months, 70% at 81 months with and without removal of coppice sprouts of the thinned trees, and no-thinning.

Up to 141 months after planting, differences were observed ( $p \leq 0.05$ ) for diameter (*dbh*) total height (*Ht*), volume outside bark (*Vcc*), periodic annual increment after thinning (*PAI*) and the mean annual increment (*MAI*) between thinning treatments. *Ht* and *Vcc* were the smallest ( $p \leq 0.05$ ) by thinning 70 % of the trees at 81 months without coppice sprout removal. The Weibull distribution showed a greater number of trees in the smallest diameter classes for the no-thinning stand. By thinning 70% of the trees at 81 months, with the removal of the coppice sprouts of the thinned trees, it was observed a greater number of individuals in larger diameter classes while by maintaining the coppice sprouts it was observed reduction of the growth rate and, consequently, increase in the number of individuals in the smallest diameter classes. The *PAI* was the greatest by thinning 35% of the trees at 55 months, resulting in greater number of trees in the largest diameter classes as compared to thinning 35% at 81 months. Volume with bark was higher ( $p \leq 0.05$ ) for the no-thinning stand and it reduced with thinning weight. Thinning is highly costly but increases the quality of the pruned stands, allowing multiproduct, including sawnwood of high quality. The overall results indicates that thinning 70% of the trees at the age of 81 months could be recommended for the genotype studied to obtain trees of larger diameter, for multiproduct. A light early thinning (about 35% of the trees at 55 months) could be adopted if a second thinning is applied to the stand at older ages.

**Key words:** Forest yield, Weibull distribution, thinning weight, eucalypt clone

## Introdução

Os povoamentos de eucalipto têm sido explorados em idades de até sete anos, no Brasil, e são utilizados para a produção de celulose e papel, carvão, produção de chapas, dentre outros. Deve-se destacar que, nos últimos anos, tem aumentado a demanda de madeira para serraria em razão, principalmente, da dificuldade de exploração de madeira de florestas nativas (OLIVEIRA NETO et al., 2010).

A obtenção de madeira serrada de qualidade de eucalipto requer o manejo de florestas plantadas, através de desrama artificial e de desbaste. A desrama artificial possibilita a obtenção de madeira serrada livre de nós, ou seja, maior extensão de

madeira limpa (PIRES, 2000; ALMEIDA, 2003; MONTAGU et al., 2003; PINKARD e NEILSEN, 2003; PINKARD, 2003; LIMA, 2003; POLLI et al., 2006), enquanto o desbaste possibilita a obtenção de árvores com maior diâmetro (NOGUEIRA et al., 2001; DIAS et al., 2005; NOGUEIRA et al., 2005; LEITE et al., 2005; MONTE et al., 2009), em razão da redução da competição entre indivíduos remanescentes por recursos de crescimento (FORRESTER et al., 2003).

A redução de crescimento das plantas pode ocorrer com a desrama artificial em razão da redução da área fotossintética, conforme observado por Pires (2000), havendo necessidade de definir o peso, frequência da desrama e a idade das plantas por ocasião da primeira intervenção para evitar essa redução. Povoamentos de clone de eucalipto que apresentam elevada capacidade de recomposição de copa não têm apresentado redução do crescimento das plantas desramadas (ALMEIDA, 2003; LIMA, 2003; PULRONILK et al., 2005; PINKARD, 2003; FONTAN, 2007, MONTE et al., 2009). Desta forma, a capacidade de recomposição de copa é uma característica desejável na seleção de materiais genéticos para programas de desrama artificial, de modo a reduzir o seu efeito sobre o crescimento das plantas (FONTAN, 2007).

Também, os povoamentos desramados devem ser desbastados para obter toras de maior dimensão e com elevada proporção de madeira limpa, aumentando o valor agregado da madeira para serraria (CHAVES, 2005; MONTE et al., 2009). A retirada de árvores com o desbaste disponibiliza mais recursos de crescimento às plantas remanescentes do povoamento, favorecendo seu crescimento, especialmente, em diâmetro (STOCKS, 2007).

Assmann (1970) observou que as árvores remanescentes do desbaste apresentavam rápido incremento em diâmetro, devido ao aproveitamento dos recursos ambientais, o que foi denominado efeito de aceleração de crescimento. Este efeito depende do peso do desbaste e da idade de sua aplicação. Monte et al. (2009) verificaram diferenças significativas do incremento periódico anual pós-desbaste (IPA) e incremento médio anual (IMA) em árvores de 93 meses de idade ao serem desbastados 35% dos indivíduos, aos 55 meses de idade, indicando que resposta positiva ao desbaste. Stocks (2007) verificou que maior intensidade do desbaste (70%), aplicado na idade de 81 meses, em povoamento de clone de

eucalipto, promoveu o aumento do número de indivíduos em classes de diâmetro mais elevadas e postecipação da idade técnica de corte do povoamento.

O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento de um povoamento desramado de clone de *Eucalyptus grandis*, submetido a diferentes pesos e idades de desbaste, em Abaeté, Minas Gerais.

### **Material e Métodos**

O presente estudo foi desenvolvido na região de cerrado, em povoamento de clone de *Eucalyptus grandis* (24504-CAF) estabelecido em novembro de 1998, no espaçamento 3 x 3 m, na Companhia Agrícola e Florestal Santa Bárbara (CAF), atualmente ArcelorMittal BioFlorestas Ltda., na regional de Martinho Campos, MG (latitude 19°15'94" S, longitude 45°44'56" E e altitude média de 647 m). Os solos da região são classificados como Latossolo Vermelho Amarelo. O clima é subtropical úmido com temperatura média anual de 22,3°C, sendo a temperatura média do mês mais frio de 19,0°C e a do mês mais quente de 23,8°C. A precipitação média anual é de 1.350 mm, havendo um déficit hídrico anual médio é de 142 mm, com uma evapotranspiração potencial anual de 1216 mm. O relevo varia de plano a suavemente ondulado (LIMA, 2003).

Antes do plantio, foi efetuada uma subsolagem a 50 a 60 cm de profundidade. Foi feita a aplicação de 100 g planta<sup>-1</sup> de NPK (6-30-6) enriquecido com 0,7% Cu, 1% B, 1% Zn, na cova de plantio e adubação em cobertura à base de NK (8-32) enriquecido com 0,7% B, 75 dias após o plantio. Em outubro de 2001 aplicou-se 100g planta<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (LIMA, 2003).

Foram utilizados seis tratamentos de desrama, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, combinando diferentes alturas de remoção dos galhos a partir do solo e frequência (duas ou três intervenções para atingir 6 m de altura livre de galhos na planta). A primeira intervenção de desrama foi realizada aos 16 meses de idade e, as subseqüentes, aos 20, 28 e 45 meses de idade (Tabela 1) sendo que a última intervenção de desrama foi aplicada em apenas 30% das árvores que foram selecionadas para produção de duas toras de qualidade para serraria. Cada parcela foi constituída de quatro linhas, com área da parcela útil de 180 m<sup>2</sup>, com 20 plantas nas duas linhas centrais (10 plantas em cada linha).

TABELA 1. Tratamentos de desrama aplicados em plantas do clone 24504 de *E. grandis*, em Abaeté, MG.

Tratamento	Altura <sup>1</sup> parcial de desrama (m)				Altura total de desrama (m)
	16 meses	20 meses	28 meses	45 meses <sup>2</sup>	
T1 - Testemunha	----	----	----	----	----
T2 - 0,5+0,5+2,0+3,0	0,5	0,5	2,0	3,0	6,0
T3 - 0,5+1,0+1,5+3,0	0,5	1,0	1,5	3,0	6,0
T4 - 1,0+1,0+1,0+3,0	1,0	1,0	1,0	3,0	6,0
T5 - 1,0+0,0+2,0+3,0	1,0	----	2,0	3,0	6,0
T6 - 1,5+0,0+1,5+3,0	1,5	----	1,5	3,0	6,0

<sup>1</sup>Altura de desrama a partir do nível do solo. <sup>2</sup> Desrama realizada apenas em 30% das árvores superiores (LIMA, 2003)

O desbaste incluiu a eliminação das árvores com tortuosidade, injúrias, bifurcação e crescimento inferior às demais árvores do povoamento. As falhas no povoamento foram consideradas como plantas eliminadas e evitou-se a formação de grandes clareiras.

Foram aplicados desbastes de 0, 35 e 70% do número total de árvores em cada parcela, incluindo as falhas no plantio (Tabela 2). O tratamento de 35% de desbaste foi aplicado aos 55 e 81 meses após o plantio, tendo sido feito a eliminação da brotação. O tratamento de 70% de desbaste foi realizado somente aos 81 meses, sendo adotado dois manejos da brotação: eliminação da brotação e, condução da brotação para um broto por cepa. O desbaste de 35% 55 e 81 e 70% 81 CB e SB dos indivíduos correspondeu a 27, 27, 60,03 e 60,91% da área basal do povoamento, respectivamente.

TABELA 2. Peso e idade de realização do desbaste, manejo do broto e sigla de cada tratamento e número de árvores, por hectare, após desbaste em povoamento desramado de clone de *E. grandis*, em Abaeté, MG

Peso	Idade	Manejo da brotação	Sigla	Árv./ha
0%	-	-	SD	1111
35%	55 meses	Eliminação total	35% 55	722
35%	81 meses	Eliminação total	35% 81	722
70%	81 meses	Eliminação total	70 % 81 SB	330
70%	81 meses	Com condução	70% 81 CB	330

Em 2006 foram coletadas três amostras de solos em cada tratamento de desbaste, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, para análise química do solo. Os resultados analíticos para macronutrientes, capacidade de troca de cátions, soma de bases, saturação de bases e alumínio, acidez, matéria orgânica e fósforo remanescente são apresentados na (Tabela 3).

TABELA 3. Análise química do solo da área experimental em 2006, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, em Abaeté, MG.

Tratamento de desbaste	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	MO
	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>		cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			%		dag/kg
0-20 cm													
35% 55	4,57	1,2	9	0,17	0,07	1,53	7,48	0,3	1,92	8,07	3,3	86	1,95
35% 81	4,53	1	7,67	0,07	0	1,67	7,48	0,1	1,79	7,85	1,3	95	2
70% 81 CB	4,33	1	14	0,07	0	1,33	8,8	0,1	1,54	9,29	1	93	2,17
70% 81 SB	4,5	1	14,3	0	0	1,5	7,26	0	1,54	7,3	0,3	97	1,82
SD	4,5	1,1	14,7	0,07	0	1,93	8,19	0,1	2,04	8,3	1,3	95	2,22
20-40cm													
35% 55	4,57	1,1	7,67	0,17	0,07	1,4	7,15	0	1,46	6,68	0	98	1,51
35% 81	4,6	0,9	5,67	0,07	0	1,23	6,71	0,1	1,32	6,8	1,3	93	1,28
70% 81 CB	4,4	1	7,67	0,03	0	1,27	8,36	0,1	1,32	8,41	0,3	96	1,95
70% 81 SB	4,6	0,9	8	0,03	0	1,3	6,49	0,1	1,36	6,55	0,7	96	1,6
SD	4,57	0,9	8	0	0	1,43	6,66	0,1	1,58	7,29	1,3	94	1,55

SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC (t) = Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) = Capacidade Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases, m = Índice de Saturação de Alumínio; Fonte: STOCKS (2007).

O crescimento do povoamento foi avaliado através de medições de diâmetro à 1,3 m de altura (*DAP*) e da altura total das árvores da parcela útil aos 81, 93, 105, 117, 129 e 141 meses de idade. O volume de madeira, com casca foi estimado pela equação de volume ajustada a partir de dados obtidos de cubagem de árvores-amostra, seguindo o método de Smalian. Determinou-se, também, o incremento periódico anual pós-desbaste (*IPA*) e o incremento médio anual (*IMA*). Para caracterizar o *IMA* do povoamento considerou, também, a madeira proveniente do desbaste.

Para avaliar o efeito do desbaste sobre a produção volumétrica, foi ajustado o modelo de regressão proposto por Schumacher e Hall ( 1933) :

$$\text{Ln}V_{cc} = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}D_{ap} + \beta_2 \text{Ln}Ht + \varepsilon$$

Em que:  $V_{cc}$  = volume estimado com casca ( $\text{m}^3$ );  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  = parâmetros de regressão;  $D_{ap}$  = diâmetro à altura do peito (m); e  $Ht$  = altura total da árvore (m).

Para caracterizar a frequência diamétrica do povoamento, foi utilizada a função densidade de probabilidade Weibull dois parâmetros. Esta função foi selecionada por se adaptar bem em povoamentos florestais (Bailey e Dell, 1973; Nogueira, 2003; Campos e Leite, 2009), conforme a relação funcional disposta a seguir:

$$f(x) = \begin{cases} \omega \left( \frac{\gamma}{\beta} \right) \left( \frac{(x - \alpha)}{\beta} \right)^{(\gamma-1)} e^{-\left( \frac{(x-\alpha)}{\beta} \right)^\gamma}, & \text{para } \alpha \leq x \leq \infty \\ 0, & \text{para outros valores de } x \end{cases}$$

Em que:

$\alpha$  é o parâmetro de locação,  $\beta$  o parâmetro de escala ( $\beta > 0$ ),  $\gamma$  o parâmetro de forma ( $\gamma > 0$ ),  $x$  o centro de classe de diâmetro ( $x > 0$ ) e  $\omega$  definido como o parâmetro assintótico, sendo o número de árvores da parcela.

Para estimar a produção volumétrica dos povoamentos desbastado e não-desbastado, em função da idade, foram testados modelos de crescimento e produção. O modelo logístico foi o que apresentou melhor ajustamento para os dados coletados.

$$Y = \frac{a}{1 + b \cdot e^{-c \cdot x}} + \varepsilon$$

Em que:

$Y$  = volume com casca ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ );

$x$  = idade do povoamento, em meses;

$a$ ,  $b$ , e  $c$  = parâmetros do modelo; e

$\varepsilon$  = erro aleatório,  $\varepsilon \sim N(0, s^2)$ .

