

MARCO ANTONIO MONTE

**ESTRUTURA DO DOSSEL E CRESCIMENTO APÓS DESBASTE EM
POVOAMENTO DE CLONE DE EUCALIPTO DESRAMADO**

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
2006**

MARCO ANTONIO MONTE

**ESTRUTURA DO DOSSEL E CRESCIMENTO APÓS DESBASTE EM
POVOAMENTO DE CLONE DE EUCALIPTO DESRAMADO**

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: 21 de dezembro de 2006.

Prof. Geraldo Gonçalves dos Reis
(Co-orientador)

Prof. Hélio Garcia Leite
(Co-orientador)

Prof. Vicente Paulo Soares

Prof. Francisco de Assis de Carvalho Pinto

Prof^a. Maria das Graças Ferreira Reis
(Orientadora)

AGRADECIMENTO

A Deus.

Em especial, aos meus pais, pela ajuda incondicional na minha criação e formação.

A todos meus familiares e amigos “da minha terra natal”, que me incentivaram e me deram o apoio necessário nos momentos difíceis.

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

Ao professor Hélio 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., pelo apoio para realização da presente pesquisa.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal (Chiquinho, Rose, Jamile, Ritinha e Rita).

Em especial, ao amigo Ivan da Costa Ilhéu Fontan, que sempre me ajudou desde o tempo da graduação.

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 dos dados, em especial a Jonathan, Frederico, Ernani, Philippe, Felipe, Filipe e Hortênsia e aos que passaram por este laboratório: Rogério, Henrique, Carlos Henrique, Crodoaldo, Karina, Ana Paula, Fernanda, Luciana, Mila, Juvenal, Sumami, Sílvia, Pedro e Moacir.

A todos os amigos, em especial a Dalton, Eric, Rodrigo Firmino, Filipe, Digão, Carol, Guilherme, Fabiano, Claudinei, Hugão, Alexandre, Léster e Antônio; aos colegas de república: Norberto, Tiago e Rafael.

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

BIOGRAFIA

MARCO ANTONIO MONTE, filho de Isaurino Monte e Maria da Penha Salvador Monte, nasceu em Nova Venécia, Espírito Santo, em 20 de junho de 1976.

Em fevereiro de 2000, iniciou o curso de Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, graduando-se em janeiro de 2005.

Em março de 2005, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, na área de Silvicultura, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, concluindo os requisitos indispensáveis para obtenção do título de *Magister Scientiae* em dezembro de 2006.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	1
OBJETIVOS	4
CAPÍTULO 1	5
MÉTODOS INDIRETOS DE OBTENÇÃO DA COBERTURA DO DOSSEL EM POVOAMENTOS DE CLONE DE <i>Eucalyptus grandis</i>	5
Introdução	6
Material e métodos	8
Resultados e Discussão	12
Conclusões	17
Recomendações	18
Referências	18
CAPÍTULO 2	21
ESTRUTURA DO DOSSEL DE POVOAMENTO DE CLONE DE <i>Eucalyptus grandis</i> SUBMETIDO A DESRAMA E DESBASTE	21
Introdução	22
Material e métodos	24
Resultados e discussão	26
Conclusões	32
Referências	32
CAPÍTULO 3	35
AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE EUCALIPTO SUBMETIDO A DESRAMA E DESBASTE	35
Introdução	36
Material e métodos	38
Resultados e discussão	40
Conclusões	51
Referências	51
CONCLUSÕES GERAIS	54
Anexo I	55
Anexo II	59
Anexo III	64

RESUMO

MONTE, Marco Antonio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2006. **Estrutura do dossel e crescimento após desbaste em povoamento de clone de eucalipto desramado.** Orientadora: Maria das Graças Ferreira Reis. Co-orientadores: Geraldo Gonçalves dos Reis e Hélio Garcia Leite.

A estrutura do dossel e o crescimento de plantas de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, submetidas a diferentes intensidades e frequência de desrama, iniciando aos 16, 20 e 28 meses de idade, e ao desbaste (0 e 35% do número total de mudas plantadas), aos 55 meses de idade, foram avaliados entre 55 e 93 meses de idade, na região de cerrado. O índice de cobertura de dossel (ICD) foi obtido a partir de fotografias digitais nas dimensões de 640x480 e 1280x960 pixels e classificadas através dos softwares Erdas-Imagine 8.5, Gap Light Analyzer 2.0 e Sidelook 1.1. O ICD e o IAF foram significativamente correlacionados entre si, independentemente do método de classificação utilizado, quando obtidas na dimensão de 1280x960 pixels. Para as fotografias na dimensão de 640x480 pixels, as melhores correlações foram obtidas quando processadas com o Sidelook 1.1. Aos 93 meses de idade, o IAF e o ICD não variaram significativamente ($p > 0,05$) entre tratamentos de desrama e na interação desrama - desbaste, independentemente da idade de início da intervenção de desrama. Porém, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) para estas variáveis entre os tratamentos de desbaste. O IAF e o ICD no povoamento desbastado foram, respectivamente, 28,0 e 16,9% menor do que o

observado para o povoamento não-desbastado, imediatamente após o desbaste, enquanto aos 93 meses de idade estes valores foram, respectivamente, 13,8 e 6,9%. Estes resultados indicam que houve recomposição substancial da cobertura do dossel três anos após o desbaste. Aos 93 meses de idade, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) para o diâmetro a 1,3 m de altura (DAP), altura total (Ht), volume com casca, incremento periódico anual pós-desbaste (IPA) e incremento médio anual (IMA) entre os tratamentos de desrama artificial, nas três idades de primeira intervenção de desrama. Porém, com remoção superior a 60% da área foliar total, houve predominância de indivíduos em classes diamétricas inferiores, conforme distribuição de Weibull, mesmo não tendo tido diferenças significativas para o DAP médio. A altura total variou significativamente ($p \leq 0,05$), apenas em função do desbaste, independentemente da idade da primeira intervenção de desrama, tendo sido maior no povoamento não-desbastado. O volume com casca, o IPA e o IMA foram significativamente ($p \leq 0,05$) mais elevados (7,9, 23,0 e 7,3%, respectivamente), para o povoamento desbastado em relação ao não-desbastado, somente quando a primeira intervenção de desrama foi aplicada aos 20 meses de idade. O povoamento não-desbastado já se encontra com o crescimento estagnado, enquanto no desbastado esta estagnação estaria ocorrendo entre 100 e 110 meses de idade da planta, quando deveria proceder à segunda intervenção do desbaste. O presente estudo indicou a possibilidade de uso de fotografias digitais para estimar o índice de cobertura de dossel em povoamentos de eucalipto, sendo que o IAF e o ICD mostraram-se eficientes em detectar variações no dossel ocorridas ao longo de seqüência de idades e, conjuntamente com os dados de crescimento, podem ser utilizados para definir o momento de realizar desbaste em povoamentos florestais.

ABSTRACT

MONTE, Marco Antonio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December of 2006. **Canopy structure and growth after thinning in a stand of eucalypt clone submitted to artificial pruning.** Adviser: Maria das Graças Ferreira Reis. Co-Advisers: Geraldo Gonçalves dos Reis and Hélio Garcia Leite.

Canopy structure and plant growth of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden clone, submitted to different intensity and frequency of artificial pruning starting at the ages of 16, 20 and 28 months and, to thinning (0 and 35% of the total planted seedlings) at the age of 55 months, were evaluated between the ages of 55 and 93 months, in the “cerrado” region. The Canopy Coverage Index (CCI) was obtained from digital photographs with the sizes 640x480 and 1280x960 pixels processed with the Erdas-imagine 8.5, Gap light analyser 2.0 and Sidelook 1.1 softwares. CCI was significantly correlated with LAI, independently of the photographs processing methods when they were taken with the size of 1280x960 pixels, while the Sidelook processing method was the best when 640x480 pixels photographs were taken. At the age of 93 months, there were no significant differences ($p>0.05$) between pruning treatments and the interaction between pruning and thinning, independently of the age of the first pruning intervention. However, there was significant difference ($p\leq 0.05$) between thinning treatment. LAI and CCI in thinned stands were, respectively, 28.0 and 16.9% smaller than in non-thinned one immediately after thinning while at the age of 93 months these values were 13.8 and 6.9%. These

results indicate that there was substantial canopy recovery in the thinned stands three years after thinning. At the age of 93 months, there were no significant differences ($p>0,05$) for the diameter at 1.3 m height (*DBH*), total height (*Ht*), volume outside bark, periodic annual increment after thinning (*PAI*) and mean annual increment (*MAI*) among artificial pruning treatments. By removing more than 60 % of total leaf area, a greater proportion of trees was allocated into lower diameter classes, according do Weibull distribution, even though there was no significant differences for average *DBH*. Total height was significantly ($p\leq 0,05$) higher in the non-thinned stand as compared to the thinned one, independently of the age pruning was first applied. The volume outside bark, *PAI* and *MAI* varied significantly ($p\leq 0,05$) with thinning only when pruning started at the age of 20 months, being, respectively, 7.9, 23.0 and 7.3 % greater in the thinned stand, in comparison to the non-thinned one. Growth had already been stagnated in the non-thinned stand, whereas, in the thinned stand, this stagnation may occur around the age of 100-110 months, when the second thinning intervention should be applied. The overall results indicated that digital photographs can be used for canopy coverage index estimation and that *LAI* and *CCI* obtained over an age sequence, in addition to growth data, can be helpful to define at which age thinning should be applied to forest stands.

INTRODUÇÃO GERAL

A implantação de reflorestamentos com espécies do gênero *Eucalyptus* para produção de madeira serrada é uma atividade lucrativa. O uso de madeira para essa finalidade requer, no entanto, o uso de práticas silviculturais que possibilitam melhoria na qualidade da madeira e também aumento na produção volumétrica, destacando-se a desrama artificial, que proporciona redução no número de nós e maior incremento em madeira limpa (PIRES, 2000; ALMEIDA, 2003; MONTAGU et al., 2003; POLLI et al., 2006), e o desbaste, que proporciona aumento no crescimento em diâmetro (LEITE et al., 2005; NOGUEIRA et al., 2005). Essas práticas têm influência direta no crescimento de plantas e na estrutura do dossel (CHAVES, 2005).

Estudos sobre o crescimento e a caracterização do dossel em povoamentos desramados e desbastados têm sido avaliados de forma independente (PULROLNIK et al., 2005; ALMEIDA, 2003; LIMA, 2003; LEITE et al., 2005; NOGUEIRA et al., 2005, entre outros). Chaves (2005) analisou as interações entre desrama artificial e desbaste em relação ao crescimento e à dinâmica de dossel um ano após o desbaste, tempo insuficiente para se avaliar a influência destas práticas, principalmente, sobre o crescimento das plantas.

Para a caracterização do dossel em povoamentos desramados têm sido utilizados dados da arquitetura de copa, transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa e índice de área foliar (PULROLNIK, 2002; ALMEIDA,

2003; LIMA, 2003). Além desses parâmetros, Chaves (2005) utilizou o índice de cobertura de dossel, obtido a partir de fotografias digitais, para caracterizar o dossel de povoamentos de eucalipto desramado e desbastado e concluiu ser possível a utilização deste índice na caracterização do dossel, desde que fossem feitas melhorias para implementar o método.

Referências

- ALMEIDA, M.L. de. **Desrama artificial em clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x com diferenças em arquitetura de copa**. 2003. 119f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- CHAVES, R.A. **Dinâmica de copa e crescimento de plantas de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. submetidas a desrama artificial e a desbaste**. 2005. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- LEITE, H.G.; NOGUEIRA, G.S.; CAMPOS, J.C.C.; SOUZA, A.L. de; CARVALHO, A. Avaliação de um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, 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. 200f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- 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.
- NOGUEIRA, G. S.; LEITE, H.G.; CAMPOS, J.C. C.; CARVALHO, A.F.; SOUZA, A.L. de. Modelo de distribuição diamétrica para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.579-589, 2005.
- 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-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**, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.557-566, 2006.

PULRONIK, K. **Crescimento, dinâmica de copa e qualidade da madeira para serraria de clone de *Eucalyptus grandis* [Hill ex Maiden] submetido à desrama artificial**. 2002. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

PULROLNIK, K.; REIS, G.G. dos.; 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-MG, v.29, n.4, p.495-505, 2005.

OBJETIVOS

Geral

Avaliar a influência da desrama artificial e do desbaste no crescimento e na estrutura do dossel de povoamento de *Eucalyptus grandis*, região de cerrado.