Após esses ajustes, aplicou-se teste de identidade de modelos, com o objetivo de avaliar a igualdade de equações, entre os tratamentos de desbaste.

### **Resultados e Discussão**

Aos 141 meses de idade não houve diferença ( $p > 0,05$ ) para o diâmetro a 1,3 m de altura (*DAP*), a altura e o volume com casca (*Vcc*), entre os tratamentos de desrama. Estes resultados confirmam relatos de Lima (2003), Polli (2005), Chaves et al. (2007), Stocks (2007) e Monte et al. (2009) até 102 meses de idade. Estes autores relataram que, com a remoção de 1,5 m de altura de copa na primeira intervenção de desrama, em plantas com 3 m de altura, representando a redução mais drástica de área foliar, obteve-se maior quantidade de plantas nas menores classes de diâmetro, embora não tenha sido observada diferença entre as curvas de crescimento para os diferentes tratamentos de desrama. Fontan (2007), também, não observou diferença significativa no crescimento de clone de *E. camaldulensis* x *E. grandis*, em sistema agroflorestal, após remoção de um terço ou de um quarto de altura da copa viva da planta, em diferentes números de intervenções. Em seis meses após as intervenções de desrama, este autor observou recuperação total de copa, tendo sido recomendado a aplicação de duas intervenções de desrama por ano sem comprometimento do crescimento das plantas.

Muitas espécies compensam, até certo ponto, a perda de folhas, aumentando a taxa de assimilação de dióxido de carbono das folhas remanescentes, podendo, inclusive, haver mudança dos padrões de alocação de recursos de crescimento de modo a favorecer o desenvolvimento de área foliar e, ou, alterando a morfologia foliar Pinkard e Beadle (1998) verificaram que, após a remoção de 70% de copa viva em plantas de *Eucalyptus nitens*, houve aumento da biomassa de folhas e galhos e decréscimo para o tronco, durante os primeiros 12 meses. A remoção de parte da copa viva de uma planta pode afetar, em maior ou menor extensão, o seu crescimento e a produtividade florestal, dependendo da intensidade de remoção da área foliar. Vários autores têm recomendado que a remoção de galhos vivos, em uma operação de desrama, não deve ultrapassar 50% de área foliar, para que não haja prejuízo ao

crescimento das árvores (PULROLNIK et al., 2005; LIMA, 2003, ALMEIDA, 2003; FONTAN, 2007).

O crescimento em *DAP*, altura total, volume com casca, *IPA* pós-desbaste e *IMA* diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamentos de desbaste, aos 141 meses de idade (Tabela 4). As plantas do desbaste de 70% 81 SB apresentaram *DAP* médio de 19,1 cm, superior ( $p \leq 0,05$ ) aos demais tratamentos, enquanto no povoamento não desbastado o *DAP* das plantas foi o menor (16,6 cm). Com o desbaste de 35% 81 e 70% 81 SB, foi observado incremento médio em diâmetro pós-desbaste de 2,64 cm (19,8%) e 4,5 cm (30%), respectivamente. Esses resultados se assemelham com os encontrados por Stocks (2007) aos 102 meses de idade. Trevisan et al. (2007) observaram acréscimo de até 38% em diâmetro com desbaste de 70% de área basal em povoamento de *Eucalyptus grandis*. Para *Pinus taeda* desbastado aos 11 anos de idade, foi observado acréscimo de 37,4 % em diâmetro, seis anos após o desbaste (ELESBÃO E SCHNEIDER, 2011).

Com o desbaste, há aumento no espaço vital e maior disponibilidade de recursos de crescimento na área, obtendo-se, no final, árvores de maior diâmetro (GLUFKE et al., 1997; STOCKS, 2007). No entanto, elevado peso de desbaste pode implicar no aumento desproporcional de copa e crescimento de galhos, em detrimento do fuste, enquanto que, com intervenções leves, os recursos de crescimento são pouco alterados e a produção acumulada de madeira comercial pode não ser significativa (SCHNEIDER et al., 1998; DIAS et al., 2005).

Tabela 4. Diâmetro médio a 1,3 m de altura (*DAP*), altura total (*Ht*), volume com casca por hectare (*Vcc*), incremento periódico anual pós-desbaste (*IPA*) e incremento médio anual (*IMA*), aos 141 meses de idade, em povoamento desramado do clone 24504 de *E. grandis*, submetido a diferentes pesos de desbaste, em Abaeté, MG.

Tratamento de desbaste	<i>DAP</i> cm	<i>Ht</i> m	<i>Vcc</i> m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup>	<i>IPA</i> m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> ·ano <sup>-1</sup>	<i>IMA</i> m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> ·ano <sup>-1</sup>
35% 55m	17,7 b	24,0 a	204,1b	20,4 a	19,0 b
35% 81m	17,7 b	23,8 a	164,0 c	10,4 c	16,4 c
70% 81m CB	17,6 b	23,1 b	84,4 e	5,6 e	13,8 d
70%81m SB	19,1 a	24,5 a	112,4 d	9,9 d	16,5 c
Sem desbaste	16,6 c	24,5 a	238,2 a	16,0 b	20,3 a

Médias com mesma letra em cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Após o desbaste, com a redução da competição em consequência da maior disponibilização de recursos de crescimento às plantas remanescentes, estas ingressaram em classes de diâmetro superiores, o que pode ser evidenciado pelo deslocamento das curvas de distribuição Weibull para a direita (Figura 1).

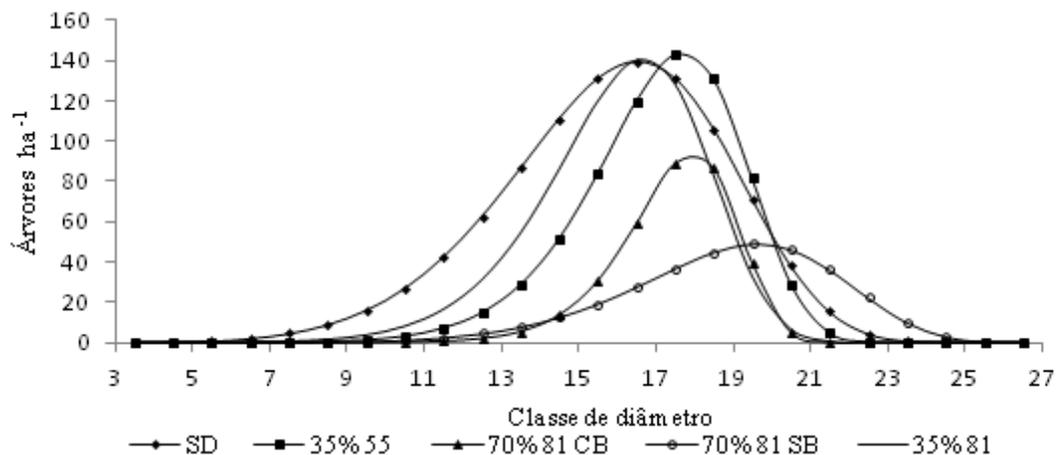


Figura 1: Frequência de árvores por hectare, aos 141 meses de idade, estimadas pela distribuição de probabilidade Weibull, ajustada a dados de um povoamento desramado do um clone 24504 de *E. grandis* submetido a diferentes regimes de desbaste, em Abaeté, MG.

Ao comparar os desbastes de 70% 81 CB e SB, nota-se a interferência da brotação, reduzindo o diâmetro médio do povoamento, o que pode ser explicado pela competição das cepas com brotação com as plantas remanescentes, o que deve ter sido acirrado pela baixa capacidade de suporte do sítio. A maior frequência de árvores, por hectare, em classes de diâmetro superiores no tratamento de desbaste de 70% 81 SB evidencia este fato (Figura 1), pois com o reduzido número de plantas, mesmo que o sítio apresente baixa capacidade, a competição pelos recursos de crescimento é reduzida. Forrester et al. (2003) encontraram uma relação inversamente proporcional, no sítio de pior qualidade, entre a área basal do broto e a área basal e área foliar das árvores remanescentes em um povoamento desbastado de *Eucalyptus sieberi* L. Johnson, com 18-23 anos de idade, na Austrália.

Os sítios em que se encontram o presente experimento podem ser considerados de baixa qualidade uma vez que apresentam índice de saturação por alumínio (m%) acima de 85% e, valores de índice de saturação de bases (V%) muito

baixo, implicando em reduzido teor de bases, como o  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{K}^{+}$ . Segundo Luchese et al. (2002), estas condições de solos restringem o desenvolvimento de muitas espécies vegetais.

A altura média das plantas para o povoamento com desbaste de 70% 81m CB foi de 23,1 m, inferior ( $p \leq 0,05$ ) aos demais tratamentos, notando-se novamente, a competição da brotação com as árvores remanescentes do povoamento desbastado. Para os demais tratamentos, os valores foram estatisticamente iguais. Monte et al. (2009), neste mesmo povoamento, encontraram altura menor para o desbaste 35% 55, quando comparado à testemunha, 12 meses após o desbaste, atribuindo a maior altura das plantas do povoamento sem desbaste a maior competição entre plantas, principalmente por luz, em razão da maior densidade. Imediatamente após o desbaste as plantas alocam, preferencialmente, carboidratos para a recomposição de copa, que está mais exposta à radiação, em detrimento do crescimento do fuste (CHAVES et al., 2007). As respostas de crescimento em altura e diâmetro ocorrem em idades mais avançadas.

A maior produção de madeira foi alcançada pelo povoamento não desbastado ( $238,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), seguido dos tratamentos 35% 55m, 35% 81m, 70% 81 SB e 70% 81 CB em ordem decrescente. Elesbão e Schneider (2011) também relataram que a produção de *Pinus taeda* desbastado aos 11 anos de idade foi 14,6 % menor do que do povoamento não desbastado quando estava com a idade de 17 anos. Porém, para a obtenção de madeira de qualidade, há necessidade de se adotar o desbaste, em conjunto com a aplicação de desrama. Assim, mesmo com a possibilidade de menor produção das árvores remanescentes em relação a povoamento não desbastado, obtém-se maior proporção de madeira limpa em árvores com maior diâmetro, agregando-se maior valor à floresta. O volume e a idade técnica de corte são inferiores para o tratamento 70% 81m CB em relação ao tratamento com eliminação da brotação.

Ao contabilizar o volume das plantas remanescentes após o desbaste, acrescido ao volume dos brotos, o tratamento 70% 81m CB produziu volume inferior ao do tratamento 70% 81m SB (Figura 2). Este fato é explicado pelo alto índice de mortalidade dos brotos na área que foi desbastada e que foi conduzida a brotação. Aos 141 meses, a taxa de mortalidade dos brotos foi de 35,7%, o que pode ser considerado elevado. A intensificação da mortalidade ocorreu após a brotação atingir

dois anos. Uma possível explicação para a alta taxa de mortalidade dos brotos é a competição com as plantas remanescentes por recursos de crescimento, principalmente no que se refere à radiação, uma vez que o material genético estudado é altamente exigente em luz.

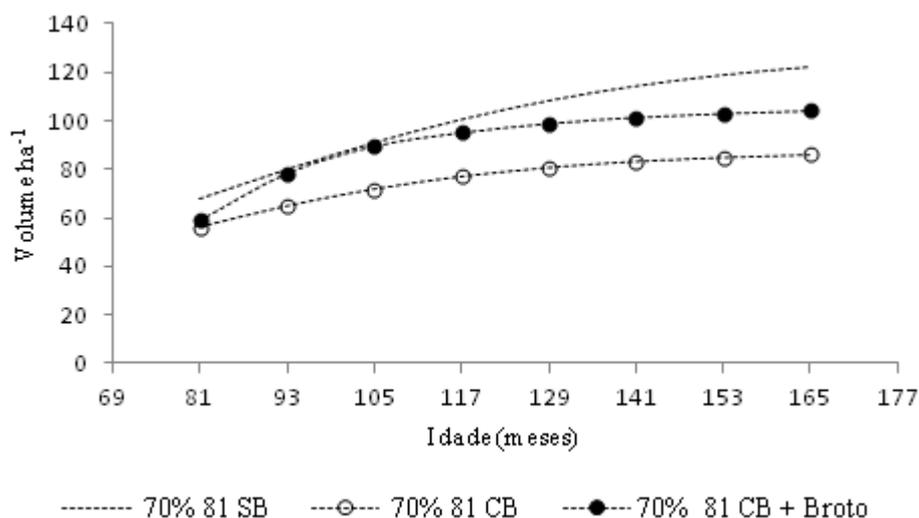


FIGURA 2: Curvas de crescimento estimadas pelo modelo logístico, ajustadas a um povoamento desramado do clone 24504 de *E. grandis* submetido a 70% de desbaste aos 81 meses, com e sem presença de brotação, em Abaeté, MG.

A produção do povoamento com desbaste de 35% aos 55 meses foi de 204 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, 24,3% mais elevada quando comparada ao mesmo peso de desbaste aplicado aos 81 meses. A competição intra-específica aos 81 meses já estava estabelecida, promovendo a estagnação de crescimento do povoamento não desbastado, explicando, desta maneira, o baixo crescimento volumétrico do povoamento desbastado aos 81 meses. Há consenso entre pesquisadores de que o desbaste deva ser feito um pouco antes do início da estagnação da competição entre árvores remanescentes (LEITE et al., 2004).

O IPA pós-desbaste, quando houve desbaste de 35% 55 foi 27,5% maior ( $p \leq 0,05$ ) em relação ao povoamento não desbastado. Esta resposta indica que o desbaste em idades mais jovens é recomendável para se obter maior produção das árvores remanescentes. Essa rápida resposta ao desbaste para este tratamento já havia sido observada aos 38 meses após a aplicação desse tratamento (MONTE et al.,

2009). Uma segunda intervenção de desbaste neste tratamento, aproximadamente, aos 105 meses de idade, antes de ocorrer estagnação do crescimento pós primeiro desbaste, poderia elevar a quantidade de madeira para serraria e aumentar a rentabilidade do empreendimento.

Os valores de produção para este povoamento se encontram aquém do encontrado, atualmente, em plantios comerciais de clones de eucalipto. É provável que, quando da implantação deste povoamento, as adubações de implantação e, ou, de manutenção não tenham sido aplicadas no mesmo nível da adubação que tem sido recomendada atualmente. Vale ressaltar que não foi realizada, também, a adubação pós-desbaste neste experimento, o que pode ter desfavorecido a produção das plantas remanescentes. Jaakkola et al. (2006) constataram efeito significativo do desbaste e a fertilização no crescimento radial de *Picea abies*. Stape e Martini (1991) registraram ganho médio em volume de 36,3% com a fertilização pós-desbaste em povoamento de *Eucalyptus*, no município de Lençóis Paulista, SP.

O povoamento não desbastado apresentou *IMA* e *Vcc* estatisticamente superior ( $p \leq 0,05$ ) aos tratamentos de desbaste. A postecipação da idade técnica de corte (*ITC*) foi ligeiramente superior para o tratamento de desbaste 35% 55 e 70% 81 SB aos 81 meses. Nestes tratamentos, a estagnação do crescimento ocorreu aos 105 meses enquanto que, para os demais tratamentos, essa estagnação aconteceu, aproximadamente, aos 92 meses. As equações de crescimento para cada tratamento estão na Tabela 6 e as curvas de crescimento na Figura 2.

TABELA 6. Equações ajustadas para produção volumétrica ( $m^3 ha^{-1}$ ), em função da idade, em meses (*I*), e respectivos coeficientes de determinação ( $ry\hat{y}$ ) para o clone 24504 de *E. grandis* submetido a diferentes regimes desbaste, em Abaeté, MG.

Tratamentos de desbaste	Equação	$ry\hat{y}$
35% 55	$\hat{Y} = 212,4755 / (1 + 22,7233e^{(-0,0432I)})$	0,82
35% 81	$\hat{Y} = 165,4628 / (1 + 24,0925e^{(-0,0484I)})$	0,91
70% 81 CB	$\hat{Y} = 87,9472 / (1 + 12,8401e^{(-0,03857I)})$	0,88
70% 81 SB	$\hat{Y} = 130,0097 / (1 + 11,8253e^{(-0,03156I)})$	0,82
SD	$\hat{Y} = 247,9662 / (1 + 20,7029e^{(-0,0457I)})$	0,79

$R^2$  = coeficiente de determinação ajustado;  $\hat{Y}$  = volume com casca ( $m^3 ha^{-1}$ ); *I* = idade em meses

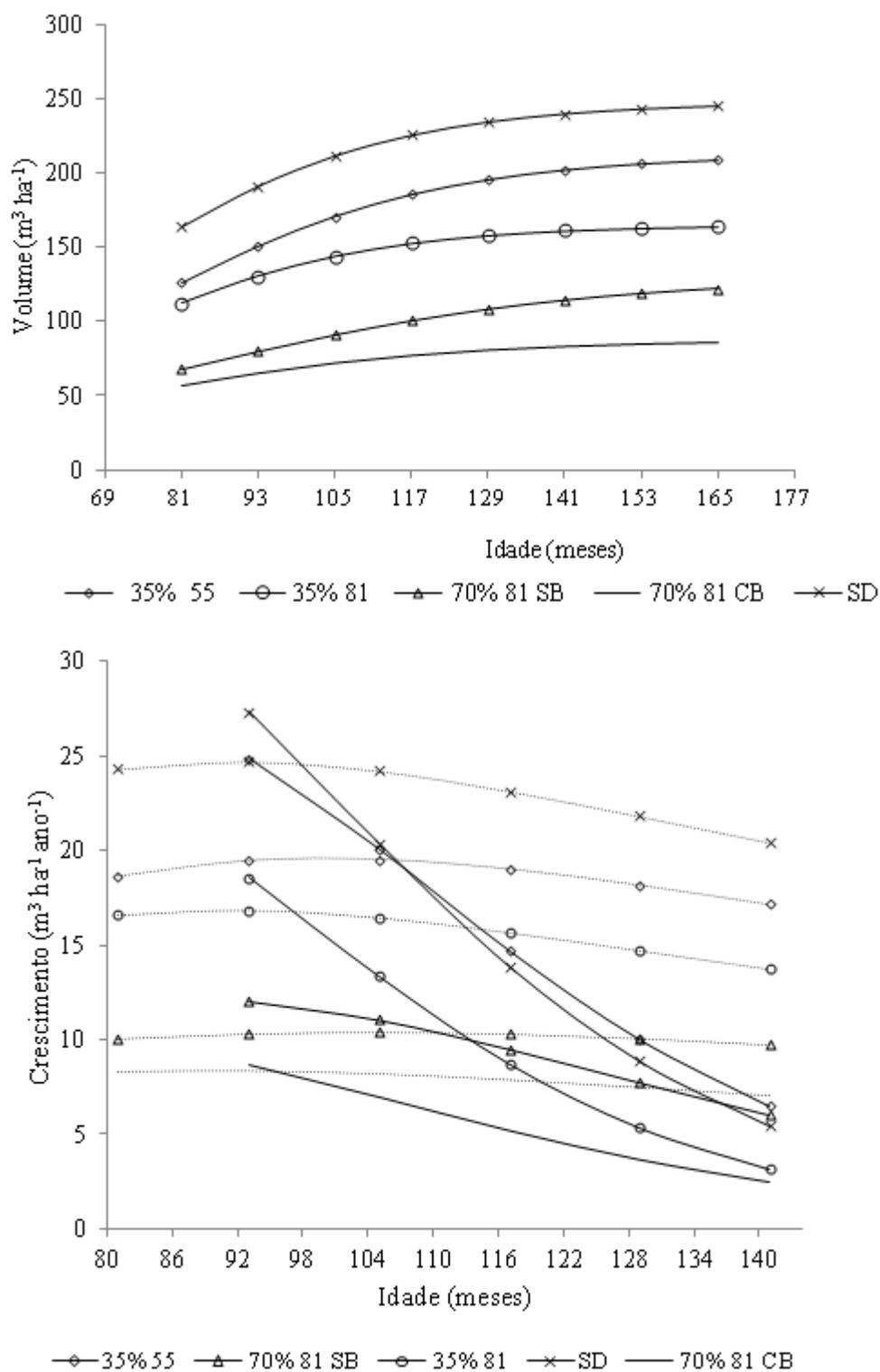


FIGURA 2. Curvas de produção líquida ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ), taxa de crescimento ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) e produtividade média ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) para um povoamento desramado de clone 24504 de *E. grandis* submetido a diferentes regimes de desbaste, em Abaeté-MG. (...) IMA= incremento médio anual, (—) ICA = Incremento corrente anual.

A mortalidade das plantas não diferiu ( $p>0,05$ ) entre povoamentos desbastados e não desbastados. No entanto, existe tendência de aumento da mortalidade para o povoamento não desbastado, indicando que a competição intraespecífica foi mantida elevada nas plantas daquele tratamento. Uma das finalidades do desbaste é antecipar a mortalidade das árvores que morreriam, naturalmente, dentro do povoamento (CAMPOS e LEITE, 2009). Com o tempo, à medida que o povoamento se torna mais velho, a alta densidade do plantio acentua as limitações de recursos de crescimento o que favorece a mortalidade dos indivíduos dominados e suprimidos. A morte de árvores é lenta no início e, depois, se torna mais rápida e intensa, o que justifica a seleção natural, onde os indivíduos mais vigorosos e melhor adaptados ao ambiente se destacam em crescimento, tendo maiores chances de sobrevivência (SMITH et al., 1997).

### Conclusões

1. O desbaste do povoamento do clone 24504-CAF de *Eucalyptus grandis* proporcionou o aumento da frequência das árvores em classes de diâmetros superiores, em idades mais avançadas, possibilitando agregação de valor à madeira produzida, em razão do aumento da quantidade de madeira limpa.
2. Uma segunda intervenção de desbaste antes de 110 meses para o tratamento de 35% aos 55 meses seria recomendável visando madeira de qualidade, de maior dimensão.
3. A condução de brotação das árvores eliminadas no desbaste juntamente com as árvores remanescentes não é recomendável porque acentua a competição e promove redução da taxa de crescimento das árvores remanescentes após o desbaste.

### Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M. L. **Desrama artificial em clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* com diferenças em arquitetura de copa.** 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa.

ASSMANN, E. **The principles of forest yield study.** New York: Pergamon Press, 1970. 506 p.

BALEY, R. L. Individual tree growth derived from diameter distributions models. **Forest Science**, v. 19, n. 2, p. 97-104, 1973.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal** – Perguntas e Respostas. Editora UFV. Viçosa: UFV, 2009. 3. ed. 548p.

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

DIAS, A. N.; LEITE H. G.; COUTO L.; FERREIRA A. C. Emprego de um modelo de crescimento e produção em povoamentos desbastados de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 731-739. 2005.

ELESBÃO, L. E. G.; SCHNELDER, P. R. Produção de *Pinus taeda* L. em povoamento desbastado na região de Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 119-124. 2011.

GLUFKE, C.; FINGER, C. A. G.; SCHENEIDER, P. R. Crescimento de *Pinus elliottii* sob diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.7, n.1, p.11-26. 1997.

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

FORRESTER, D.; BAUHUS, J.; CONNELL, M. Competition in thinned silvertop ash (*Eucalyptus sieberi* L. Johnson) stands from early coppice growth. **Forest Ecology and Management**, v.174, p.459-475, 2003.

LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; DIAS, A. N. Desbastes e seus efeitos sobre a produção e a qualidade de povoamentos florestais. In: Seminário sobre Silvicultura em florestas plantadas, 1., 2004, Vitória ES. **Anais...** Viçosa, MG: SIF: UFV; Departamento de Engenharia Florestal, 2004. p. 165-195.

LEITE H. G.; NOGUEIRA, G. S.; CAMPOS J. C. C.; SOUZA A. L.; COUTO L. Avaliação de um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, v.29, n.2, p.271-280, 2005.

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

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L.O.B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2. ed. p.20. 2002.

JAAKKOLA, T.; MÄKINEN, H.; SARANPÄÄ, P. Wood density of Norway spruce: responses to timing and intensity of first commercial thinning and fertilization. **Forest Ecology and Management**, v.237, p.513–521, 2006.

MONTAGU, K. D.; KEARNEY, D. E.; SMITH, R. G. B. The biology and silviculture of pruning planted eucalypts for clear wood production – a review. **Forest Ecology and Management**, v. 179, p. 1-13, 2003.

MONTE, M. A.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LEITE H. G.; CACAU F. V.; ALVES F. F. Crescimento de um clone de eucalipto submetido a desrama e desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 777-787. 2009.

NOGUEIRA, G. S.; LEITE H. G.; CAMPOS J. C. C.; SOUZA A. L.; COUTO L. Determinação da idade técnica de desbaste em plantações de eucalipto, utilizando o método dos ingressos percentuais. **Scientia Forestalis**, n.59, p.51-59, 2001.

NOGUEIRA, G. S. **Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de *Eucalyptus sp.* e de *Tectona grandis* submetidos a desbastes**. 2003. 132 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

OLIVEIRA, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G.; LEITE, H. G. Arranjos estruturais do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril e seu manejo por desrama e desbaste. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 47-58, 2010.

PINKARD, E.A. Physiological and growth responses related to pattern and severity of green pruning in young *Eucalyptus globulus*. **Forest Ecology and Management**, v.182, p.231-245, 2003.

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

PIRES, B. M. **Efeito da desrama artificial no crescimento e qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* para serraria e fabricação de móveis**. 2000. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

POLLI, H. Q. **Crescimento e qualidade da madeira para serraria em clone de *Eucalyptus grandis* [Hill ex Maiden] submetido a desrama artificial**. 2005. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG

POLLI, H. Q.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; VITAL, B. R.; PEZZOPANE, J. E. M.; FONTAN, I. C. I. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. **Revista Árvore**, v. 30, n.5, 2006.

PULROLNIK, K.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MONTE, M. A.; FONTAN, I. C. I. Crescimento de plantas de clone de *Eucalyptus grandis* [Hill ex maiden] submetidas a diferentes tratamentos de desrama artificial, na região de cerrado. **Revista Árvore**,

Viçosa, v.29, n.4, p.495-505, 2005.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HOPPE, J. M. Efeito da intensidade de desrama na produção de *Pinus elliottii* implantado em solo pobre, no estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, 35-46, 1999.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HOPPE, J.M.; DRESCHER, R.; SCHEREN, W.; MAINARDE, G.; FLEIG, F. D. Produção de *Eucalyptus grandis* [Hill ex maiden] em diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 129-140. 1998.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber volume. **Journal of Agricultural Research**, v. 47, n.9, p.719-734, 1937.

SMITH, D. M.; LARSON, B. C.; KELTY, M. J.; ASHTON, P. M. S. **The practice of silviculture: applied forest ecology**. 9. ed. New York: J. Wiley, 1997. 537p.

STAPE J. L.; MARTINI, E. D. Desbaste de *Eucalyptus*: Opção de manejo para áreas com limitações ambientais ao corte raso. **5º ENTEC**, Belo Horizonte-MG, p.30-50. 1991.

STOCKS, J. J. **Dinâmica de copa, crescimento e viabilidade econômica de um povoamento de eucalipto submetido a desrama e desbaste**. 200. 77f Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; SANTINI E. J.; SCHNEIDER, P. R.; MENEZES, L. D. de. Efeito da intensidade de desbaste na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis*. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 825-831. 2009.