Específicos

1. Testar diferentes métodos de classificação de fotografias digitais para estimar o índice de cobertura de dossel com a possibilidade de substituir o índice de área foliar.
2. Avaliar a dinâmica de dossel por meio do índice de área foliar e do índice de cobertura de dossel obtido a partir de fotografia digital.
3. Avaliar o crescimento de plantas do clone 24504 de *Eucalyptus grandis* em resposta à aplicação de desrama artificial e do desbaste.

CAPÍTULO 1

MÉTODOS INDIRETOS DE OBTENÇÃO DA COBERTURA DO DOSSEL EM POVOAMENTOS DE CLONE DE *Eucalyptus grandis*

Resumo – Vários métodos de classificação de fotografias digitais foram usados para estimar o índice de cobertura de dossel (ICD), em substituição ao índice de área foliar (IAF). Fotografias digitais com 640x480 e 1280x960 pixels foram processadas com os softwares Erdas-Imagine 8.5, Gap Light Analyzer 2.0 e Sidelook 1.1. O IAF, estimado com o LAI-2000, e as fotografias digitais foram obtidos aos 81 e 93 meses de idade em povoamento de clone de eucalipto submetido à desrama e ao desbaste. Foram observadas correlações significativas ($p \leq 0,05$) entre IAF e ICD; fotografias com maior dimensão permitiram maior diferenciação entre céu e dossel. Os índices de cobertura de dossel obtidos pelo processamento das fotografias com o software Sidelook 1.1 apresentaram correlação mais elevada com o IAF em relação aos obtidos com o Erdas-Imagine 8.5 e o Gap Light Analyzer 2.0. O presente estudo indicou a possibilidade de uso de fotografias digitais para estimar o índice de cobertura de dossel em povoamentos de eucalipto.

Palavras-chave: Índice de cobertura de dossel, índice de área foliar, fotografia digital, estrutura de dossel.

Abstract –Estimations of Leaf Area Index (LAI), using the LAI-2000, and Canopy Coverage Index (CCI), using digital photography, were obtained with the objective of identifying an accessible method of estimating canopy coverage. The data was obtained between the ages of 81 and 93 months in an eucalypt stand submitted to artificial pruning starting at the ages of 16 months and to thinning (0 and 35% of the total planted seedlings) at the age of 55 months, in the “cerrado” region. Digital photographs with 640x480 and 1280x960 pixels were processed with the Erdas-Imagine 8.5, Gap light analyser 2.0 and Sidelook 1.1 softwares. Significant correlations ($p \leq 0,05$) were observed between LAI and CCI. The photographs with greater sizes (1280x980 pixels) allowed for better differentiation between sky and canopy pixels. CCI obtained from digital photographs processed with the Sidelook 1.1 was better correlated with LAI than that obtained with Erdas-Imagine 8.5 and Gap light analyzer. The present study indicated the possibility of using digital photographs for canopy coverage index estimation.

Key words: canopy cover index, leaf area index, digital photograph, crown structure.

Introdução

A desrama artificial e o desbaste influenciam a arquitetura de copa das árvores e a estrutura do dossel, bem como as condições microclimáticas no interior de uma floresta, especialmente, regulando a quantidade de luz que atinge os estratos médio e inferior da copa das árvores (ALMEIDA, 2003; CHAVES, 2005). A interceptação de luz pelo dossel é fator determinante na produção florestal, por serem as folhas responsáveis pela captação de energia (VILLA NOVA et al., 2003). A quantidade da radiação interceptada pela floresta é determinada por características da copa, bem como pela localização e pelo tamanho das clareiras existentes no dossel (HARDY et al., 2004). O índice de área foliar (IAF) é um parâmetro importante na avaliação da estrutura do dossel, por caracterizar sua arquitetura e estar relacionado com a biomassa vegetal (LINHARES et al., 2000; XAVIER e VETTORAZZI, 2003).

A estimação do IAF é essencial para determinar e modelar as características ambientais do dossel (MACFARLANE et al., 2000; LEBLANC e CHEN, 2001). Sua estimação pode ser feita por método direto, que é mais preciso e necessário para a

calibração dos métodos indiretos (CHERRY et al., 1998; MACFARLANE et al., 2000; JONCKHEERE et al., 2004; WEISS et al., 2004). O método direto é mais demorado, pois necessita da coleta de material foliar para determinação da área foliar (CHERRY et al., 1998). Dessa forma, os métodos indiretos (não-destrutivos), por apresentarem maior praticidade e facilidade na obtenção de dados, são bastante utilizados. Eles permitem a obtenção mais rápida do IAF e são caracterizados por medições da radiação total que penetra no interior da cobertura vegetal. Dos equipamentos para obtenção indireta do IAF, o analisador de dossel LAI-2000 da LICOR tem sido bastante utilizado (LINHARES et al., 2000; XAVIER et al., 2002; ALMEIDA, 2003; LIMA, 2003; XAVIER e VETTORAZZI, 2003; PEZZOPANE et al., 2005; CHAVES, 2005), devido à sua praticidade e rapidez na obtenção dos dados, além de fornecer estimativa confiável do índice de área foliar, porém este equipamento apresenta elevado custo. O princípio de uso deste aparelho consiste na obtenção de leituras sob radiação difusa, evitando-se a coleta de dados sob radiação direta.

Fotografias hemisféricas ou fotografias digitais comuns constituem uma alternativa para obtenção do índice de área foliar, da radiação e da arquitetura do dossel (MACFARLANE et al., 2000; JONCKHEERE et al., 2004; LEBLANC et al., 2005; CHAVES, 2005; ZHANG et al., 2005; PRZESZLOWSKA et al., 2006, entre outros). Essa alternativa ainda carece de aperfeiçoamento, principalmente no que se refere à obtenção da fotografia, destacando-se problemas relacionados com o uso de exposição inadequada (ZHANG et al., 2005) e a separação dos pixels que representam o céu e o dossel durante o processamento da fotografia (NOBIS e HUNZIKER, 2005). Geralmente, o passo inicial desse processamento é a transformação binária, adotando-se limiarização manual (WAGNER, 1998, 2001). Contudo, a escolha manual do limiar apresenta fonte de erro, por ser um método subjetivo e arbitrário (FRAZER et al., 2001; JONCKHEERE et al., 2004). Nobis e Hunziker (2005) propuseram um algoritmo para detecção automática do limiar – baseado na detecção do valor da borda, dado pelo mais alto contraste entre os pixels que representam o céu e o dossel – e concluíram que este algoritmo é apropriado para substituir o método manual, por requerer menor tempo na análise, permitindo que seja aplicado numa quantidade maior de fotografias com maior precisão. Este algoritmo foi implementado no software Sidelook 1.1 (NOBIS, 2005).

O presente estudo teve como objetivo testar diferentes métodos de classificação de fotografias digitais para estimar o índice de cobertura de dossel, com a possibilidade de substituir o índice de área foliar estimado com equipamentos de elevado custo.

Material e métodos

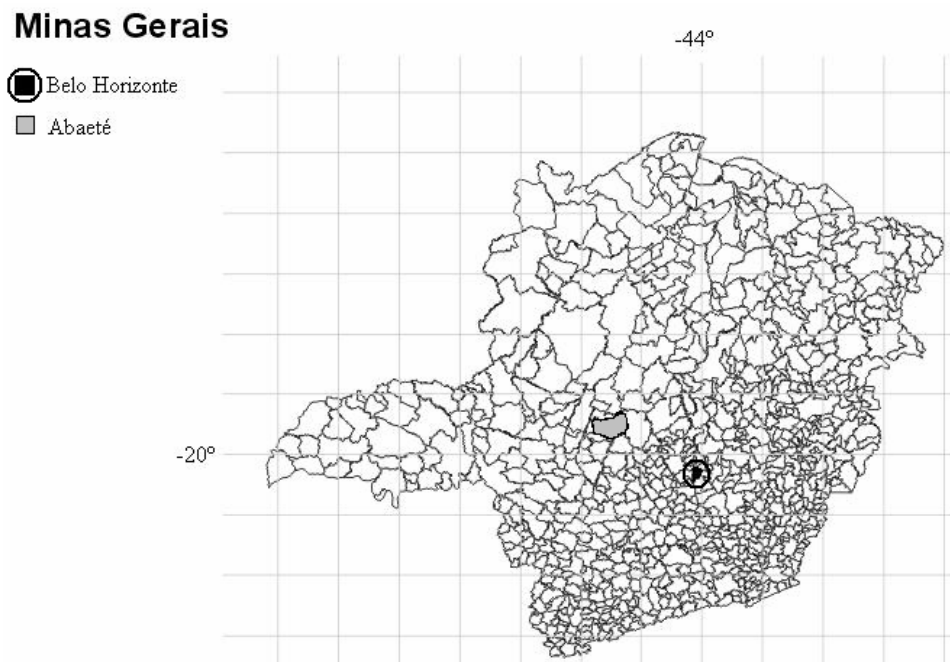
Os dados para conduzir este estudo foram obtidos em um povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden (clone 24504) estabelecido em novembro de 1998, no espaçamento inicial de 3 x 3 m, no município de Abaeté, MG, região de cerrado, situado na latitude de 19°15'94''S, longitude de 45°44'56''O (Figura 1). Os solos da região são classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo. A temperatura média anual é de 20,74°C; a precipitação média anual, de 1.350 mm, com valor médio de déficit hídrico anual de 142 mm, entre abril e outubro (Figura 2); e a evapotranspiração potencial anual, de 1.216 mm, para o período de 1999 a 2005.

As plantas desse povoamento foram submetidas a diferentes tratamentos de desrama artificial, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições (LIMA, 2003). Foram combinadas diferentes intensidades de desrama (altura de remoção dos galhos a partir do solo) e frequência (número de intervenções necessárias para atingir seis metros de fuste livre de galhos na planta), aplicando-se seis tratamentos de desrama artificial, tendo ocorrido a primeira intervenção aos 16 meses de idade (Tabela 1). As parcelas foram constituídas de quatro fileiras, com 20 plantas cada. A área da parcela útil foi de 180 m² e constituiu de 20 plantas, distribuídas nas duas linhas centrais (10 plantas em cada linha), a partir da quinta planta.

Aos 55 meses de idade, foi realizado desbaste seletivo, eliminando-se 35% do número total de mudas plantadas, o que correspondeu a aproximadamente 26,90% da área basal. Foram eliminadas árvores suprimidas ou que apresentavam tortuosidade, injúrias e bifurcação. Foi analisada a distribuição espacial das plantas a serem eliminadas, para evitar a formação de grandes clareiras (CHAVES, 2005).

A coleta de dados do índice de área foliar e a tomada de fotografias foram realizadas em dois pontos de cada uma das 18 parcelas, totalizando 36 pontos de amostragem. Em cada parcela, os pontos de amostragem foram localizados na

entrelinha, entre a segunda e a terceira e, entre a oitava e a nona árvores, entre as duas fileiras de plantas da área útil (Figura 3).



Adaptado: IBGE

Fonte: http://www.ibge.gov.br/ibteen/mapas/imagens/mg_mapa_gde.gif

Figura 1. Mapa de localização do experimento, em Abaeté, Minas Gerais.

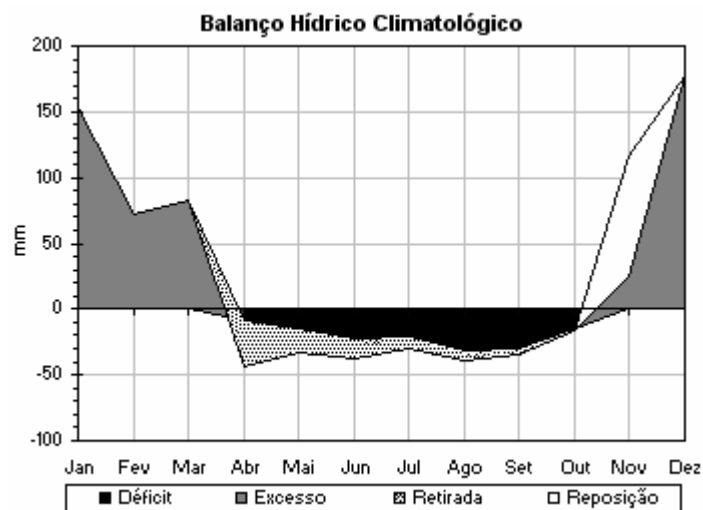


Figura 2. Balanço hídrico na área experimental entre os anos de 1999, utilizando o BHídrico GD 4.0 (D'ANGIOLELLA e VASCONCELLOS, 2004).

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

Tratamento	Altura parcial de desrama (m)				Altura total de desrama (m)
	16 meses	20 meses	28 meses	45 meses	
T1 - Testemunha	----	----	----	----	----
T2 - 0,5+0,5+2,0+3,0	0,5 ²	0,5 ³	2,0 ³	3,0 ³	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

¹Altura de desrama a partir do nível do solo; ²altura de desrama a partir da primeira, segunda e, ou, terceira intervenção.

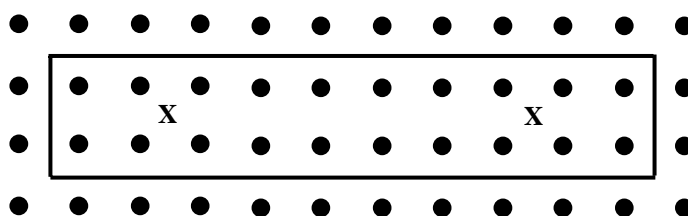


Figura 2. Croqui da parcela representando a área útil, demonstrando posições de coleta de dados para análise do dossel do povoamento (X = locais de coleta de dados do IAF e das fotografias digitais).

O índice de área foliar (IAF) foi estimado com o analisador de dossel (Licor, LAI-2000), utilizando dois sensores LI-2050. Um dos sensores foi instalado em área aberta próximo às parcelas e o outro, usado para obtenção dos dados no interior do povoamento. As leituras foram realizadas sob luz difusa, ao amanhecer e ao final da tarde.

O índice de cobertura de dossel (ICD) foi obtido a partir da tomada de fotografias digitais coloridas, obtidas a, aproximadamente, 0,5 m do solo nos mesmos pontos de amostragem do IAF. A câmera foi colocada sobre um tripé de madeira e orientada na direção da entrelinha, com a lente apontada para o céu. Aos 81 meses de idade, as fotografias foram obtidas com a câmera Sony MVC FD88, com dimensão de 640x480 pixels, ao passo que, aos 93 meses, foi utilizada a câmera Sony W7, sendo as fotografias obtidas com dimensão de 1280x960 pixels, no modo automático. As fotografias foram obtidas na parte da manhã, entre 7 e 9h30 e, na parte da tarde, entre 16 e 17h30, evitando-se obtê-las quando havia elevada

incidência de radiação solar e, também, quando usualmente havia influência de ventos fortes, que movimentavam a copa das árvores.

As fotografias digitais foram processadas utilizando os softwares Erdas Imagine 8.5 (ERDAS IMAGINE, 1999), Gap Ligth Analyzer-GLA 2.0 (FRAZER et al., 1999) e Sidelook 1.1 (NOBIS, 2005) para obtenção do ICD, visando escolher o software que permitisse melhor classificação da fotografia (separação entre pixels que representam o céu e o dossel) e, então, obter o ICD que melhor se correlacionasse com o IAF.

O processamento das fotografias digitais com o software Erdas envolveu a classificação automática não-supervisionada por meio do algoritmo isodata, considerando inicialmente quatro classes de tonalidades de cinza. A tonalidade mais clara representava a porção do céu visível, enquanto tonalidades mais escuras representavam a cobertura vegetal, como galhos, folhas e troncos, e foram agrupadas para representar a cobertura do dossel. Maior número de classes de tonalidades de cinza facilita a separação entre céu e dossel, principalmente pelo fato de as folhas apresentarem luminosidade diferente e serem classificadas em diferentes tonalidades. Foi utilizada a convergência de limiar do próprio programa (0,950), com seis interações máximas. Em algumas fotos, que apresentavam grande proporção de nuvens, foram adotadas seis classes de tonalidades de cinza, a fim de obter uma estimativa mais precisa do ICD, evitando que nuvens fossem classificadas como cobertura vegetal.

Na classificação das fotografias com o GLA 2,0, foi analisada somente a banda azul delas, por apresentar maior contraste entre céu e dossel, com base em testes preliminares com as fotografias analisadas neste estudo. A limiarização foi realizada manualmente, sendo definida *a priori* através da classificação de algumas fotografias, comparando-se visualmente a fotografia original com a classificada na banda azul. Definiu-se, então, um limiar comum para as fotografias obtidas aos 81 (145) e aos 93 meses (160). Por meio desse software, as fotografias são classificadas em duas tonalidades (preto-branco).

Ao se utilizar o software Sidelook 1.1 para classificação das fotografias digitais, consideraram-se a banda azul e as tonalidades de cinza. Após a classificação, as fotografias apresentavam duas tonalidades (preto-branco). Diferentes metodologias para classificação da imagem foram testadas com esse software, as quais estão descritas a seguir:

a) Classificação da fotografia considerando tonalidades de cinza e limiarização manual, utilizando o ponto máximo do valor de borda (SDL¹).

b) Classificação da fotografia considerando tonalidades de cinza e limiarização automática, levando-se em conta o ponto máximo do valor de borda, utilizando a função “next” (SDL²).

c) Classificação da fotografia considerando a banda azul e limiarização manual, sem considerar o valor de borda (SDL³).

d) Classificação da fotografia considerando a banda azul e limiarização automática (SDL⁴).

e) Classificação da fotografia considerando a banda azul e limiarização automática, levando-se em conta o ponto máximo do valor de borda, utilizando a função “next” (SDL⁵).

Nos dois últimos métodos, uma outra banda foi selecionada para as fotografias que apresentavam alguma distorção decorrente da presença de nuvens ou excesso de luminosidade.

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

Foi estimado o coeficiente de correlação de Pearson, a 5% de probabilidade, para comparar o IAF e os valores de ICD. Também, foram ajustadas equações de regressão para estimar o IAF em função do ICD proveniente de cada método de classificação das fotografias digitais.

Resultados e Discussão

Aos 81 meses de idade, observou-se que houve correlação significativa entre os valores de índice de cobertura do dossel e do índice de área foliar quando as fotografias foram classificadas utilizando várias metodologias com o software Sidelook 1.1 (Tabela 2). A correlação foi maior ao se classificar a fotografia utilizando tonalidades de cinza (SDL¹ e SDL²). Nobis e Hunziker (2005), visando determinar o algoritmo para determinação automática do limiar no Sidelook 1.1, adotaram a banda azul para a análise de fotografias hemisféricas, por considerar esta banda a mais eficiente para separar o céu de dossel. No presente trabalho, para os

Tabela 2. Coeficiente de correlação linear entre o índice de área foliar (IAF) estimado com LAI-2000 e índices de cobertura de dossel (ICD's) estimados por vários métodos de classificação de fotografias digitais usando a câmera digital Sony MVC FD88 (640x480 pixels), aos 81 meses de idade, e câmera digital Sony W7 (1280x960 pixels), aos 93 meses de idade, em povoamento de clone de *E. grandis* submetido a desrama e desbaste, em Abaeté-MG

IAF	Índice de cobertura de dossel							
	ERDAS	GLA	SDL ¹	SDL ²	SDL ³	SDL ⁴	SDL ⁵	
81 meses								
IAF	1,00	0,31 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,41*	0,42*	0,35*	0,24 ^{ns}	0,36*
ERDAS		1,00	0,51*	0,45*	0,46*	0,38*	0,43*	0,47*
GLA			1,00	0,83*	0,84*	0,79*	0,85*	0,84*
SDL ¹				1,00	0,99*	0,93*	0,88*	0,98*
SDL ²					1,00	0,95*	0,84*	0,91*
SDL ³						1,00	0,89*	0,97*
SDL ⁴							1,00	0,87*
SDL ⁵								1,00
93 meses								
IAF	1,00	0,52*	0,54*	0,63*	0,66*	0,67*	0,63*	0,65*
ERDAS		1,00	0,76*	0,90*	0,89*	0,90*	0,88*	0,89*
GLA			1,00	0,88*	0,90*	0,87*	0,87*	0,90*
SDL ¹				1,00	0,99*	0,96*	0,97*	0,98*
SDL ²					1,00	0,97*	0,95*	0,97*
SDL ³						1,00	0,98*	1,00*
SDL ⁴							1,00	0,99*
SDL ⁵								1,00

¹Tonalidades de cinza e limiarização manual utilizando o ponto máximo do valor de borda; ²tonalidades de cinza e limiarização automática, sendo o ponto máximo do valor de borda, utilizando a função “next”; ³banda azul e limiarização manual; ⁴banda azul e limiarização automática (128); e ⁵banda azul e limiarização automática, sendo o ponto máximo do valor de borda, utilizando a função “next”. ns = correlação não significativa (p>0,05); * = correlação significativa (p≤0,05).

dados obtidos aos 81 meses de idade, esta banda foi testada para obtenção do ICD (SDL³, SDL⁴ e SDL⁵), mas não apresentou resultados tão satisfatórios quando comparados com os obtidos com tonalidades de cinza (SDL¹ e SDL²).

Ao se comparar os ICDs obtidos por meio de diferentes metodologias com o software Sidelook 1.1, observa-se alta correlação entre eles (0,84 a 0,99) (Tabela 2); as correlações mais baixas foram observadas em relação ao SDL⁴, que não apresentou correlação significativa com o IAF. Assim, qualquer uma dessas

metodologias, exceto o SDL⁴, pode se constituir em ferramenta para estimar o ICD, a partir de fotografias digitais. A inclusão, no Sidelook 1.1, do algoritmo de detecção automática do limiar, dado pelo mais alto contraste entre os pixels que representam o céu e o dossel, utilizando pixels localizados nas bordas das fotografias (NOBIS e HUNZIKER, 2005), pode ter contribuído para melhor classificação das fotografias, ao se utilizar este software.

Os ICDs estimados pela classificação não-supervisionada (Erdas Imagine 8.5) e o software GLA 2.0 não apresentaram correlação significativa com o IAF. O Erdas é um software desenvolvido para análise de imagens de satélite e fotografias aéreas, sendo recentemente utilizado na análise de fotografias digitais obtidas com câmeras fotográficas digitais comuns (CHAVES, 2005; PRZESZLOWSKA et al., 2006). Chaves (2005) constatou que com o uso desse software houve dificuldade para separar os pixels que representam o céu e o dossel em povoamentos submetidos a desbaste. Imediatamente após o desbaste, o método foi eficiente em identificar a redução na cobertura do dossel, porém não foi suficiente para detectar pequenas variações no aumento subsequente dessa cobertura. Esse autor conseguiu identificar com maior acurácia as variações na dinâmica do dossel do povoamento após o desbaste, utilizando dados de índice de área foliar obtido com LAI-2000, ou através da estimativa da transmissividade da radiação (RFA), utilizando sensores lineares quânticos. Przeszłowska et al. (2006), analisando fotografias de pastagens com gramíneas de porte baixo tomadas a um metro de altura do chão, ressaltaram a dificuldade de separar, com o Erdas Imagine 8.5, a vegetação verde e seca e o solo.

A baixa correlação entre o IAF e o ICD obtido com a classificação das fotografias pelo GLA pode ter ocorrido em razão de esse software ter sido desenvolvido para classificação de fotografias hemisféricas (FRAZER et al., 1999). Ao analisar fotografias digitais comuns com este método, utiliza-se um círculo em que o seu diâmetro corresponde à menor dimensão da fotografia retangular, havendo exclusão do restante da área da fotografia. Aos 93 meses de idade, quando as fotografias digitais foram obtidas com a câmera Sony W7, com dimensão de 1280x960 pixels, houve correlação significativa entre o IAF e os ICDs obtidos através de todos os métodos de classificação das fotografias, inclusive por meio do Erdas Imagine 8.5 e do GLA 2.0 (Tabela 2). Verificaram-se, porém, maiores valores de correlação quando as fotografias foram classificadas utilizando várias metodologias com o software Sidelook 1.1 (Tabela 2), o que pode ser devido à

melhor definição de cor das fotografias obtidas nessa idade. Embora tenham sido usadas duas câmeras diferentes na aquisição das fotografias, a comparação entre câmeras não é muito adequada, uma vez que estas foram usadas em coletas diferentes e a variação ocorrida nos valores de ICD pode ser atribuída, também, à recuperação da copa durante o intervalo de coleta. Há necessidade de se desenvolverem estudos com câmeras diferentes, porém nas mesmas condições ambientais.

Inoue et al. (2004) observaram diferenças significativas entre as dimensões da imagem para a câmera Coolpix 900, sendo a fotografia de maior dimensão (1280x960 pixels) considerada mais adequada, quando comparada com a dimensão de 640x480 pixels, em razão de maior precisão e acurácia de captura das estruturas da copa, como folhas e galhos. No entanto, em relação à câmera Coolpix 990, esses autores não observaram diferenças significativas entre as combinações de dimensão e qualidade da fotografia (básica, normal e alta) e recomendaram o uso da dimensão 640x480 pixels para esta câmera, pois requer menor espaço na memória para armazenamento das fotografias.