### CAPÍTULO 3

#### VALOR ECONÔMICO DE UM POVOAMENTO DE CLONE DE EUCALYPTUS GRANDIS DESRAMADO, SUBMETIDO A DESBASTE E DESTINADO A MULTIPRODUTOS

**Resumo** – A viabilidade econômica de diferentes tratamentos de desbaste foi estudada para um povoamento desramado de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, com 141 meses de idade, em Abaité, Minas Gerais (19° 15' 94" S e 45° 44' 56" W ),. Os tratamentos de desbaste incluíram a remoção de árvores nos seguintes pesos e idades: 0% (SD), 35% aos 55 meses (35 % 55) e aos 81 meses (35 % 81) e, 70% aos 81 meses, com eliminação da brotação (70 % 81 SB) e sem eliminação da brotação (70 % 81 CB) das cepas. Para a análise econômica na idade de 141 meses, foram definidos usos para serraria e energia, sendo que, para madeira serrada, ainda foram definidos sortimentos: como ripas e tábuas de diferentes dimensões. Foram obtidos a receita bruta resultante da madeira de desbastes e do corte final do povoamento o fluxo de caixa para cada tratamento, o Valor Presente Líquido (*VPL*), a Taxa Interna de Retorno (*TIR*) e o Valor Anual Equivalente (*VAE*). O maior volume de madeira foi obtido quando não foi realizado o desbaste (SD), no entanto, a maior receita bruta foi para o desbaste de 70%, aos 81 meses, com a eliminação da brotação das árvores desbastadas (70% 81 SB). O tratamento 70% 81 SB apresentou 11% do seu volume em madeira serrada, o que correspondeu a 49,9% da receita bruta. O alto valor de mercado das peças de madeira serrada, em razão de terem sido desramadas, e o maior volume de madeira serrada para este regime de desbaste e para o desbaste de 35 % das árvores aos 55 meses (35% 55) proporcionaram maior rentabilidade econômica quando comparados aos demais tratamentos. Os regimes de manejo testados no presente estudo apresentaram viabilidade econômica para a taxa de desconto de 8% a.a. A condução da brotação com o desbaste de 70% não é uma alternativa viável de manejo.

**Palavras-chave:** Avaliação econômica, eucalipto, programação dinâmica, madeira serrada, madeira para energia.

**Abstract** - The forest economic value of different thinning regimes was evaluated for a pruned *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden clone stand, in Abaeté, Minas Gerais (19° 15' 94" S e 45° 44' 56" W ). The thinning treatments included the removal of trees in the following ages and weights: 0% (SD), 35% of total planted trees at 55 months (35% 55) and 81 months (35% 81), and 70% at 81 months, with coppice removal (70% 81 SB) and without coppice removal (70% 81 CB) from thinned trees. The multiproduct economic viability was evaluated at the age of 141 months taking into account energy and sawnwood uses. The gross revenue was obtained for thinning and final harvest products to calculate the cash flow for each thinning treatment, the Net Present Value (*NPV*), the Internal Rate of Return (*IRR*) and the Periodic Equivalent Value (*PEV*). Even though the largest timber volume was obtained for the no thinned treatment, the 70% 81 SB treatment present the greatest gross revenue. The 70% 81 SB treatment presented the highest proportion of sawnwood volume (11%), corresponding to about 50% of the forest gross revenue. The 70% 81 SB and 35% 55 thinning treatments attained economic return higher than for the other treatments due to larger production of clearwood. All management regimes studied presented economic viability for a tax rate of 8% a.a.

**Keywords:** Forest economic evaluation, eucalypt, dynamic programming, sawnwood, energy wood.

## Introdução

Nos últimos anos, tem aumentado a dificuldade em obter madeira serrada de espécies nativas, em razão da pressão exercida pela sociedade ao cumprimento da legislação ambiental, bem como pelo alto custo do transporte da madeira até os pólos consumidores. E, para viabilizar a utilização de espécies de rápido crescimento, em especial as do gênero *Eucalyptus*, para produção de madeira serrada de qualidade, há necessidade de um manejo diferenciado da floresta.

O desbaste, a desrama artificial, o corte final em idade mais avançada e a escolha adequada do material genético, quando efetuadas de modo adequado e em conjunto, têm possibilitado a obtenção de madeira de eucalipto com qualidade para o mercado madeireiro (POLLI et al., 2006; STOCKS, 2007). O maior valor de mercado da madeira serrada, aliado a crescente demanda por madeira sólida, possibilita a maior rentabilidade de investimentos nesse setor.

A desrama artificial consiste na retirada de galhos rente ao tronco até uma altura pré-estabelecida com o objetivo de manter o núcleo nodoso reduzido e, conseqüentemente, aumentar a extensão de madeira limpa, auferindo elevado valor comercial ao produto final (PIRES, 2000; MONTAGU et al., 2003; POLLI et al., 2006). A remoção de galhos e, por conseguinte, de área foliar da planta, pode afetar o crescimento das plantas (PINKARD 1998; PIRES, 2000; ALMEIDA, 2003). Assim, o desafio é obter madeira de qualidade sem haver comprometimento da produtividade das florestas, o que poderia ser obtido, dentre outros, pelo uso de materiais genéticos de alta capacidade de recomposição de copa, o que pode reduzir os efeitos da desrama artificial sobre o crescimento das plantas (ALMEIDA 2003; LIMA 2003). Com a aplicação da desrama artificial, há aumento no custo de produção da madeira. No entanto, esta técnica silvicultural agrega valor à madeira, aumentando a produção de madeira serrada de classes de qualidade superior, o que permite obter um valor extra naqueles cortes com madeira livre de nós (POLLI et al., 2006).

O desbaste em povoamento florestal consiste em retirar determinada proporção de árvores do povoamento de modo que as árvores remanescentes se desenvolvam e produzam toras de grandes dimensões, possibilitando o processamento mecânico, tanto para serraria como para laminação (LAZARETTI,

2007), além de outros produtos. A retirada de algumas árvores com o desbaste aumenta a disponibilidade de recursos de crescimento às remanescentes, ou seja, influencia diretamente o tamanho e a distribuição espacial das copas e, conseqüentemente, a interceptação de luz pelas plantas (STOCKS, 2007).

A busca de multiprodutos de reflorestamentos possibilita diversificar a linha de produção, reduzindo as incertezas do mercado, aumentando a lucratividade do projeto, principalmente, quando se produz madeira para serraria. A madeira serrada é um dos principais produtos de exportação do setor florestal (ABRAF 2010) e o mercado tem valorizado os produtos florestais de maior qualidade (NOCE et al., 2003). As perspectivas desse negócio apresentam-se promissoras, principalmente para produtos de qualidade, aliado a um processamento avançado da madeira.

A demanda de madeira com qualidade e de maiores dimensões têm levado os empresários a investirem em florestas visando a obtenção de multiprodutos, gerando a obtenção de maior retorno econômico e maximização de lucros (LAZARETTI, 2007; SCOLFORO et al., 2001). Isto resulta na possibilidade de emprego de ferramentas de otimização, em especial, a programação dinâmica, como os trabalhos de Leite et al. (1995), Lima et al. (1996), Chichorro (2000) Soares et al. (2003), Santos (2008).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade econômica da aplicação de diferentes tratamentos de desbaste em um povoamento desramado de *Eucalyptus grandis*, destinado à produção de multiprodutos, empregando um modelo de programação dinâmica.

## **Material e Métodos**

O presente estudo foi desenvolvido em povoamento de clone de *Eucalyptus grandis* (clone 24504-CAF), estabelecido em novembro de 1998, em espaçamento 3 x 3 m, na Companhia Agrícola e Florestal Santa Bárbara (CAF), atualmente, ArcelorMittal BioFlorestas Ltda., regional de Martinho Campos, MG (latitude 19°15'94" S e longitude 45°44'56 E e altitude média de 647 m). A aplicação da desrama no povoamento foi iniciada aos 16 meses de idade, sendo aplicadas

desramas subsequentes de diversas intensidades, aos 20, 28 e 45 meses até atingir 6 m de altura de tronco, livre de galhos.

Nos desbastes foram eliminadas as árvores que apresentavam tortuosidade, injúrias, bifurcação e/ou as que apresentaram crescimento inferior às demais árvores do povoamento, sendo que as falhas foram, também, consideradas como plantas eliminadas. Foi analisada, também, a distribuição espacial das plantas eliminadas, para evitar possível formação de grandes clareiras.

Foram aplicados desbastes eliminando 35 e 70% do número total de árvores em diferentes idades (Tabela 1). O tratamento de 35% de desbaste foi aplicado aos 55 ou 81 meses após o plantio, eliminando-se as brotações emitidas pelas cepas das árvores retiradas. Para os tratamentos de 70% de desbaste, realizado somente aos 81 meses, foram adotados dois métodos de manejo da brotação: eliminação da brotação das cepas e, condução de um broto por cepa. As parcelas foram constituídas de 180 m<sup>2</sup> de área e 18 repetições para cada tratamento de desbaste.

Tabela 1– Peso e idade de realização do desbaste, manejo do broto e sigla de cada tratamento e número de árvores por hectare após desbaste aplicado a povoamentos de clone de *E. grandis* desramados, em Abaeté, MG

Peso	Idade	Manejo da brotação	Sigla	Árv./ha	Área Basal (%)
0%	-	-	SD <sup>1</sup>	1111	0
35%	55 meses	Eliminação total	35% 55	722	27
35%	81 meses	Eliminação total	35% 81	722	27
70%	81 meses	Eliminação total	70 % 81 SB <sup>2</sup>	330	60,91
70%	81 meses	Com condução	70% 81 CB <sup>3</sup>	330	60,03

<sup>1</sup>SD - Sem desbaste; <sup>2</sup>SB- Sem brotação, <sup>3</sup>CB – Com condução de um broto por cepa .

### Crescimento e Produção

Para quantificação de volume, foram cubadas três árvores por classe de diâmetro, com amplitude de 1 cm para cada tratamento de desbaste. Um total de 326 árvores foi utilizada para ajuste do modelo de afilamento de Kozak et al. (1969):

$$\left(\frac{d_i}{dap}\right)^2 = \beta_0 + \beta_1\left(\frac{h_i}{Ht}\right) + \beta_2\left(\frac{h_i}{Ht}\right)^2 + \varepsilon_i$$

em que:

$d_i$  = diâmetro com casca na altura  $h_i$ , em cm;  $dap$  = diâmetro a 1,30 m de altura, em cm;  $Ht$  = altura total, em m;  $h_i$  = altura comercial onde se encontra o diâmetro  $d_i$ , em m;  $\beta_i$  = parâmetros do modelo a serem estimados ( $i = 0, 1, 2$ ); e  $\varepsilon_i$  = erro aleatório. Esse modelo foi ajustado para cada tratamento de desbaste e as equações resultantes foram comparadas por meio do teste de identidade de modelos.

Para caracterizar a frequência diamétrica do povoamento, foi utilizada a função densidade de probabilidade Weibull de dois parâmetros. Esta função foi selecionada por ser considerada adequada para povoamentos florestais (NOGUEIRA, 2003; CAMPOS e LEITE, 2009), sendo:

$$f(x) = \begin{cases} \omega \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{(x-\alpha)}{\beta}\right)^{(\gamma-1)} e^{-\left(\frac{(x-\alpha)}{\beta}\right)^\gamma}, & \text{para } \alpha \leq x < \infty \\ 0, & \text{para outros valores de } x \end{cases}$$

Em que:

$\alpha$  é o parâmetro de locação,  $\beta$  o parâmetro de escala ( $\beta > 0$ ),  $\gamma$  o parâmetro de forma ( $\gamma > 0$ ),  $x$  o centro de classe de diâmetro ( $x > 0$ ) e  $\omega$  definido como o parâmetro assintótico, sendo o número de árvores da parcela.

A partir das equações de afilamento ajustadas, juntamente aos dados de distribuição diamétrica e altura média por classe de diâmetro, as árvores foram convertidas em multiprodutos empregando o software *SigmaE*, desenvolvido por Leite et al. (1995). O modelo de programação dinâmica inserido nesse software contém três sub-modelos: Num primeiro nível, os fustes são transformados em toras; num segundo nível, são definidas as espessuras das peças a serem serradas e, no terceiro nível, é analisado o desdobro e as peças de madeira serrada.

Foram definidos os seguintes usos para a madeira produzida: madeira para energia, com comprimento e diâmetro mínimos de 150 cm e 4 cm, respectivamente

e, madeira para serraria, toras de 300 cm de comprimento e 17 cm de diâmetro, com o preço de R\$60,00/m<sup>3</sup> para energia e R\$300,00/m<sup>3</sup> para serraria. Para serraria, foram definidos ainda os diferentes sortimentos da Tabela 2.

Tabela 2 – Especificações dos produtos definidos para o sortimento serraria

Item	Descrição	Dimensões (mm x mm)	Valor (R\$/m)
	Ripa	10 x 50	0,39
2	Sarrafo	25 x 50	0,61
3	Sarrafo	25 x 100	1,60
4	Caibro	50 x 60	2,28
5	Viga	60 x 120	5,64
6	Viga	60 x 160	7,52
7	Tábua	25 x 150	3,02
8	Tábua	25 x 200	4,25
9	Tábua	25 x 250	6,06
10	Tábua	25 x 300	7,67

Fonte: Preservam Preservação de Madeiras – Capão Bonito, SP

De posse das informações sobre os produtos otimizados, e tendo sua valoração, foi elaborado o fluxo de caixa com as receitas dos produtos e custos da produção da madeira, para cada tratamento de desbaste, sendo feita a análise econômica.