Nobis e Hunziker (2005) utilizaram fotografias de 2048x1536 e 1600x1200 pixels para estudos do dossel de povoamentos florestais em clima temperado; segundo esses autores, a maior dimensão da fotografia facilitou a distinção dos pixels que representam o céu e o dossel. Atualmente, em razão da evolução na capacidade de armazenamento e do processamento de dados, são menores as limitações quanto à obtenção de fotografias de maior dimensão, favorecendo a tomada de fotografias que facilitam a separação dos pixels que representam o céu e o dossel.

Outras características das fotografias podem afetar a sua classificação, como a exposição (depende da abertura do diafragma, da velocidade do obturador e da sensibilidade do filme), que pode aumentar o contraste entre céu e dossel (ZHANG et al., 2005); a limiarização, que favorece a separação dos pixels que representam o céu e o dossel (NOBIS e HUNZIKER, 2005), entre outras.

Em ambas as idades de avaliação, a classificação utilizando a tonalidade cinza com limiar automático por meio do software Sidelook 1.1 (SDL²) apresentou maior correlação com o IAF, pelo fato de ter ocorrido melhor separação dos pixels que representam o céu e o dossel (Figura 3).

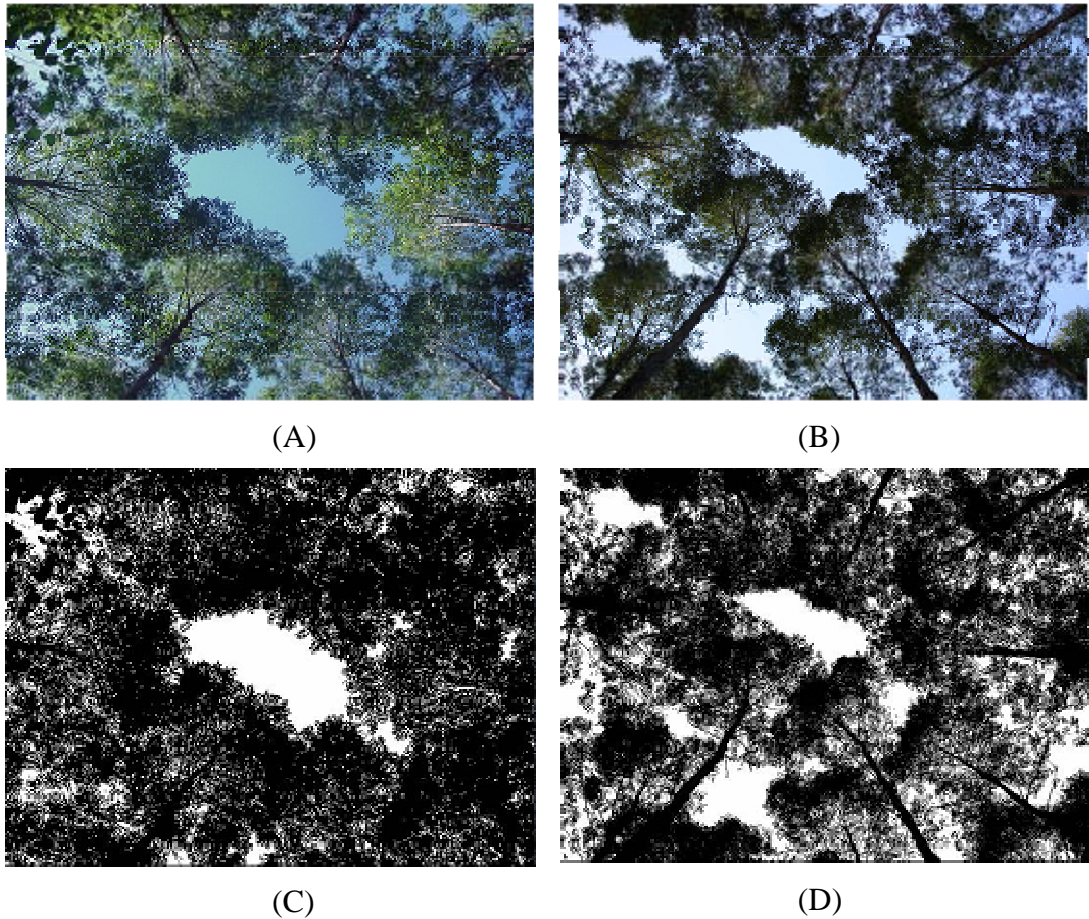


Figura 3. Fotografias obtidas com a câmera Sony MVC FD88 na dimensão de 640x480 pixels, aos 81 meses de idade (A, C), e com a Sony W7 na dimensão de 1280x960 pixels, aos 93 meses de idade (B, D), em seu formato original (A, B) e processadas através do software Sidelook 1.1, utilizando a banda cinza, com o limiar sendo o ponto máximo do valor de borda, definido pelo software (C, D).

As equações de regressão do IAF em função dos ICDs obtidos pelos diferentes métodos de classificação de fotografias digitais, aos 81 meses (Tabela 3), não foram significativas ($p > 0,05$) para os métodos Erdas, GLA e SDL^4 . Assim, estes métodos não são recomendados quando se utilizam fotografias de menor dimensão (640x480 pixels). Para as outras regressões geradas com o SDL^1 , SDL^2 , SDL^3 e SDL^5 , houve significância ($p \leq 0,05$). Estes métodos podem ser utilizados para obtenção do ICD e posterior estimativa do IAF. Cabe ressaltar que, aos 81 meses, o ICD obtido pelo SDL^2 foi o que melhor se correlacionou com o IAF. Aos 93 meses, todas as regressões com IAF em função dos ICDs obtidos pelos vários métodos de classificação das fotografias foram significativas ($p \leq 0,05$), inclusive empregando o Erdas e o GLA, indicando que, quando se utiliza fotografia de maior dimensão, estes

métodos de classificação podem ser utilizados. No entanto, devem-se usar, preferencialmente, os métodos menos morosos e subjetivos. Assim, nesse caso, os métodos de classificação utilizando o software Sidelook 1.1 com limiarização automática, levando-se em conta o ponto máximo do valor de borda, utilizando a função “next”, são os mais recomendados.

Tabela 3. Equações de regressão para estimar o índice de área foliar (IAF) a partir do índice de cobertura do dossel (ICD) obtido por vários métodos de classificação de fotografias digitais, em povoamento de clone de *E. grandis* desramado e desbastado, em Abaeté-MG

Idade (meses)			
81		93	
IAF = 0,32825 + 1,2670(Erdas)	ns	IAF = 0,69207 + 1,4957(Erdas)	*
IAF = 1,05100 + 0,27461(GLA)	ns	IAF = 0,89666 + 1,3747(GLA)	*
IAF = 0,82219 + 0,65252(SDL ¹)	*	IAF = 0,70494 + 1,7684(SDL ¹)	*
IAF = 0,75610 + 0,74137(SDL ²)	*	IAF = 0,62270 + 1,8774(SDL ²)	*
IAF = 0,71074 + 0,78458(SDL ³)	*	IAF = 0,52184 + 2,0152(SDL ³)	*
IAF = 0,83418 + 0,64325(SDL ⁴)	ns	IAF = 0,50991 + 2,1696(SDL ⁴)	*
IAF = 0,80476 + 0,65130(SDL ⁵)	*	IAF = 0,57327 + 1,9555(SDL ⁵)	*

Erdas - Erdas Imagine 8.5; GLA - Gap Ligth Analyzer 2.0; SDL - Sidelook 1.1.01. ns = regressão não-significativa ($p>0,05$); * = regressão significativa ($p\leq 0,05$).

Conclusões

1. A classificação de fotografia digital convencional apresenta potencial para analisar parâmetros do dossel e pode constituir-se numa alternativa eficaz e de baixo custo na obtenção desses parâmetros.

2. O uso de fotografias digitais com maior resolução permite maior diferenciação entre céu e dossel. Contudo, existem variações na acurácia dos dados em função do método utilizado no processamento dessas fotografias, em que o software Sidelook 1.1 foi o mais destacado em relação ao ERDAS Imagine 8,5 e o Gap Ligth Analyser 2.0.

3. O uso da tonalidade cinza no Sidelook 1.1, com limiarização automática, foi o método mais adequado para a classificação das fotografias digitais utilizadas neste trabalho.

Recomendações

As fotografias devem ser obtidas na parte da manhã, evitando-se situações de elevada luminosidade e/ou nebulosidade. Além disso, devem ser ajustadas características associadas à câmara digital, como foco, “white balance”, dimensão da imagem, exposição, entre outros, de forma que promova a mesma condição para todas as fotografias obtidas, bem como maior contraste entre céu e dossel, permitindo uma análise mais precisa das fotografias.

Referências

- ALMEIDA, M.L. de. **Desrama artificial em clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x com diferenças em arquitetura de copa**. 2003. 119f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- CHAVES, R.A. **Dinâmica de copa e crescimento de plantas de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. submetidas a desrama artificial e a desbaste**. 2005. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- CHERRY, M.; HINGSTON, A.; BATTAGLIA, M.; BEADLE, C. Calibrating the LI-COR LAI-2000 for estimating leaf area index in eucalypt plantations. **Tasforests**, v.10, p.75-82, 1998.
- D'ANGIOLELLA, G.L.B.; VASCONCELLOS, V.L.D. BHÍDRICO GD 4.0-2004: planilha eletrônica para calculo do balance hídrico climatológico. **Revista Bahia Agrícola**, v.6, n.3, 2004.
- ERDAS IMAGINE**: Version 8.5. 1999. Atlanta, GA: ERDAS, Inc.
- FRAZER, G.W.; CANHAM, C.D.; LERTZMAN, K.P. **Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0**: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. 1999. Disponível em: <http://www.rem.sfu.ca/forestry/downloads/gap_light_analyzer.htm>. Acesso em: 10 set. 2006.
- FRAZER, G.W.; FOURNIER, R.A.; TROFYMOW, J.A.; HALL, R.J. A comparison of digital and film fisheye photography for analysis of forest canopy structure and gap light transmission. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.109, n.249-263, 2001.

HARDY, J.P.; MELLOH, R.; KOENIG, G.; MARKS, D.; WINSTRAL, A.; POMEROY, J.W.; LINK, T. Solar radiation transmission through conifer canopies. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.126, p.257-270, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/mapas/imagens/mg_mapa_gde.gif>. Acesso em: 28 dezembro 2006.

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

JONCKHEERE, I.; FLECK, S.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; COPPIN, P.; WEISS, M.; BARET, F. Review of methods for in situ leaf area index determination. Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.121, p.19-35, 2004.

LEBLANC, S.G.; CHEN, J.M. A practical scheme for correcting multiple scattering effects on optical LAI measurements. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.110, p.125-139, 2001.

LEBLANC, S.G.; CHEN, J.M.; FERNANDES, R.; DEERING, D.W.; CONLEY, A. Methodology comparison for canopy structure parameters extraction from digital hemispherical photography in boreal forests. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.129, p.187-207, 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. 200f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

LINHARES, C.A.; PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. Relação entre volume de madeira e índice de área foliar em um povoamento de *Pinus* spp.: estudo de caso. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.24, n.1, p.47-54, 2000.

MACFARLANE, C.; COOTE, M.; WHITE, D.A.; ADAMS, M.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.

NOBIS, M. **SideLook 1.1:** Imaging software for the analysis of vegetation structure with true-colour photographs. 2005. Disponível em: <<http://www.appleco.ch>>. Acesso em: 20 set. 2006.