### Avaliação Econômica

Para análise econômica com um ciclo de 12 anos, foram utilizados o Valor Presente Líquido (*VPL*), a Taxa Interna de Retorno (*TIR*) e o Valor Anual Equivalente (*VAE*) com taxas de desconto de 5, 8 e 12 % aa, empregando:

$$VPL = \sum_{j=1}^n R_j (1+i)^{-j} - \sum_{j=1}^n C_j (1+i)^{-j}$$

$$\sum_{j=0}^n R_j (1+TIR)^{-j} = \sum_{j=0}^n C_j (1+TIR)^{-j}$$

$$VAB = \frac{(VPL * i)}{[1 - (1 + i)^{-n}]}$$

em que:

VPL = valor presente líquido, em R\$.ha<sup>-1</sup>;

Rj = receita no período j;

Cj = custo no período j;

i = taxa de desconto;

j = período de ocorrência dos custos e receitas;

n = duração do projeto, em anos.

O custo da desrama aplicada às árvores foi de R\$ 66,00/ha para cada intervenção. A madeira obtida com o desbaste e as toras de madeira com diâmetro da base inferior a 17 cm foi direcionada apenas para a produção de carvão, em razão do seu reduzido diâmetro. Desconsiderou-se, neste estudo, o transporte da madeira e o custo de processamento na serraria. O custo de colheita da madeira foi de R\$ 18,00/m<sup>3</sup> de madeira.

### Resultados e Discussão

As equações de afilamento, ajustadas para cada tratamento, não foram diferentes entre si ( $p > 0,05$ ), indicando que os diferentes regimes de desbaste não influenciaram o perfil do tronco das árvores, no povoamento. A partir desses resultados, estimou-se uma equação para todo o povoamento, resultando em:

$$\hat{d}^2 = DAP^2 \left[ 0,99928 - 1,54303(h / H) + 0,58826(h / H)^2 \right]$$

$$ry\hat{y} = 0,976$$

A relação entre os valores observados e estimados para diâmetro em qualquer posição ao longo do fuste e a composição do perfil médio dos fustes das árvores cubadas mostra estimativas consistentes, precisas e livre de tendências (Figura 1).

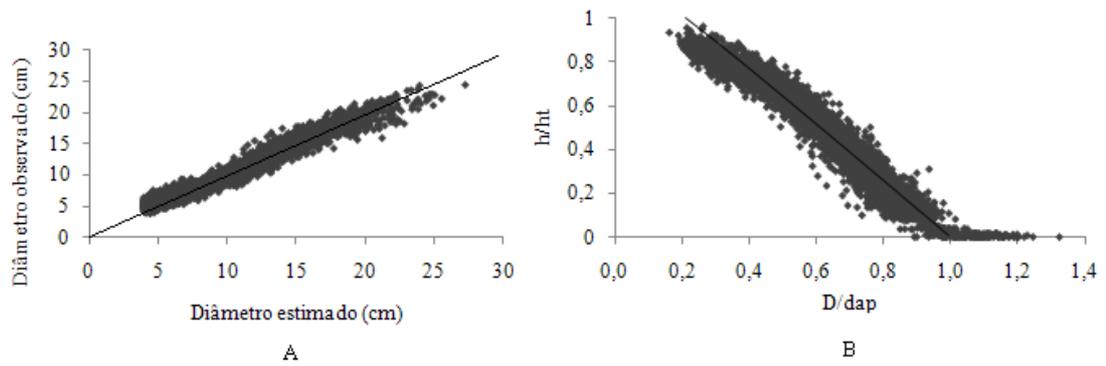


Figura 1 – Diâmetros observados e diâmetros estimados (A) e taper estimado pela equação de afilamento (B).

Alem da densidade, expressa pela área basal, o conhecimento e a mudança de distribuição de diâmetros, ao longo do tempo, é importante para se decidir sobre aplicações de desbastes (NOGUEIRA et al., 2005). A função weibull de dois parâmetros (Wiley, 2004), foi ajustada aos dados observados em cada tratamento (figura 2). Para o tratamento 70% 81m SB, foi observada maior frequência de árvores em classes diamétricas superiores e reduzido número de árvores remanescentes, que poderá resultar em maior porte e melhor qualidade da madeira por ocasião do corte final. Após o desbaste, as árvores remanescentes passam a crescer livre de competição e, em um curto espaço de tempo, as plantas ingressam em classes de diâmetros superiores (DIAS, 2005).

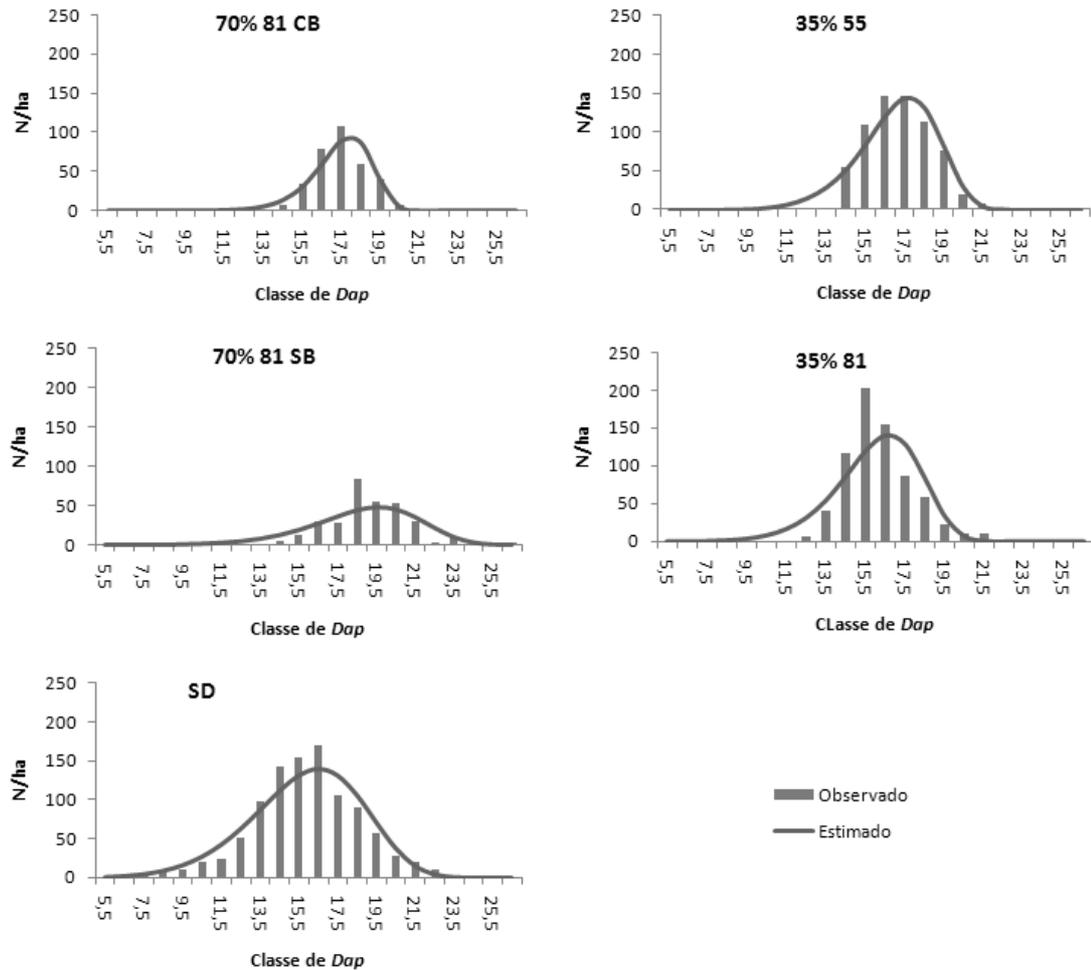


Figura 2 – Distribuições diamétricas observadas e estimadas pela função de Weibull dois parâmetros, para os diferentes tratamentos de desbaste, em um povoamento do clone 24504 de *E. grandis* submetido a desrama e desbaste, em Abaeté, MG

Após a aplicação do modelo de programação dinâmica (PD) foi obtida a maximização do retorno econômico para os diferentes tratamentos de desbaste. Com o desbaste de 70% 81 SB, houve maior volume de madeira para serraria, enquanto que, para o povoamento não desbastado, obteve-se maior volume total de madeira. Apesar do baixo volume de madeira, em virtude do reduzido número de árvores remanescentes, o tratamento 70% 81 SB apresentou 11% do seu volume como madeira serrada, o que conferiu a este tratamento uma participação de 49,9% na receita bruta (Tabela 4). Este fato é explicado pelo preço diferenciado das peças de

madeira serrada, em razão da melhoria de qualidade das toras obtidas pela aplicação de desrama e desbaste ao povoamento em intensidades adequadas, demonstrando a importância do manejo diferenciado dos povoamentos florestais quando se visa a obtenção de multiprodutos.

Tabela 4 – Volume das árvores remanescentes, da madeira proveniente do desbaste e dos brotos e receita bruta para os diferentes tratamentos de desbaste, em povoamento de *E. grandis*, em Abaeté, MG.

Tratamento	Uso	Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )				Vol.(%)	Receita (%)	Receita bruta (R\$ ha <sup>-1</sup> )
		Árvores Rem.	Brotos	Desbaste	Total			
SD	Serraria	13,62	-	-	13,62	6,2	26,2	4379,34
	Energia	205,63	-	0	205,63	93,8	73,8	12337,8
35% 55m	Serraria	16,33	-	-	16,33	8,9	43,9	7802,64
	Energia	149,27	-	17,22	166,49	91,1	56,1	9989,4
35% 81m	Serraria	5,19	-	-	5,19	2,9	19,4	2468,46
	Energia	142,99	-	28,23	171,22	97,1	80,6	10273,2
70 % 81m SB	Serraria	19,21	-	-	19,21	11	49,9	9277,21
	Energia	74,17	-	81,38	155,55	89	50,1	9333
70% 81m CB	Serraria	3,91	-	-	3,91	2,3	15,9	1886,04
	Energia	73,44	16,03	77,24	166,71	97,7	84,1	10002,6

Santos (2008), em estudo de regulação da produção florestal em povoamento de eucalipto submetido a desbaste, visando a obtenção de multiprodutos, observou que, em média, 42% do volume de madeira foram destinados ao sortimento serraria, o que representou 65% da receita líquida sob o regime de manejo definido, pelo modelo de programação dinâmica. Vale salientar que ele utilizou o preço do metro de carvão (mdc) como base para o sortimento energia.

Com desbaste de 70% dos indivíduos aos 81 meses, sem condução de brotação, obteve maior receita bruta R\$ 18.610,21, tendo sido 4,4, 10,2, 31,5 e 36,1% maior que para os tratamentos 35% 55, SD, 35% 81, 70% 81 CB, respectivamente. Como tratamento de desbaste de 70% 81m, com condução de um broto por cepa, foi obtida a receita bruta mais baixa em virtude da pequena quantidade de madeira produzida com uso potencial para serraria (3,91 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), o que indica que a presença da brotação pode estar competindo fortemente com as árvores remanescentes, de modo a reduzir o incremento dos indivíduos superiores, após

aplicações do desbaste. Árvores de menor porte apresentam menor rendimento em seu processamento e dificilmente atingem o diâmetro mínimo desejável para produção de madeira serrada. Forrester et al. (2003) relatam que a condução da brotação em um povoamento de *Eucalyptus sieberi* L. Johnson com 18-23 anos de idade, em sítios de média a baixa capacidade produtiva, resulta em perdas no incremento em diâmetro das árvores remanescentes, em consequência da competição entre árvores remanescentes e as brotações..

A adubação pós-desbaste é importante quando se pretende maximizar a produção de madeira limpa em povoamentos submetidos a desbaste e manejados com desrama artificial de árvores remanescentes. A produtividade do povoamento, no presente estudo, aos 12 anos de idade, poderia ter sido maior do que o observado se tivesse sido feita uma adubação pós-desbaste de modo a garantir a continuidade do crescimento das árvores. Stape e Martini (1991) encontraram ganho médio em volume de 36,3% com a fertilização pós-desbaste em povoamento de eucalipto, no município de Lençóis Paulista, SP. Dados de análise de solo no presente estudo (Tabela 5) comprovam o decréscimo acentuado da fertilidade entre 2000 e 2006 (STOCKS, 2007).

O fósforo reduziu-se de 23,20 mg dm<sup>-3</sup> em 2000 para 1,05 em 2006, a soma de bases decresceu de 0,35 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> para 0,12 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e a saturação por alumínio cresceu de 79 para 95% e, certamente, deve ter ocorrido maior redução na qualidade do sítio até 2010, quando foi feita a última coleta dos dados. A adubação de plantio realizada nesse povoamento foi de 100 g planta<sup>-1</sup> de NPK (6-30-12) enriquecido com 0,7% Cu, 1 % B, 1% Zn na cova, seguida de uma adubação em cobertura à base de NK (8-32) + 0,7% B, 75 dias após o plantio. Em outubro de 2001, foram aplicados 100 g/planta de KCl, por planta. Desde então, não foram realizadas quaisquer adubações de manutenção e, principalmente, a pós-desbaste.

Para demonstrar a estrutura ótima de corte para o sortimento serraria, foi escolhida uma árvore representativa do centro de classe de 23,5 cm e altura média de 25,1 m do tratamento de desbaste 70% 81 SB (Figura 4).

Tabela 5 - Resultados da análise química do solo da área experimental em 2000, 2003 e 2006, na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, em Abaeté, MG.

Variável	Julho de 2000		Junho de 2003		Setembro de 2006	
	Profundidade do solo (cm)					
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
pH (H <sub>2</sub> O)	4,4	4,3	4,66	4,62	4,49	4,55
P (mg dm <sup>-3</sup> )	23,2	5,2	31,82	6,69	1,05	0,95
K (mg dm <sup>-3</sup> )	14,1	9,4	17,78	10,89	11,93	7,4
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,23	0,09	0,1	0,04	0,07	0,06
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,08	0,06	0	0	0,01	0,01
Al <sup>3+ 2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,35	1,09	1,29	1,53	1,59	1,33
H + Al <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	11,08	8,74	7,19	6,23	7,84	7,08
SB <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,35	0,18	0,15	0,07	0,12	0,06
(t) <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,7	1,27	1,43	1,61	1,77	1,41
(T) <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	11,43	8,92	7,33	6,31	8,16	7,15
V (%)	3,05	2,03	2	1,11	1,47	0,73
m (%)	79,64	85,84	90	95,56	93,27	95,6

SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC (t) = Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) = Capacidade Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases, m = Índice de Saturação de Alumínio; <sup>1</sup>Fonte: LIMA (2003).

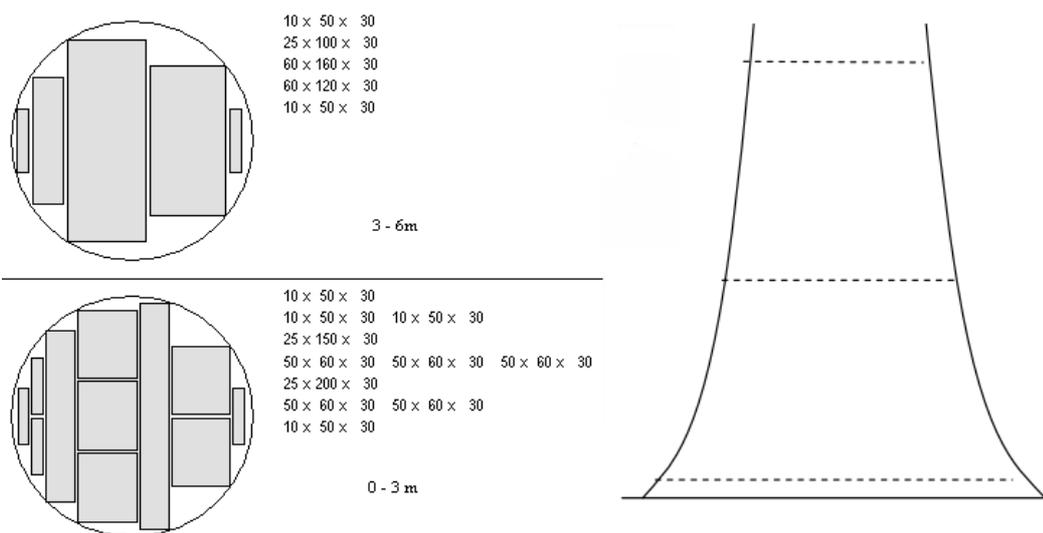


Figura 4- Desenho ótimo de corte para a primeira e segunda tora produzida por uma árvore com *Dap* de 23,5 cm e altura média de 25,2m do tratamento de desbaste de 70% 81 SB, em povoamento de *Eucalyptus grandis*, em Abaeté, MG.

A quantificação da madeira de qualidade superior (madeira limpa) em resposta à aplicação de desrama foi feita por Polli et al. (2006), que observaram um núcleo nodoso, para os diferentes tratamentos de desrama, de 9,1 cm, sendo que todo o incremento de madeira a partir deste diâmetro, em toras da base até a altura de 6m, são isentas de nós. Estes mesmos autores observaram ganhos de 93,7% de extensão de madeira limpa em relação à testemunha não desramada, aos 55 meses de idade, para a primeira tora de plantas submetidas à primeira intervenção de desrama aos 16 meses de idade.

Com exceção ao tratamento SD e não desramado, o tratamento 70% 81 SB foi o único a apresentar toras não desramadas para o sortimento serraria acima de 6 m da base da árvore. O volume de madeira serrada não desramada para este tratamento foi de, apenas, 0,5373 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. A receita da madeira serrada não desramada teve um desconto de 33,3% em seu valor. Este valor foi definido pela diferença de preço entre toras desramadas no presente estudo e o valor de R\$ 200 m<sup>3</sup> de toras não desramadas para serraria, comercializada na região da Zona da Mata mineira, nas proximidades de Viçosa.

O custo da desrama artificial, considerando o desbaste 70% 81m SB, tratamento com maior quantidade de madeira serrada (19,21 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>), foi de R\$ 13,74/m<sup>3</sup>, ou seja, um adicional de aproximadamente 7% no valor da madeira serrada, não desramada. Quanto maior o volume de madeira serrada de qualidade produzida, menor será o custo da intervenção de desrama por unidade de madeira produzida. Cardoso (2009) encontrou um adicional mínimo de 53,9% no valor das toras desramadas de *Pinus taeda* e *Pinus elliotii* para igualar a receita de toras sem desrama e um adicional máximo de 77% para que o comprador prefira adquirir as toras desramadas, ao invés de comprar as lâminas “clear” no mercado. Lazaretti (2007) propôs que a valorização mínima de madeira limpa de *Pinus taeda* seja de 19%, sobre a madeira com nós, para igualar suas receitas. Vale salientar que o custo da intervenção de desrama em *Pinus*, geralmente feita em plantas com idades mais avançadas, em que a maioria dos galhos são grossos, é extremamente elevado quando comparado à desrama artificial aplicada em plantas jovens de eucalipto que detêm galhos finos e de fácil remoção.

O maior volume de madeira do desbaste foi obtido com o tratamento 70% 81m SB (81,38 m<sup>3</sup>), que gerou receita de R\$ 4.882,00 renda intermediária que pode

ser utilizada para custear atividades de manutenção florestal. O fluxo de caixa para os diferentes regimes de desbaste estão representados na figura 5.

A produção da brotação foi de  $18,02 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , valor que pode ser considerado extremamente baixo. Este fato pode ser explicado pela competição por luz e nutrientes das árvores remanescentes com os brotos, o que os tornam suprimidos e boa parte da brotação acaba morrendo. Ou seja, competem fortemente com as plantas remanescentes do desbaste e não produzem madeira comercial. Aos 141 meses, a taxa de mortalidade dos brotos foi de 35,7%, comprometendo sobremaneira sua produção.

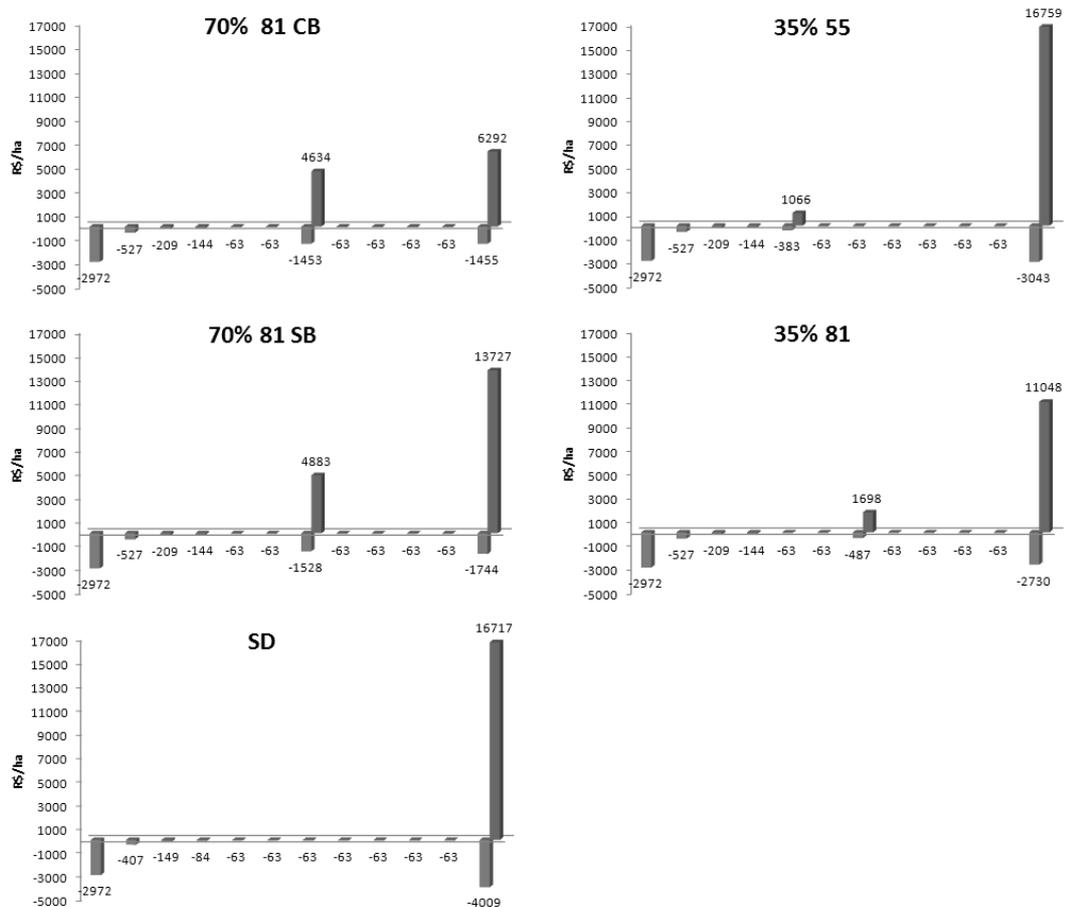


Figura 5 – Fluxo de caixa para os diferentes regimes de desbaste em um horizonte de 12 anos, em povoamento do clone 24504 de *Eucalyptus grandis* submetido à desrama e desbaste, em Abaeté, MG.

O tratamento de desbaste com remoção de 70% dos indivíduos aos 81 meses, com eliminação de brotação, apresentou-se como o mais rentável, atingindo um VPL de R\$ 5.194,75 ha, com uma taxa real de desconto de 5% a.a (Tabela 6). Os regimes

de desbaste de 70% 81 SB e 35% 55m mostraram-se mais lucrativos quando comparados ao povoamento não desbastado, fato este explicado pelo maior volume de madeira serrada e pelo alto valor agregado das peças serradas. Dias et al. (2005), também, obtiveram maior retorno econômico em regimes com desbaste, comparados ao regime sem desbaste.

Tabela 6 – Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Equivalente (VAE), Taxa Interna de Retorno (TIR) para cada tratamento, em povoamento do clone 24504 de *E. grandis* submetido à desrama e desbaste, em Abaeté, MG.

Trat.	VPL (R\$/ha <sup>-1</sup> )			VAE			TIR
	5% a.a	8% a.a	12% a.a	5% a.a	8% a.a	12% a.	
SD	3379,41	1525,06	-57,97	381,28	202,37	-9,4	11,81%
35% 55m	4315,15	2238,42	447,53	486,86	297,03	72,2	13,41%
35% 81m	1630,24	330,46	-785,00	183,93	43,85	-126,7	8,99%
70% 81m CB	1091,93	97,58	-787,36	123,20	12,95	-127,1	8,36%
70% 81m SB	5194,75	3036,89	1125,55	586,10	402,98	181,7	15,67%

Ao analisar a viabilidade econômica dos tratamentos de desbaste para as diferentes taxas de desconto (5, 8 e 12%), o desbaste de 70% 81m SB e 35% 55m mostraram-se lucrativos para as três taxas, apresentando VPL e VAE positivos e valor da TIR acima da taxa de desconto. Os demais tratamentos foram lucrativos apenas para taxa de desconto de 5% a.a e 8% a.a. Os lucros são sensíveis à taxa real de desconto, ou seja, à medida que a taxa de desconto aumenta, o risco do empreendimento, também, é maior e o VPL dos projetos diminui, reduzindo, conseqüentemente, a viabilidade do projeto (SCOLFORO et al., 2001; SOARES et al., 2003).

Usualmente, têm sido utilizadas taxas reais de juros entre 5 a 12% ao ano em projetos do setor florestal, de acordo com valores observados no BNDES. Há sempre grande dificuldade em se determinar essa taxa de juros, uma vez que a mesma varia de acordo com as características do projeto, da empresa, da conjuntura econômica, entre outros (STOCKS, 2007).

Ao analisar o comportamento da Taxa Interna de Retorno (TIR) com base na maior taxa de desconto (12% a.a.), apenas os tratamentos de desbaste 35% 55m e

70% 81m SB foram considerados viáveis (Figura 6). Altas taxas de desconto tendem a inviabilizar projetos de ciclo longo, como é o caso dos projetos florestais.

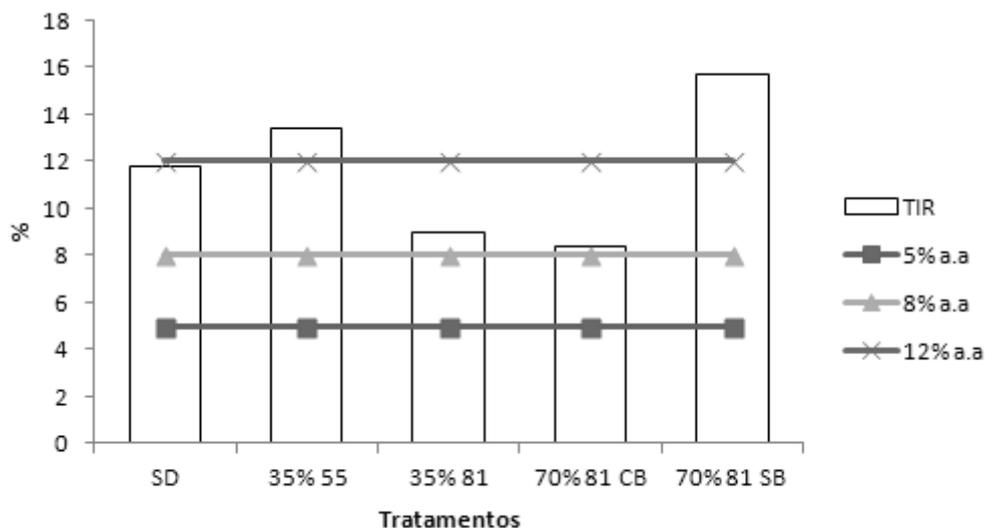


Figura 6 – Taxa Interna de Retorno (TIR) por tratamento de desbaste, em um povoamento do clone 24504 de *E. grandis* submetido à desrama e desbaste, em Abaeté, MG, para diferentes taxas de descontos.