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

- PEZZOPANE, J.E.M.; REIS, G.G. dos; REIS, M.G.F.; COSTA, J.M.N.da. Caracterização da radiação solar em fragmento da Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.13, n.1, p.11-19, 2005.
- 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
- VILLA NOVA, N.A.; MOREIRA, P.R.; PEREIRA, A.B. Eficiência de captura de energia solar por dosséis de *Eucalyptus pellita* f. Muell sob várias densidades de plantio. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.2, p.269-274, 2003.
- WAGNER, S. Calibration of grey values of hemispherical photographs for image analysis. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.90, p.103-117, 1998.
- WAGNER, S. Relative radiance measurements and zenith angle dependent segmentation in hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.107, n.2, p.103-115, 2001.
- WEISS, M.; BARET, F.; SMITH, G.J.; JONCKHEERE, I.; COPPIN, P. Review of methods for in situ leaf area index (LAI) determination. Part II: Estimation of LAI, errors and sampling. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.121, p.37-53, 2004.
- XAVIER, A.C.; SOARES, J.V.; ALMEIDA, A.C. de. Variação do índice de área foliar em clones de eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.4, p.421-427, 2002.
- XAVIER, A.C.; VETTORAZZI, C.A. Leaf area index of ground covers in a subtropical watershed. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.3, p.425-431, 2003.
- 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

ESTRUTURA DO DOSSEL DE POVOAMENTO DE CLONE DE *Eucalyptus grandis* SUBMETIDO A DESRAMA E DESBASTE

Resumo – O índice de área foliar (IAF) obtido com o LAI-2000 e o índice de cobertura de dossel (ICD) obtido por fotografias digitais foram avaliados em povoamentos de clone de *Eucalyptus grandis*, submetidos à desrama, iniciando-se aos 16, 20 e 28 meses, e ao desbaste (0 e 35% do número total de mudas plantadas), aos 55 meses de idade, na região de cerrado. Aos 93 meses de idade, o IAF e o ICD não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre tratamentos de desrama e na interação desrama - desbaste, nas três idades (16, 20 e 28 meses) de início da intervenção de desrama. Contudo, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$), para estas variáveis, entre os tratamentos de desbaste em todas as idades de primeira intervenção de desrama. O IAF e o ICD, aos 93 meses de idade, foram, respectivamente, 13,8 e 6,9% menores no povoamento desbastado em relação ao não-desbastado; esses valores corresponderam a 28,0 e 16,9% por ocasião do desbaste, ou seja, houve recomposição substancial da cobertura do dossel três anos após o desbaste. O IAF e o ICD mostraram-se eficientes em detectar variações no dossel ocorridas ao longo da seqüência de idades e, conjuntamente, podem ser utilizados para definir o momento de realizar desbaste em povoamentos florestais.

Palavras-chave: Índice de cobertura de dossel, índice de área foliar, fotografia digital, estrutura de dossel, desrama artificial, desbaste.

Abstract – Leaf area index (LAI) obtained with LAI-2000 and canopy coverage index (CCI) obtained from digital photography were evaluated in *Eucalyptus grandis* stands submitted to different intensity and frequency of artificial pruning, with the first intervention starting at the ages of 16, 20 or 28 months, and to thinning at the age of 55 months. By the age of 93 months, there were no significant differences ($p>0.05$) between pruning treatments and for the interaction of pruning with thinning, for LAI and CCI. These variables differed significantly ($p\leq 0.05$) with thinning, independently of the age of the first pruning intervention. At this age, LAI and CCI were, respectively, 13.8 % and 6.9 % higher in thinned stands, as compared to non thinned ones. At pruning time, at the age of 55 months, these values were 28,0 % and 16,9 %, which indicates that there was a substantial canopy cover recovery in the thinned stands. The overall results suggests that leaf area index and canopy coverage index obtained over age sequences can be helpful to define at which age thinning should be applied to forest stands.

Key words: Canopy coverage index, leaf area index, digital photograph, crown structure, artificial pruning, thinning.

Introdução

A interceptação da luz pelo dossel das plantas é condicionada pela estrutura da copa, que pode ser caracterizada por meio do índice de área foliar (IAF). O IAF, além de fornecer informações sobre a estrutura de dossel, pode estar relacionado com alterações microclimáticas no interior de povoamentos (LINHARES et al., 2000; XAVIER e VETTORAZZI, 2003), devido à sua relação com a evapotranspiração, à atenuação da radiação (ALMEIDA e SOARES, 2003) e à produtividade (XAVIER et al., 2002). Esse índice pode se alterar com a espécie, a idade do povoamento, a época do ano, a disponibilidade hídrica e de nutrientes e as condições de manejo (JONCKHEERE et al., 2004; WHITEHEAD et al., 2004). Montagu et al. (2003) mencionam valores de IAF para florestas de eucalipto variando de 2 a 9, sendo os maiores valores obtidos para florestas irrigadas e adubadas. Lima (2003) estimou valores de 0,27 a 2,94 em povoamentos de clone de eucalipto com diferentes tratamentos de desrama artificial, em idades variando de 16 a 45 meses, tendo sido observada redução nos valores de IAF quando as medições eram realizadas em

período de deficiência hídrica. Stape (2002) relatou aumento de IAF até uma determinada idade e subsequente redução substancial com o aumento da idade, especialmente após o fechamento do dossel, possivelmente devido à redução na qualidade de sítio.

O IAF pode ser estimado indiretamente por meio de sensores que medem a radiação transmitida através do dossel (JONCKHEERE et al., 2004), destacando-se o equipamento LAI-2000; todavia, esse equipamento apresenta custo relativamente elevado. Alternativas menos onerosas estão sendo testadas, como fotografias hemisféricas (LEBLANC et al., 2005; ZHANG et al., 2005; JONCKHEERE et al., 2004; MACFARLANE et al., 2000, entre outros), que também podem descrever a estrutura do dossel do povoamento. Entretanto, as fotografias hemisféricas obtidas a partir de filme precisam ser escaneadas para então ser processadas (HALE e EDWARDS, 2002) e, quando obtidas por processo digital, requerem câmeras equipadas com lentes olho-de-peixe, elevando o seu custo (CHAVES, 2005).

Fotografias digitais convencionais, que apresentam custo relativamente baixo, foram usadas por Chaves (2005) para obtenção do índice de cobertura do dossel (ICD) de povoamentos de eucalipto. Przeszlowska et al. (2006) também utilizaram fotografia digital tomada de cima para baixo, visando a obtenção de índice de área verde em pastagem de baixo porte. Em ambos os casos, foi constatada a necessidade de melhorias para aperfeiçoamento deste método.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a dinâmica do dossel de povoamentos de clone de eucalipto submetidos à desrama e ao desbaste, para avaliar a capacidade de recomposição do dossel após intervenções de manejo, utilizando-se dados de índice de área foliar e de índice de cobertura de dossel obtido com fotografias digitais.

Material e métodos

O presente estudo foi realizado em um povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden (clone 24504), estabelecido em novembro de 1998, no espaçamento 3 x 3 m, no município de Abaeté, MG (latitude de 19°15'94''S, longitude de 45°44'56''O e altitude de 647 m). Os solos da região são classificados como Latossolos Vermelho-Amarelo. A temperatura média anual é de 20,74°C; a precipitação média anual, de 1.350 mm; déficit hídrico anual de 142 mm (abril e outubro); e a evapotranspiração potencial média anual, de 1.216 mm, para o período de 1999 a 2005.

As plantas foram submetidas a diferentes tratamentos de desrama artificial, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições (Lima, 2003). Foram combinadas diferentes intensidades (altura de remoção dos galhos a partir do solo) e frequências de desrama (número de intervenções necessárias para atingir seis metros de fuste livre de galhos na planta), em três idades (16, 20 e 28 meses) de início da intervenção da desrama (Tabelas 1 e 2). As parcelas foram constituídas de quatro fileiras, com 20 plantas cada. A área da parcela útil foi de 180 m² e constituiu de 20 plantas, distribuídas nas duas linhas centrais (10 plantas em cada linha), a partir da quinta linha (Figura 1).

Aos 55 meses de idade, foi realizado no povoamento desbaste seletivo (0 e 35% do número total de mudas plantadas). Foram eliminadas árvores suprimidas, com tortuosidade, com injúrias ou com bifurcação. Foi considerada, também, a distribuição espacial das plantas a serem eliminadas, para evitar a formação de grandes clareiras (Chaves, 2005).

O índice de área foliar (IAF) e as tomadas de fotografias digitais foram obtidos em três pontos de cada parcela útil (Figura 1), totalizando 54 pontos de amostragem, quando a primeira intervenção de desrama se iniciou aos 16 e 20 meses, e 36 pontos, quando a desrama se iniciou aos 28 meses. O IAF e as fotografias digitais foram obtidos aos 55, 61, 68, 81 e 93 meses de idade, para os povoamentos desbastado e não-desbastado.

Tabela 1. Tratamentos de desrama (intensidade e frequência) aplicados em plantas do clone 24504, de *Eucalyptus grandis*, submetidas à primeira intervenção aos 16 e 20 meses de idade, em Abaeté, MG

Tratamento	Altura parcial de desrama (m)				Altura total de desrama (m)
	16 ¹ e 20 ¹ meses	20 e 28 meses	28 e 33 meses	45 meses	
T1 - Testemunha	----	----	----	----	----
T2 - 0,5+0,5+2,0+3,0	0,5 ²	0,5 ³	2,0 ³	3,0 ³	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

¹Dezesseis e vinte meses constituem as idades em que foi realizada a primeira intervenção de desrama; ²altura de desrama a partir do nível do solo; ³altura de desrama a partir da primeira, segunda e, ou terceira intervenções de desrama.

Tabela 2. Tratamentos de desrama (intensidade e frequência) aplicados em plantas do clone 24504, de *Eucalyptus grandis*, submetidas à primeira intervenção aos 28 meses de idade, em Abaeté, MG

Tratamento	Altura parcial de desrama (m)			Altura total de desrama (m)
	28 meses	33 meses	45 meses	
T1 - Testemunha	----	----	----	----
T7 - 1,0+2,0+3,0	1,0 ¹	2,0 ²	3,0 ²	6,0
T8 - 1,5+1,5+3,0	1,5	1,5	3,0	6,0
T9 - 3,0+0,0+3,0	3,0	0,0	3,0	6,0

¹Altura de desrama a partir do nível do solo; ²altura de desrama a partir da primeira e, ou, segunda intervenções de desrama.

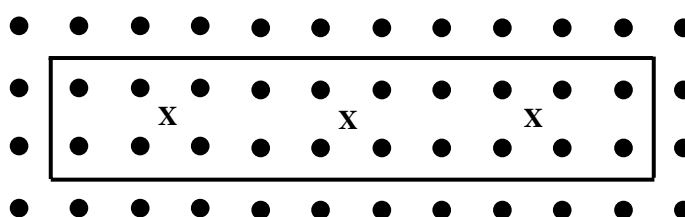


Figura 1. Representação da parcela experimental com as posições de coleta de dados para análise do dossel do povoamento (X = local de coleta de dados do IAF e das fotografias digitais).

O índice de área foliar (IAF) foi estimado com o analisador de dossel (Licor, LAI-2000), utilizando dois sensores LI-2050. Um dos sensores foi instalado em área aberta próximo às parcelas e o outro no interior do povoamento. As leituras foram

realizadas sob luz difusa, antes do amanhecer e ao entardecer, pois nesses horários ocorre predomínio dessa radiação.

O índice de cobertura de dossel (ICD) foi obtido a partir da tomada de fotografia digital colorida, no modo automático, a aproximadamente 0,5 m do solo, nos mesmos pontos de amostragem do IAF. A câmera foi colocada sobre tripé de madeira e orientada na direção da entrelinha, com a lente apontada para o céu. Aos 55, 61, 68 e 81 meses de idade, as fotografias digitais foram obtidas com a câmera Sony MVC FD88, com dimensão de 640x480 pixels, enquanto, aos 93 meses, foi utilizada a câmera Sony W7, sendo as fotografias obtidas com dimensão de 1280x960 pixels. 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 as copas das árvores.

As fotografias digitais foram classificadas por meio do software Sidelook 1.1 (NOBIS, 2005), adotando-se tonalidades de cinza e limiarização automática, considerando o ponto máximo do valor de borda, utilizando a função “next”. O ICD foi obtido pela razão entre a quantidade de pixels pretos e o total de pixels da fotografia. Esse processamento foi usado com base nos resultados da comparação de diferentes métodos de processamento de fotografias digitais, para estimativa do IAF (capítulo 1).

Os dados de IAF e ICD foram comparados aos 93 meses de idade por meio de análise de variância (teste F) e teste t de Wilcoxon (quando as pressuposições da Anova não foram atendidas). Foram utilizados, também, modelos polinomiais para descrever o IAF e o ICD, ao longo de uma seqüência de idade, após o desbaste.

Resultados e discussão

Aos 93 meses de idade não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) para o índice de área foliar (IAF) entre os tratamentos de desrama e na interação desrama - desbaste, nas três idades (16, 20 e 28 meses) de início da desrama. Lima (2003) verificou rápida recomposição de copa após a realização 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. Entretanto, no presente estudo, foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para o IAF entre tratamentos de desbaste, nas três idades de início de aplicação da desrama, pelo teste F (16 e 28 meses) e teste t de Wilcoxon (20 meses).

Chaves (2005), imediatamente após o desbaste, constatou que o IAF, no povoamento desbastado, foi 28,6, 27,8 e 27,5% menor do que o observado no povoamento não-desbastado, respectivamente, nas três idades de primeira intervenção de desrama. Aos 93 meses estes valores foram 11,7, 17,9 e 11,9% (Tabela 3). Esse resultado indica que houve recomposição substancial da cobertura do dossel três anos após o desbaste, mesmo não havendo suplementação de fertilizante às árvores remanescentes.

O IAF apresentou pico aos 61 meses (Figura 2), seguido de decréscimo acentuado, possivelmente em consequência da redução da qualidade de sítio. Reis et al. (1985) observaram redução na biomassa de folhas a partir dos 38 e 32 meses de idade, em sítio de melhor e pior qualidade, respectivamente. No sítio de pior qualidade foi verificado posterior aumento na biomassa de folhas, aos 67 meses de idade, enquanto no de melhor qualidade a biomassa de folhas decresceu até a última avaliação, aos 73 meses. Foi sugerido que a diminuição na biomassa de folhas decorreu da redução na qualidade de sítio, uma vez que o povoamento estudado recebeu apenas a adubação de implantação. A recuperação no sítio de pior qualidade, aos 67 meses, pode ter sido decorrente da liberação de nutrientes pela ciclagem biogeoquímica, principalmente com a decomposição de folhas senescentes. Isso pode explicar a variação observada no IAF, tanto no povoamento desbastado quanto no não-desbastado, no presente trabalho. Além disso, o IAF varia em função da idade da planta (ALMEIDA, 2003; LIMA, 2003) e, principalmente, dos materiais genéticos (XAVIER et al., 2002; ALMEIDA, 2003).

Aos 93 meses de idade não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) para o índice de cobertura do dossel (ICD) entre os tratamentos de desrama e para a interação desrama - desbaste. Contudo, foi constatada diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre tratamentos de desbaste quando a primeira intervenção de desrama foi realizada aos 16 (teste F), 20 e 28 meses (teste t de Wilcoxon) de idade. O ICD foi 9,4, 4,9 e 6,5% inferior no povoamento desbastado, em relação ao não-desbastado (Tabela 3), quando as primeiras intervenções foram feitas aos 16, 20 e 28 meses, respectivamente. Assim como para o IAF, aos 55 meses de idade, imediatamente

após o desbaste, essa diferença foi mais elevada, tendo sido de 16,7, 18,1 e 15,9 % (CHAVES, 2005).

Tabela 3. Índice de área foliar (IAF) e índice de cobertura de dossel (ICD), aos 93 meses de idade, em povoamento do clone 24504 de *Eucalyptus grandis* submetido à desrama e ao desbaste, em Abaeté-MG

Tratamento	Desbastado		Não-desbastado	
	IAF	ICD	IAF	ICD
Primeira intervenção aos 16 meses				
Testemunha	1,72	0,55	1,96	0,65
0,5+0,5+2,0+3,0	1,61	0,57	2,00	0,65
0,5+1,0+1,5+3,0	1,80	0,61	1,89	0,63
1,0+1,0+1,0+3,0	1,83	0,63	1,92	0,62
1,0+0,0+2,0+3,0	1,74	0,57	1,98	0,65
1,5+0,0+1,5+3,0	1,67	0,57	2,04	0,65
Média	1,73	0,58	1,96	0,64
Primeira intervenção aos 20 meses				
Testemunha	1,72	0,55	1,96	0,65
0,5+0,5+2,0+3,0	1,65	0,59	2,03	0,60
0,5+1,0+1,5+3,0	1,66	0,57	2,06	0,63
1,0+1,0+1,0+3,0	1,52	0,59	2,00	0,59
1,0+0,0+2,0+3,0	1,65	0,58	1,94	0,60
1,5+0,0+1,5+3,0	1,71	0,60	2,09	0,60
Média	1,65	0,58	2,01	0,61
Primeira intervenção aos 28 meses				
Testemunha	1,72	0,55	1,96	0,65
1,0+2,0+3,0	1,59	0,56	1,79	0,60
1,5+1,5+3,0	1,59	0,60	1,77	0,62
3,0+0,0+3,0	1,62	0,61	1,87	0,60
Média	1,63	0,58	1,85	0,62

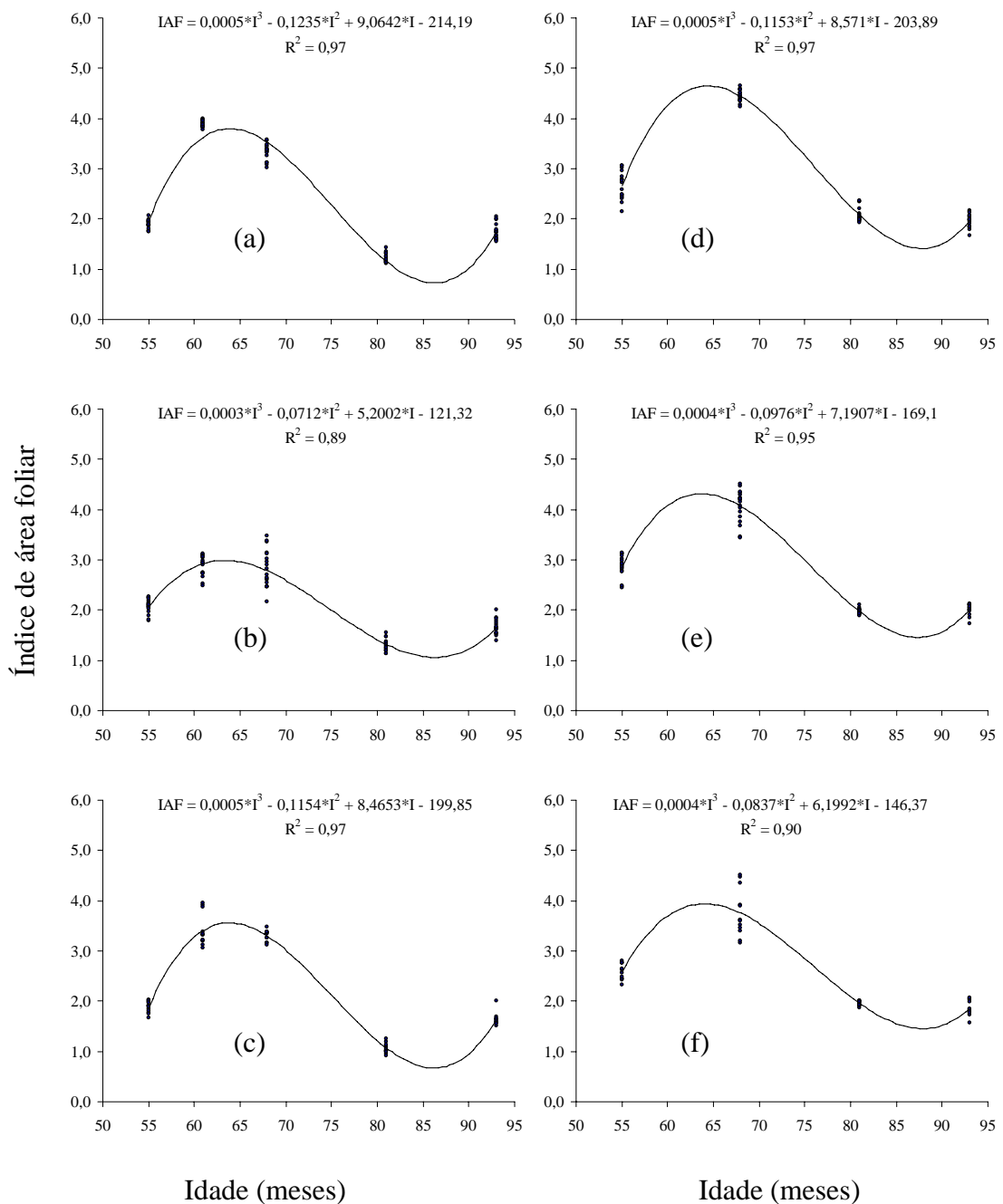


Figura 2. Índice de área foliar em diferentes idades, obtido através de polinômio de terceiro grau, para os tratamentos de desrama artificial iniciados aos 16 (a, d), 20 (b, e) e 28 (c, f) meses de idade, em povoamentos desbastado (a, b e c) e não-desbastado (c, d e f), para o clone 24504 de *Eucalyptus grandis*, em Abaeté-MG.

A variação do ICD, ao longo de uma seqüência de idade após o desbaste, foi diferente em relação ao IAF (Figura 3). Para este índice, o modelo quadrático foi o que melhor se adequou para descrever essa variação. O ICD apresentou pico aos 81

meses de idade, no povoamento desbastado, diferente do observado para o IAF, que foi aos 61 meses de idade. Apesar da potencialidade do uso de fotografias digitais para caracterização do dossel, o uso dessa informação em substituição ao IAF ainda requer aperfeiçoamentos, conforme também enfatizado por Chaves (2005) e Przeszlowska et al. (2006).

Analisados em conjunto, os resultados de IAF e ICD indicam que houve recomposição do dossel em decorrência da aplicação da desrama. Contudo, em relação ao desbaste, essa recomposição ainda não está completa, indicando que a realização do segundo desbaste, neste povoamento, deverá ocorrer após redução das diferenças no dossel entre o povoamento desbastado e o não-desbastado. Ou seja, com base nos dados de dinâmica de copa, é possível planejar a idade de realização do desbaste.

Considerando que a redução entre IAF e ICD nos povoamentos desbastado e não-desbastado continue com a mesma taxa, dentro de, no máximo, dois anos esses povoamentos deverão apresentar praticamente o mesmo IAF e ICD, indicando que a segunda intervenção de desbaste deve ocorrer nesse período. Ressalta-se, porém, que esse desbaste deve ser realizado antes da estagnação da cobertura do dossel, pois, quando ocorre esse fato, as folhas da parte basal possivelmente não estarão fotossintetizando em sua capacidade máxima. Segundo Tschaplinski e Blake (1989), após a desbrota em *Populus deltoides* Bartr. x *nigra* L. I-262(DN22) e *Populus maximowiczii* x *nigra* L. MN9 ocorre aumento considerável na taxa fotossintética das folhas remanescentes, possivelmente em razão do aumento da exposição das folhas à radiação, entre outros.

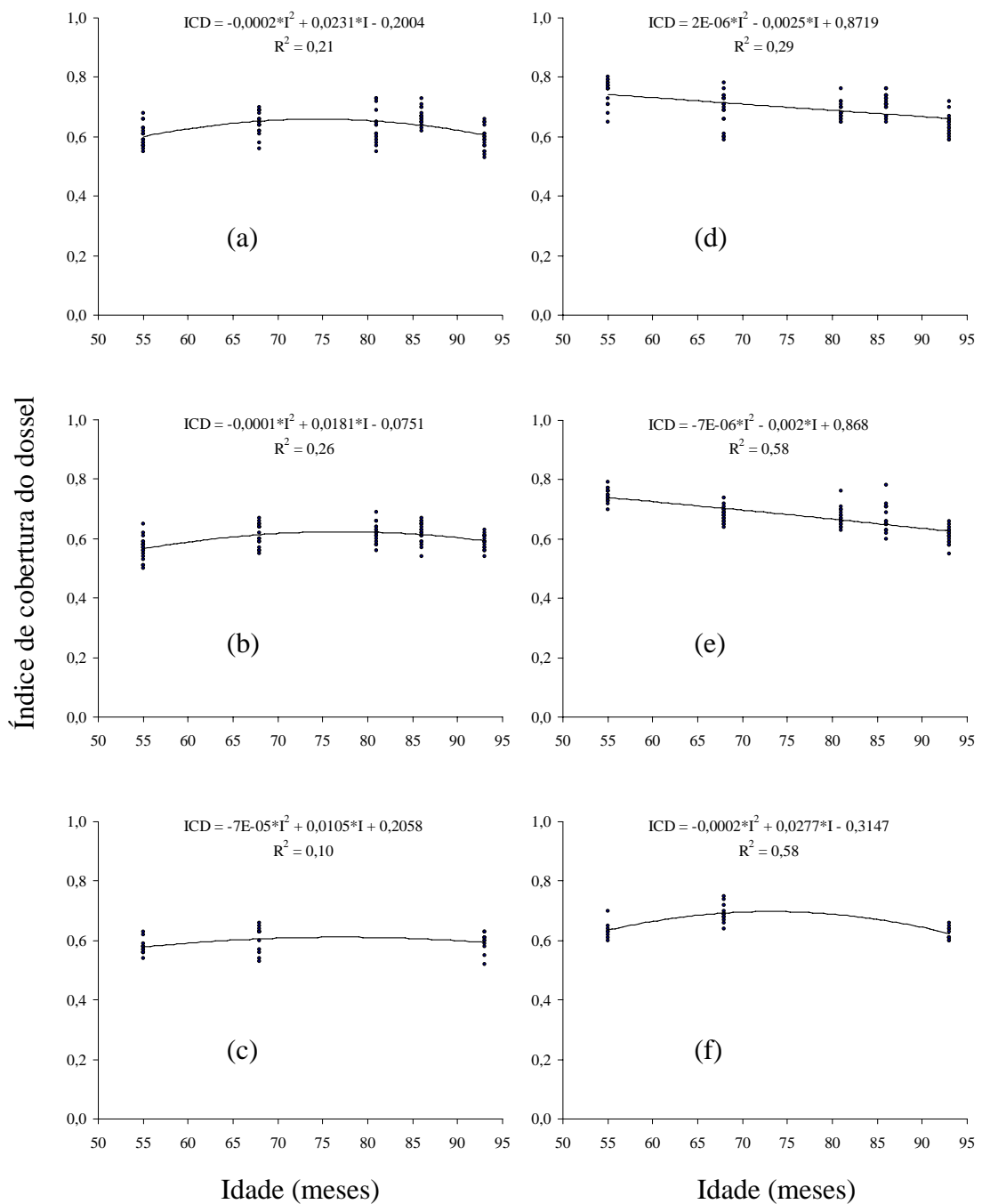


Figura 3. Índice de cobertura de dossel em diferentes idades, obtido através de modelo quadrático, para os tratamentos de desrama artificial iniciados aos 16 (a, d), 20 (b, e) e 28 (c, f) meses de idade, em povoamentos desbastado (a, b e c) e não-desbastado (c, d e f), para o clone 24504 de *Eucalyptus grandis*, em Abaeté-MG.