Dentre os fatores que podem interferir na determinação da taxa de descontos destacam-se : o risco e a incerteza, a inflação, a duração do projeto, a preferência por liquidez, a produtividade do capital e a posição particular do investidor (Stocks, 2007). A viabilidade dos projetos florestais de ciclo longo apresenta considerável sensibilidade às variações na taxa de descontos utilizada, sendo plausível a utilização de taxas de descontos inferiores àquelas usadas para outros setores da economia (OLIVEIRA et al. 1998).

### Conclusões

1. O reflorestamento com o clone 24504 de *Eucalyptus grandis*, com finalidade de obtenção de multiprodutos, em Abaeté-MG, sob os diferentes regimes de manejo utilizados no presente estudo, apresenta viabilidade econômica ( $VPL > 0$ ) para a taxa de desconto de 8% a.a.

2. O desbaste com a remoção de 70% dos indivíduos aos 81 meses de idade, com eliminação da brotação, é mais rentável economicamente, apresentando valores positivos de VPL, VAE e TIR para diferentes taxas de desconto (5, 8 e 12% a.a).

3. O alto valor de mercado das peças de madeira para serraria e o maior volume de madeira serrada para o peso de desbaste de 35% 55m e 70% 81 SB proporcionam maior rentabilidade econômica quando comparados ao povoamento não desbastado.

5. A baixa produtividade da brotação no tratamento de desbaste de 70% 81 CB, promoveu redução no VPL, VAE e TIR em razão da diminuição da produção total de madeira, não devendo, então, ser realizado o manejo da brotação das árvores eliminadas no desbaste.

### Referências Bibliográficas

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário Estatístico da ABRAF: ano base 2009. Brasília: ABRAF, 2010, 140 p.

ALMEIDA, M. L. **Desrama artificial em clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* com diferenças em arquitetura de copa.** 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa.

CAMPOS, J. C. C., LEITE, H. G. **Mensuração Florestal** – Perguntas e Respostas. Editora UFV. Viçosa: UFV, 2009. 548p.

CARDOSO, D. J. **Viabilidade técnica e econômica da poda em plantações de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*.** 2009.143f Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CHICHORRO, J. F. **Análise estrutural e econômica de multiprodutos da madeira.** 2000. 241 f.Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

DIAS, A. N. **Um modelo para gerenciamento de plantações florestais submetidas a desbaste.** Viçosa, 2005. 135 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

DIAS, A. N.; LEITE H. G.; CAMPOS J. C. C.; COUTO L.; CARVALHO A. F. Emprego de um modelo de crescimento e produção em povoamentos desbastados de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p 731-739. 2005.

FORRESTER, D.; BAUHUS, J.; CONNELL, M. Competition in thinned silvertop ash (*Eucalyptus sieberi* L. Johnson) stands from early coppice growth. **Forest Ecology and Management**, v.174, p.459-475, 2003.

KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. G. H. Taper functions and their applications in Forest inventory. **Forest Chronicle**, v. 45, p. 278-283, 1969.

LAZARETTI, D.S. **Produção de *Pinus taeda* L. visando múltiplos mercados**. 2007. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

LEITE, H. G.; CAMPOS, J. C. C.; PAULA JUNIOR, G. G. Emprego de um modelo de programação dinâmica para conversão de troncos em multiprodutos da madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 4, p. 447-465, 1995.

LEITE, H. G.; CAMPOS, J. C. C.; PAULA JUNIOR, G. G. Emprego de um modelo de programação dinâmica para conversão de troncos em multiprodutos da madeira. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 19, n. 4, p. 447-465, 1995.

LIMA, D. G.; LEITE, H. G.; PAULA JUNIOR, G. G. Um modelo de suporte a decisão sobre multiprodutos de povoamentos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 35-48, 1997.

LIMA, A. P. L. **Desrama em clone de *Eucalyptus grandis* em diferentes épocas e intensidade: efeitos sobre o crescimento, a dinâmica de copa e o tempo de desrama**. 2003. 195f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NOCE, R; CARVALHO, R. M. M; SOARES, A. C; SILVA, M. L. Desempenho do Brasil nas exportações de madeira serrada. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5. p. 695-700. 2003.

NOGUEIRA, G. S.; LEITE, H. G.; CAMPOS, J. C. C.; CARVALHO, A.; SOUZA, A. L. Modelo de distribuição diamétrica para povoamentos de *Eucalyptus* sp submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 579-589, 2005.

MONTAGU, K. D.; KEARNEY, D. E.; SMITH, R. G. B. The biology and silviculture of pruning planted eucalypts for clear wood production – a review. **Forest Ecology and Management**, v. 179, p. 1-13, 2003.

OLIVEIRA, A. D., LEITE, A. P., BOTELHO, S. A., SCOLFORO, J. R. S. Avaliação econômica da vegetação de cerrado submetida a diferentes regimes de manejo e de povoamentos de eucalipto plantado em monocultivo. **Revista Cerne**, v.4, n.1, p.34-56. 1998.

PIRES, B. M. **Efeito da desrama artificial no crescimento e qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* para serraria e fabricação de móveis**. 2000. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

POLLI, H. Q. **Crescimento e qualidade da madeira para serraria em clone de *Eucalyptus grandis* [Hill ex Maiden] submetido a desrama artificial.** 2005. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SCOLFORO, J. R. S.; Simulação e avaliação econômica de regime de desbastes e desrama para obter madeira de *Pinus taeda* livre de nós. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 121-129, dezembro. 2001.

SOARES, T. S.; CARVALHO, R. M. M. A.; VALE, A. B. Avaliação econômica de um povoamento de *Eucalyptus grandis* destinado a multiprodutos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.5, p.689-694, 2003.

STAPE J. L.; MARTINI E. D. Desbaste de *Eucalyptus*: Opção de manejo para áreas com limitações ambientais ao corte raso. **5º ENTEC**, Belo Horizonte-MG, p.30-50. 1991.

STOCKS, J. J. **Dinâmica de copa, crescimento e viabilidade econômica de um povoamento de eucalipto submetido a desrama e desbaste.** 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

## CONCLUSÕES GERAIS

Os dados de dinâmica de copa indicam que com a remoção de 70% das árvores, ainda não foi observada recomposição completa do dossel ao nível do povoamento não desbastado, sendo os valores mais elevados no povoamento em que se adotou o manejo da brotação, em razão do efeito da copa do broto sobre o *IAF* ou *ICD*.

Mesmo não tendo ocorrido o fechamento do dossel para o tratamento de desbaste com intensidade de 70% aos 81 meses SB, seu *IAF* encontra-se em declínio devido à limitação nutricional do sítio.

O índice de área foliar e o índice de cobertura do dossel podem ser utilizados em estudos de avaliação da dinâmica de copa, estando associados às alterações da copa. Deve-se, portanto, utilizar fotografias digitais com resolução elevada para facilitar a distinção entre o céu e o dossel.

O desbaste proporcionou aumento da frequência das árvores em classes de diâmetros superiores, em idades avançadas.

A manutenção de brotação em povoamentos desbastados não é viável.

O peso de desbaste de 70% 81 SB atingiu maior proporção de volume de madeira de qualidade para serraria e apresentou maior lucratividade entre os tratamentos.

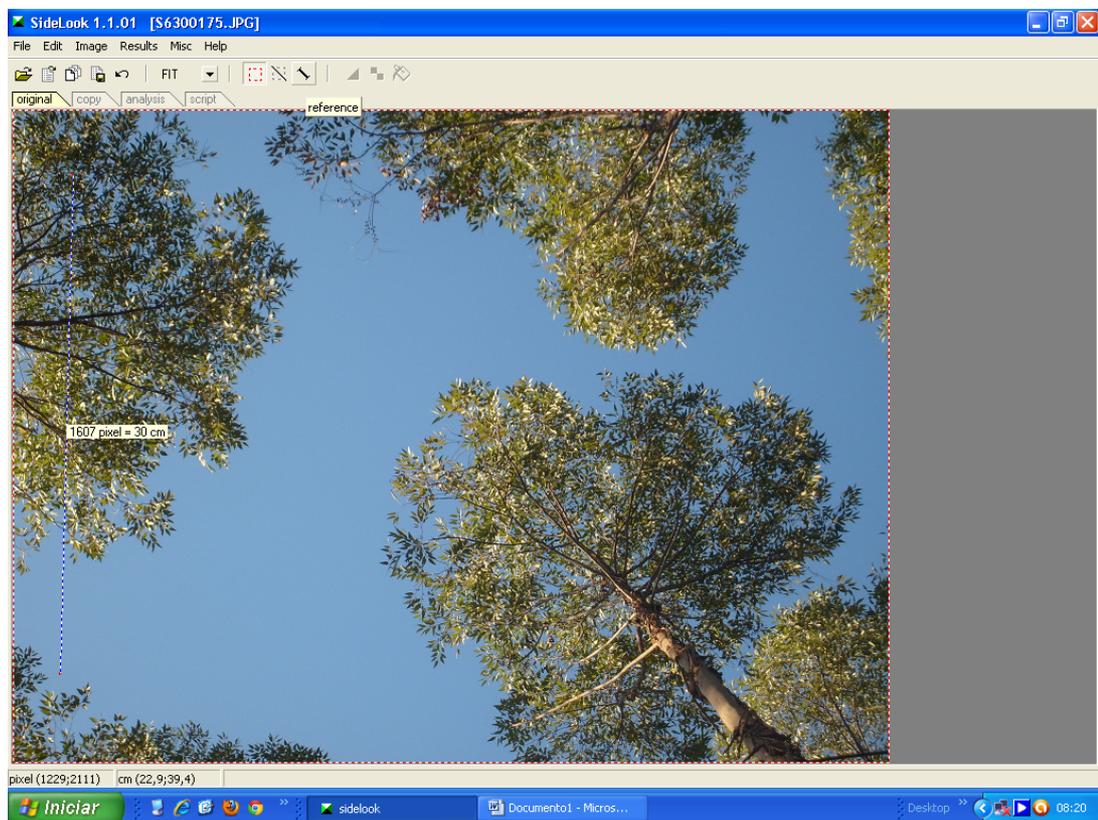
Todas as prescrições adotadas apresentaram viabilidade econômica ( $VPL > 0$ ) para a taxa de desconto de 5 e 8% a.a.

## Anexo I

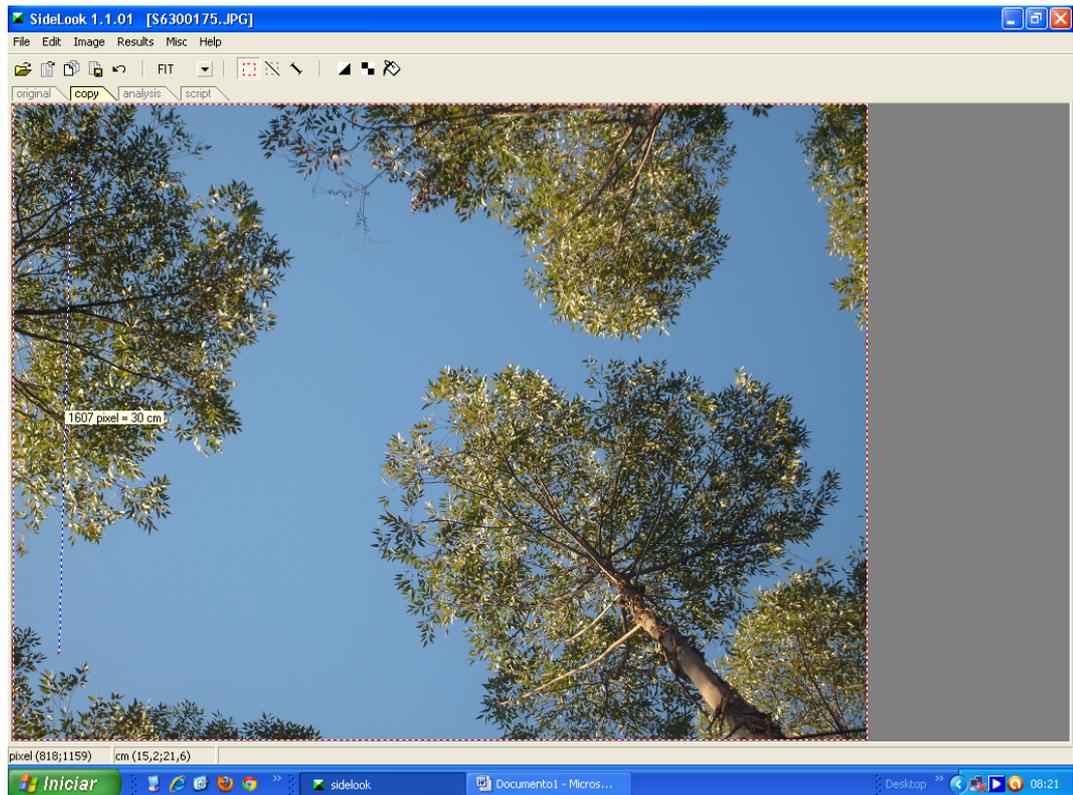
A seguir está representado a seqüência de procedimentos usados na classificação das fotografias digitais, empregando o software Sidelook 1.1.

1º passo: abrir a imagem original.

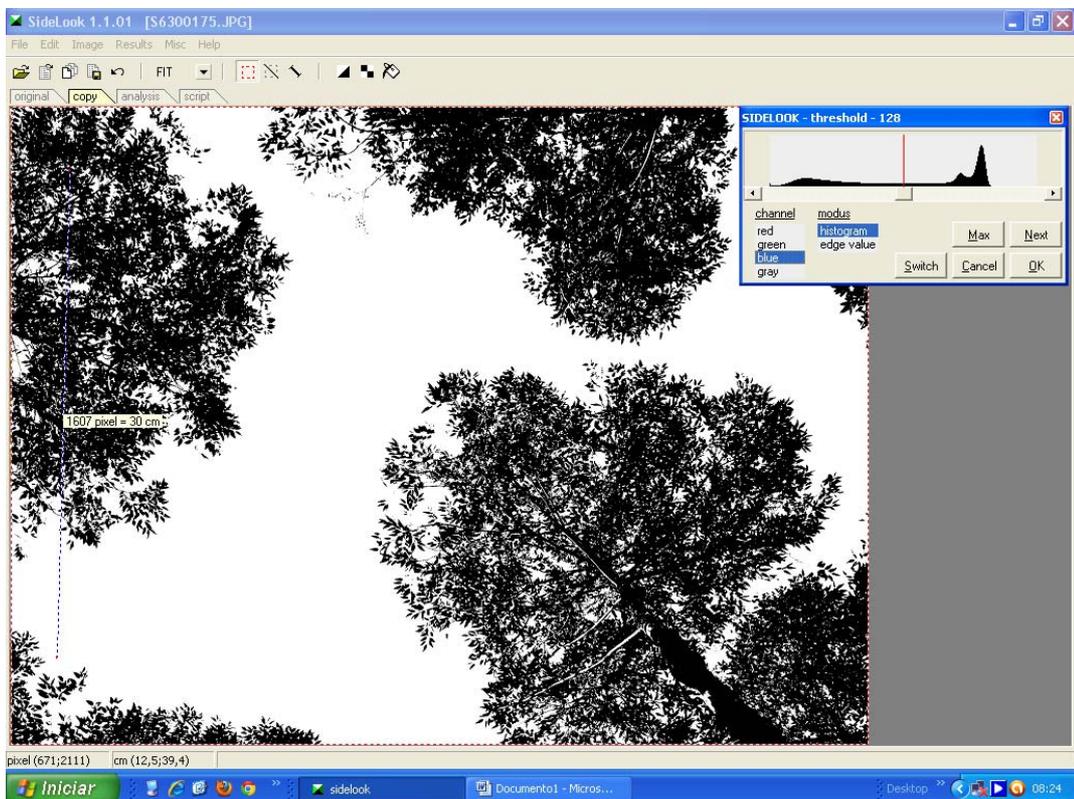
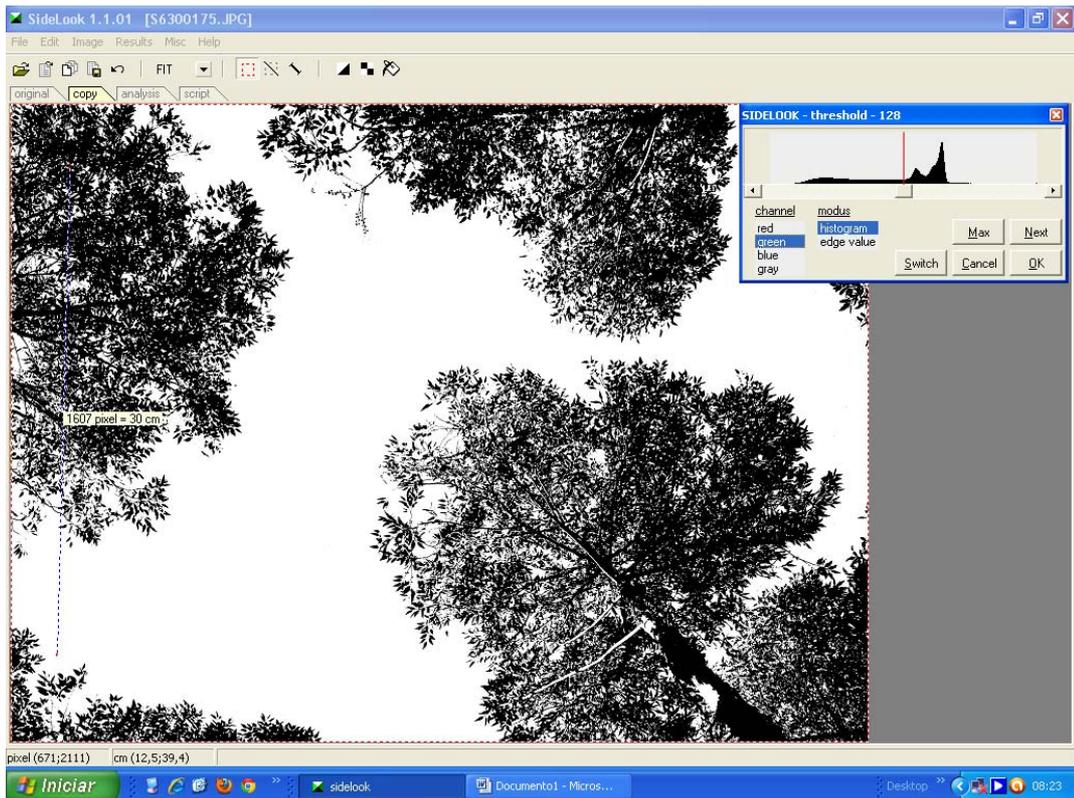
2º passo: definir o ponto de referência e a distância conhecida.

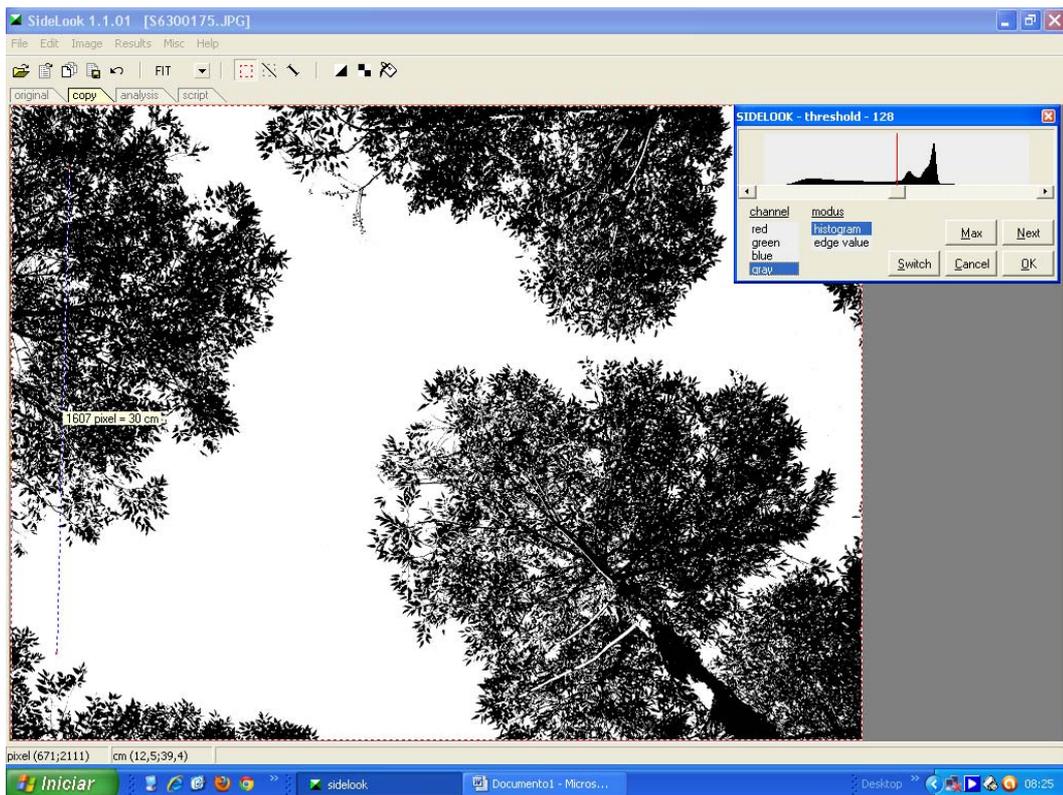


3º passo: copiar a imagem.

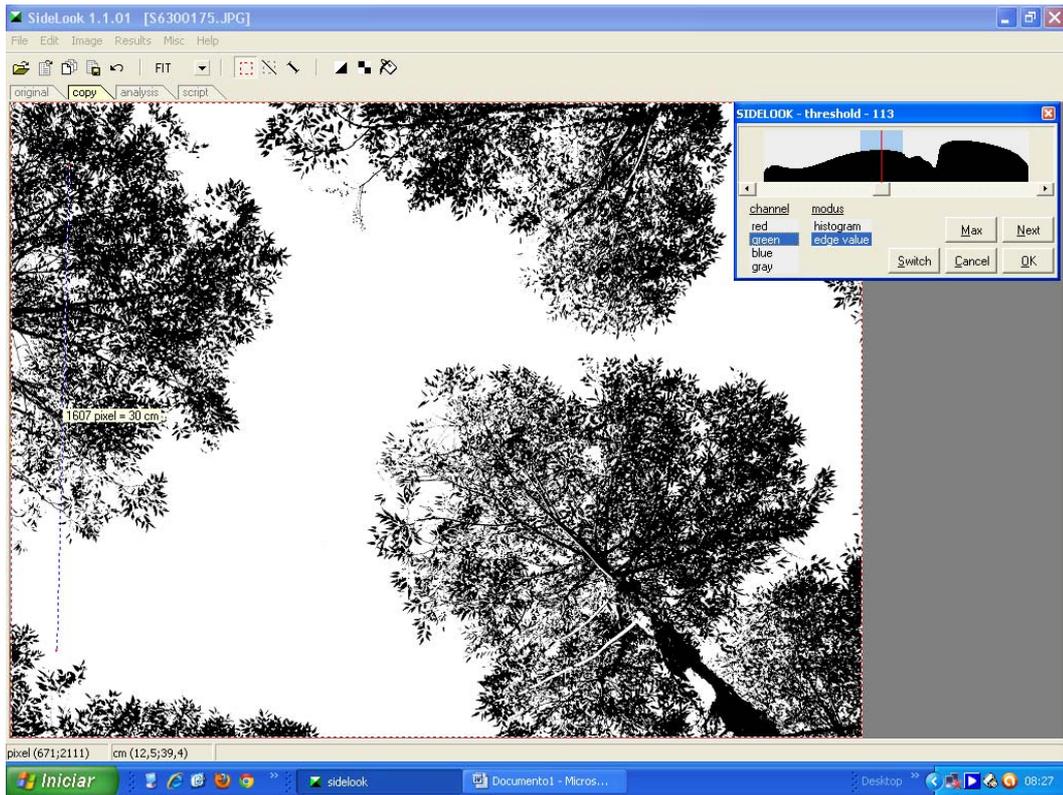


4º passo: classificar a imagem. Nesta etapa, faz-se a limiarização, em que cada pixel será classificado como céu (branco) ou dossel (preto). Pode-se, também, escolher a banda a ser analisada. Com o botão direito do mouse pressionado, pode-se movimentar a barra com o valor do limiar.

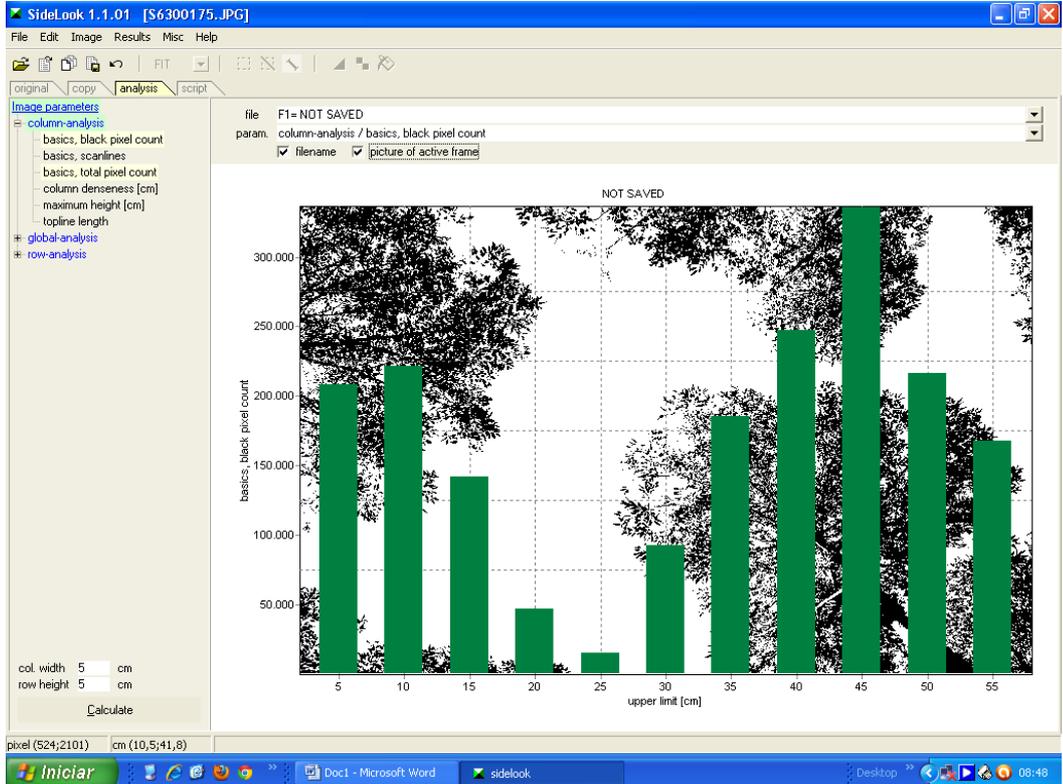




A limiarização automática é obtida utilizando na aba modus a opção edge value (valor de borda) e clicando na função next.



5º passo: definir as estruturas do dossel que serão avaliadas.



6º passo: obter o resultado com o total de pixels que representam o céu e o dossel.