Conclusões

1. O índice de área foliar e o índice de cobertura do dossel ao longo de uma seqüência de idade indicaram que a segunda intervenção de desbaste poderia ser realizada dentro de, no máximo, dois anos após a última avaliação da dinâmica de copa. Ou seja, essas variáveis auxiliam na elaboração de plano de desbaste de um povoamento florestal.

2. O uso de fotografias digitais constituiu-se em ferramenta adequada para avaliação da estrutura de dossel, através da obtenção do ICD, havendo, porém, necessidade de continuar aprimorando o método de obtenção e processamento dessas fotografias.

Referências

ALMEIDA, M.L. de. **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-MG.

ALMEIDA, A.C. de; SOARES, J.V. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.2, p.159-170, 2003

CHAVES, R.A. **Dinâmica de copa e crescimento de plantas de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetidas a desrama artificial e a desbaste.** 2005. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

HALE, S.E.; EDWARDS, C. Comparison of film and digital hemispherical photography across a wide range of canopy densities. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.112, p.51-56, 2002.

JONCKHEERE, I.; FLECK, S.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; COPPIN, P.; WEISS, M.; BARET, F. Review of methods for in situ leaf area index determination. Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.121, p.19-35, 2004.

LEBLANC, S.G.; CHEN, J.M.; FERNANDES, R.; DEERING, D.W.; CONLEY, A. Methodology comparison for canopy structure parameters extraction from digital hemispherical photography in boreal forests. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.129, p.187-207, 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. 200f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- LINHARES, C.A.; PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. Relação entre volume de madeira e índice de área foliar em um povoamento de *Pinus* spp.: estudo de caso. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.24, n.1, p.47-54, 2000.
- MACFARLANE, C.; COOTE, M.; WHITE, D.A.; ADAMS, M.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.
- 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.
- NOBIS, M. **SideLook 1.1**: Imaging software for the analysis of vegetation structure with true-colour photographs. 2005. Disponível em: <<http://www.appleco.ch>>. Acesso em: 20 set. 2006.
- PRZESZŁOWSKA, 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.
- 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.
- STAPE, J.L. **Production ecology of clonal *Eucalyptus* plantations in northeastern Brazil**. 2002. 225p. (Thesis PhD) – Colorado State University, USA.
- TSCHAPLINSKI, J.T.; BLAKE, T.J. Photosynthetic revigoration of leaves following shoot decapitation and accelerated growth of coppice shoots. **Physiologia Plantarum**, v.75, p.157-165, 1989.
- WHITEHEAD, D.; BEADLE, C. L. Physiological regulation of productivity and water use in *Eucalyptus*: a review. **Forest Ecology and Management**, v.193, p.113-140, 2004.
- XAVIER, A.C.; SOARES, J.V.; ALMEIDA, A.C. de. Variação do índice de área foliar em clones de eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.4, p.421-427, 2002.
- XAVIER, A.C.; VETTORAZZI, C.A. Leaf area index of ground covers in a subtropical watershed. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.3, p.425-431, 2003.

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 3

AValiação DO Crescimento DE Eucalipto submetido A Desrama E Desbaste

Resumo – O crescimento de plantas de clone de *Eucalyptus grandis* submetidas à desrama, iniciando-se aos 16, 20 e 28 meses de idade, e ao desbaste (0 e 35% do número total de mudas plantadas), aos 55 meses de idade, foi avaliado entre 55 e 93 meses de idade, na região de cerrado. Aos 93 meses de idade não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) para diâmetro a 1,3 m de altura (DAP), altura total (Ht), volume com casca, incremento periódico anual pós-desbaste (IPA) e incremento médio anual (IMA) entre os tratamentos de desrama artificial, para as três idades de primeira intervenção de desrama. Entretanto, com remoção superior a 60% da área foliar total, houve predominância de indivíduos em classes diamétricas inferiores, conforme distribuição de Weibull. A altura total variou significativamente ($p \leq 0,05$), em função do desbaste, independentemente da idade da primeira intervenção de desrama, sendo maior no povoamento não-desbastado. O volume com casca, o IPA e o IMA foram significativamente ($p \leq 0,05$) mais elevados (7,9, 23,0 e 7,3%, respectivamente), para o povoamento desbastado, somente quando a primeira intervenção de desrama foi aplicada aos 20 meses de idade. O povoamento não-desbastado já se encontra com o crescimento estagnado, enquanto no desbastado essa

estagnação estaria ocorrendo entre 100 e 110 meses de idade da planta, quando se deveria proceder à segunda intervenção do desbaste.

Palavras-chave: Crescimento de plantas, desbaste, desrama artificial.

Abstract – The growth of *Eucalyptus grandis* clone plants, submitted to artificial pruning starting at the ages of 16, 20 and 28 months and, to thinning (0 and 35% of the total planted seedlings) at the age of 55 months, were evaluated between the ages of 55 and 93 months, in the “cerrado” region. At the age of 93 months, there were no significant differences ($p > 0,05$) for the diameter at 1.3 m height (*DBH*), total height (*Ht*), volume outside bark, periodic annual increment after thinning (*PAI*) and mean annual increment (*MAI*) between artificial pruning treatments. Therefore, by removing more than 60 % of total leaf area, a greater proportion of trees was allocated into lower diameter classes, according do Weibull distribution. Total height was significantly ($p \leq 0,05$) higher in the non-thinned stand as compared to the thinned one, independently of the age pruning was first applied. The volume outside bark, *PAI* and *MAI* varied significantly ($p \leq 0,05$) with thinning, only when pruning started at the age of 20 months, being, respectively, 7.9, 23.0 and 7.3 % greater in the thinned stand, in comparison to the non-thinned one. It was observed that growth had already been stagnated in the non thinned stand, whereas, in the thinned stand, this stagnation may occur around the age of 100-110 months, when the second thinning intervention should be applied.

Key words: plant growth, thinning, artificial pruning.

Introdução

Existe crescente demanda de madeira de eucalipto para a indústria moveleira e construção civil, em razão, principalmente, da redução na disponibilidade de madeiras extraídas de florestas nativas. A madeira de eucalipto utilizada pelas serrarias tem sido proveniente principalmente de povoamentos em idades avançadas, ou seja, com elevado diâmetro, porém estabelecidos para produção de carvão ou para outras finalidades. Essa madeira não apresenta características adequadas à produção de madeira serrada, sendo usualmente observados defeitos após o seu desdobro, o

que, muitas vezes, inviabiliza o seu uso para fins mais nobres, como a produção de móveis.

A demanda de madeira de qualidade e com grandes dimensões tem estimulado, recentemente, o uso da desrama artificial e do desbaste. A desrama artificial possibilita a obtenção de madeira serrada livre de nós (PIRES, 2000; ALMEIDA, 2003; MONTAGU et al., 2003; PINKARD e NEILSEN, 2003; PINKARD, 2003; POLLI et al., 2006), enquanto o desbaste favorece a obtenção de árvores com maior diâmetro (NOGUEIRA et al., 2001; DIAS et al., 2005; LEITE et al., 2005; NOGUEIRA et al., 2005), em razão da redução da competição entre indivíduos remanescentes por recursos de crescimento (FORRESTER et al., 2003).

Alguns estudos indicam que a desrama artificial não influencia significativamente o crescimento em diâmetro, altura e volume das árvores em florestas de eucalipto, principalmente quando o material genético tem capacidade de recompor rapidamente sua área foliar ou a remoção de área foliar é reduzida e constitui-se, principalmente, das folhas basais que já se encontram em processo de senescência (ALMEIDA, 2003; LIMA, 2003). Contudo, remoções drásticas de ramos das árvores implicam retirada de folhas da porção mediana da copa com elevada capacidade fotossintética e podem interferir negativamente no crescimento das plantas, principalmente quando não ocorre imediata recomposição de copa (PIRES et al., 2002; PINKARD, 2003). Desse modo, a definição adequada da intensidade, da frequência e da idade das plantas, por ocasião da aplicação da desrama artificial, evita comprometer o crescimento destas, além de manter o núcleo nodoso reduzido, o que favorece a produção de madeira limpa (POLLI et al., 2006). Com o manejo do povoamento através do desbaste para favorecer a formação de troncos com maiores dimensões, o volume de madeira limpa deve aumentar substancialmente, agregando valor à floresta, o que cobre os custos envolvidos na aplicação da desrama e do desbaste.

Os efeitos da desrama artificial e do desbaste, em geral, são analisados separadamente, considerando, principalmente, o crescimento do tronco. Uma análise da interação dessas duas práticas silviculturais em um povoamento de clone de eucalipto foi realizada por Chaves (2005). Diante dessa carência de estudos, torna-se importante realizar trabalhos que avaliem os benefícios da desrama e do desbaste na produção de toras de grandes dimensões com elevada proporção de madeira limpa.

O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento de um povoamento de clone de *Eucalyptus grandis* submetido a diferentes intensidades e frequências de desrama artificial e desbaste, em Abaeté, Minas Gerais.

Material e métodos

O presente estudo foi realizado em um povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden (clone 24504), estabelecido em novembro de 1998, no espaçamento 3 x 3 m, no município de Abaeté, MG (latitude de 19°15'94''S, longitude de 45°44'56''O e altitude de 647 m). Os solos da região são classificados como Latossolos Vermelho-Amarelo. A temperatura média anual é de 20,74°C; a precipitação média anual, de 1.350 mm; o déficit hídrico anual, de 142 mm (abril e outubro); e a evapotranspiração potencial média anual, de 1.216 mm, para o período de 1999 a 2005.

As plantas foram submetidas a diferentes tratamentos de desrama artificial, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições (Lima, 2003). Foram combinadas diferentes intensidades (altura de remoção dos galhos a partir do solo) e frequências de desrama (número de intervenções necessárias para atingir seis metros de fuste livre de galhos na planta), em três idades (16, 20 e 28 meses) de início da intervenção da desrama (Tabelas 1 e 2). As parcelas foram constituídas de quatro fileiras, com 20 plantas cada. A área da parcela útil foi de 180 m² e constituiu de 20 plantas, distribuídas nas duas linhas centrais (10 plantas em cada linha), a partir da quinta linha (Figura 1).

Aos 55 meses de idade, foi realizado, no povoamento, desbaste seletivo (0 e 35% do número total de mudas plantadas). Foram eliminadas árvores suprimidas, com tortuosidade, com injúrias ou com bifurcação. Foi considerada, também, a distribuição espacial das plantas a serem eliminadas, para evitar a formação de grandes clareiras (CHAVES, 2005).

O crescimento das plantas foi avaliado através de medições de diâmetro a 1,3 m de altura (DAP) e da altura total (Ht) das árvores, aos 55, 68, 81 e 93 meses de idade. A partir de dados de cubagem, procedeu-se à determinação do volume com

Tabela 1. Tratamentos de desrama (intensidade e frequência) aplicados em plantas do clone 24504, de *Eucalyptus grandis*, submetidas à primeira intervenção aos 16 e 20 meses de idade, em Abaeté, MG

Tratamento	Altura parcial de desrama (m)				Altura total de desrama (m)
	16 ¹ e 20 ¹ meses	20 e 28 meses	28 e 33 meses	45 meses	
T1 - Testemunha	----	----	----	----	----
T2 - 0,5+0,5+2,0+3,0	0,5 ²	0,5 ³	2,0 ³	3,0 ³	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

¹Dezesseis e vinte meses constituem as idades em que foi realizada a primeira intervenção de desrama; ²altura de desrama a partir do nível do solo; ³altura de desrama a partir da primeira, segunda e, ou terceira intervenções de desrama.

Tabela 2. Tratamentos de desrama (intensidade e frequência) aplicados em plantas do clone 24504, de *Eucalyptus grandis*, submetidas à primeira intervenção aos 28 meses de idade, em Abaeté, MG

Tratamento	Altura parcial de desrama (m)			Altura total de desrama (m)
	28 meses	33 meses	45 meses	
T1 - Testemunha	----	----	----	----
T7 - 1,0+2,0+3,0	1,0 ¹	2,0 ²	3,0 ²	6,0
T8 - 1,5+1,5+3,0	1,5	1,5	3,0	6,0
T9 - 3,0+0,0+3,0	3,0	0,0	3,0	6,0

¹Altura de desrama a partir do nível do solo; ²altura de desrama a partir da primeira e, ou, segunda intervenções de desrama.

casca, pelo método de Smalian, sendo ajustado o modelo de Schumacher & Hall (1937), para determinação do volume para as demais plantas. Determinaram-se, também, o incremento periódico anual (IPA), após a realização do desbaste, e o incremento médio anual (IMA). Para o povoamento não-desbastado foi feita uma simulação do desbaste, a fim de permitir a avaliação de DAP, Ht, volume com casca, IPA e IMA somente das árvores que deveriam permanecer no povoamento, caso tivesse ocorrido o desbaste.

Os dados de DAP, Ht, volume com casca, IPA e IMA foram comparados aos 93 meses por meio da análise de variância (teste F) e do teste t de Wilcoxon (quando as pressuposições da Anova não foram atendidas).

A frequência de árvores em classes diamétricas, para cada tratamento de desrama, aos 93 meses de idade, foi avaliada pelo ajuste da distribuição de Weibull.

Com o objetivo de estimar a produção volumétrica entre os tratamentos de desrama para os povoamentos desbastado e não-desbastado, em função da idade, ajustou-se o seguinte modelo:

$$\text{Ln}Y = \beta_0 + \beta_1\left(\frac{1}{I}\right) + \varepsilon$$

Em que:

Y = volume com casca (m^3/ha);

I = idade do povoamento, em meses;

β_0 e β_1 = parâmetros do modelo; e

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

Após esses ajustes, aplicou-se o teste de identidade de modelo, com o objetivo de avaliar a igualdade de equações, entre os tratamentos de desrama, para cada idade de primeira intervenção. Nos tratamentos em que não houve diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste F entre as equações, ajustou-se um único modelo para estimar o volume com casca.

Resultados e discussão

Não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) no crescimento em diâmetro a 1,3 m de altura (DAP), no incremento periódico anual (IPA) e no incremento médio anual (IMA), entre tratamentos de desrama e desbaste, aos 93 meses de idade (três anos após o desbaste), pelo teste F, e para volume com casca, pelo teste t de Wilcoxon, quando a primeira intervenção de desrama ocorreu aos 16 meses de idade. Nesta idade, foi verificada diferença significativa ($p \leq 0,05$) para o crescimento em altura total entre os tratamentos de desbaste, pelo teste F, não tendo sido verificada diferença significativa ($p > 0,05$) em relação aos tratamentos de desrama. A altura das árvores no povoamento desbastado foi 7,2% menor em relação ao não-desbastado (Tabela 3). Isso se deve ao fato de haver maior competição entre plantas onde não houve o desbaste, o que pode contribuir para o crescimento longitudinal delas.

Não foi verificada diferença significativa ($p > 0,05$), pelo teste F, para o crescimento em diâmetro entre os tratamentos de desrama e de desbaste quando a primeira intervenção de desrama ocorreu aos 20 meses de idade. O crescimento em

Tabela 3. Diâmetro a 1,3 m de altura (DAP), altura total (Ht), volume com casca por hectare (Vol/ha), incremento periódico anual pós-desbaste (IPA) e incremento médio anual (IMA), aos 93 meses de idade, em povoamento do clone 24504 de *Eucalyptus grandis* submetido à desrama e ao desbaste, em Abaeté-MG

Altura de desrama	Desbastado					Não-desbastado ¹				
	DAP	HT	Vol/ha	IPA ²	IMA	DAP	HT	Vol/ha	IPA ²	IMA
Primeira intervenção aos 16 meses										
Testemunha	15,64	22,25	119,54	18,39	15,43	16,11	24,02	131,49	20,14	16,97
0,5+0,5+2,0+3,0	15,87	22,35	122,62	19,57	15,82	14,96	24,71	115,99	16,84	14,97
0,5+1,0+1,5+3,0	15,84	23,46	132,70	22,55	17,12	15,50	24,60	124,51	18,88	16,07
1,0+1,0+1,0+3,0	15,98	23,99	132,92	23,99	17,15	14,68	23,88	110,52	16,40	14,26
1,0+0,0+2,0+3,0	15,60	22,94	127,20	22,31	16,41	16,37	25,13	141,36	20,29	18,24
1,5+0,0+1,5+3,0	14,85	22,52	116,39	19,59	15,02	16,23	25,92	142,45	22,97	18,38
Média	15,63	22,92	125,23	21,07	16,16	15,64	24,71	127,72	19,25	16,48
Primeira intervenção aos 20 meses										
Testemunha	15,64	22,25	119,54	18,39	15,43	16,11	24,02	131,49	20,14	16,97
0,5+0,5+2,0+3,0	15,58	22,88	129,31	20,57	16,69	15,12	23,75	115,92	16,00	14,96
0,5+1,0+1,5+3,0	15,29	22,85	125,75	20,46	16,23	14,95	23,55	107,27	14,26	13,84
1,0+1,0+1,0+3,0	15,54	22,38	122,64	18,82	15,82	14,85	23,14	110,25	15,71	14,23
1,0+0,0+2,0+3,0	15,79	23,43	128,21	21,63	16,54	15,12	23,42	115,06	15,20	14,85
1,5+0,0+1,5+3,0	15,19	23,03	125,97	20,82	16,25	14,98	24,45	116,48	16,78	15,03
Média	15,51	22,80	125,24	20,11	16,16	15,19	23,72	116,08	16,35	16,97
Primeira intervenção aos 28 meses										
Testemunha	15,64	22,25	119,54	18,39	15,43	16,11	24,02	131,49	20,14	15,35
1,0+2,0+3,0	14,67	20,98	103,75	17,13	13,39	15,28	24,01	118,93	16,27	15,02
1,5+1,5+3,0	15,09	21,14	114,67	19,04	14,80	15,22	23,53	116,37	16,31	13,95
3,0+0,0+3,0	14,84	21,13	111,95	18,11	14,45	14,63	23,58	108,09	15,29	15,32
Média	15,06	21,38	112,48	18,17	14,51	15,31	23,79	118,72	17,00	16,97

¹Foram consideradas apenas as árvores que ficariam no povoamento caso tivesse sido realizado o primeiro desbaste. ²refere-se ao incremento periódico anual após a realização do desbaste (55 meses), até os 93 meses de idade.

altura total, volume com casca e incremento periódico anual apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) somente entre os tratamentos de desbaste, pelo teste F (Ht, IPA e IMA) e teste t de Wilcoxon (volume com casca). A altura das árvores no

povoamento desbastado foi 3,9% inferior à do povoamento não-desbastado, enquanto o volume, o IPA e o IMA foram, respectivamente, 7,9, 23,0 e 7,3% mais elevados para o desbastado (Tabela 3). Essa elevada diferença do IPA e do IMA indica que as árvores estão respondendo positivamente à aplicação de desbaste, apesar de não terem sido adubadas após o desbaste.

Quando a primeira intervenção foi realizada aos 28 meses, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$), pelo teste t de Wilcoxon, para crescimento em diâmetro, volume com casca, IPA e IMA entre os tratamentos de desbaste e de desrama. Foi verificada diferença significativa ($p \leq 0,05$) somente para o crescimento em altura das plantas, pelo teste t de Wilcoxon, entre os tratamentos de desbaste, sendo a altura do povoamento desbastado 10,0% inferior à do não-desbastado (Tabela 3).

Nas três idades de primeira intervenção de desrama (16, 20 e 28 meses) a altura das plantas no povoamento não-desbastado foi mais elevada do que no desbastado, possivelmente em razão da maior competição entre plantas no povoamento não-desbastado. Jaakkola et al. (2006), para *Picea abies* (L.) Karst., Medhurst et al. (2001), para *Eucalyptus nitens* Maiden, e Schneider e Finger (1993), para *Pinus elliottii* Engelm., também observaram maior crescimento em altura de plantas em povoamento não-desbastado.

O IPA obtido no período pós-desbaste (entre 55 e 93 meses de idade) diferiu significativamente entre os tratamentos de desbaste apenas quando a primeira intervenção de desrama foi aplicada aos 20 meses de idade. Contudo, nota-se que, embora não significativo, para as idades (16 e 20 meses) de início de desrama, o IPA pós-desbaste tende a ser mais elevado nos povoamentos desbastados (Tabela 3). Segundo Leite et al. (2005), após o desbaste, as plantas remanescentes apresentam aumento na taxa de crescimento devido à redução de competição entre elas e, conseqüentemente, aumento na disponibilidade de luz, água e nutrientes proporcionada pelo reespaçamento entre plantas. Conforme observado por Chaves (2005), a transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa teve aumento médio significativo de 47,38%, imediatamente após o desbaste, neste mesmo povoamento, considerando as três idades de início de aplicação da desrama, ou seja, houve favorecimento à entrada de luz no povoamento desbastado. Como a presente avaliação foi realizada três anos após o desbaste, espera-se que a diferença no IPA

entre o povoamento desbastado e o não-desbastado se intensifique com o passar do tempo.

Em relação aos tratamentos de desrama, até os 93 meses de idade, não se observou influência significativa ($p > 0,05$) no crescimento das plantas. Lima (2003) e Polli (2005) já haviam constatado esses resultados em idades mais jovens deste povoamento. Segundo Lima (2003), o material genético estudado apresenta elevada recomposição da copa, razão de não ter sido observada influência significativa da desrama sobre o crescimento das plantas. Tschaplinski e Blake (1989) observaram que, após a desbrota em *Populus deltoides* Bartr. x *nigra* L. I-262(DN22) e *Populus maximowiczii* x *nigra* L. MN9, as folhas dos brotos remanescentes apresentaram taxa fotossintética sete vezes mais elevada do que quando não houve desbrota, indicando que a fotossíntese não estava ocorrendo em toda a sua capacidade. O aumento da taxa fotossintética pode ser decorrente de aumento da radiação fotossinteticamente ativa pós-desbaste (CHAVES, 2005) ou da manutenção dos estômatos mais abertos, pois, segundo Pires (2000), com a remoção de parte da área foliar ocorre também redução da perda de água por planta, havendo maior disponibilidade de água por unidade de área foliar remanescente.

Embora não tenham sido observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) para o crescimento em diâmetro das plantas, entre os tratamentos de desrama, verificou-se que o tratamento 1,5+0,0+1,5+3,0, em que houve maior remoção de área foliar na primeira intervenção de desrama, apresentou maior número de árvores em classes diamétricas inferiores quando a desrama se iniciou aos 16 e 20 meses, para povoamentos desbastados (Figura 1a, b) e não-desbastados (Figura 1d, e). Segundo Lima (2003), neste tratamento houve remoção de 78 e 61,6% da área foliar total, para a primeira intervenção de desrama aplicada aos 16 e 20 meses, respectivamente, ou seja, remoções drásticas podem significar comprometimento do crescimento do tronco, uma vez que a planta tende primeiramente a recompor sua área foliar. Os demais tratamentos mostraram distribuição diamétrica similar à da testemunha. Quando a desrama se iniciou aos 28 meses de idade (Figura 1c, f), a testemunha apresentou maior frequência de árvores nas maiores classes diamétricas. Isso pode ter ocorrido pelo fato de esse clone apresentar galhos grossos e persistentes entre 1,0 e 1,5 m de altura (LIMA, 2003), e, como estes não foram removidos, ocorreu aumento de diâmetro da árvore em razão do crescimento na base de inserção desses galhos.

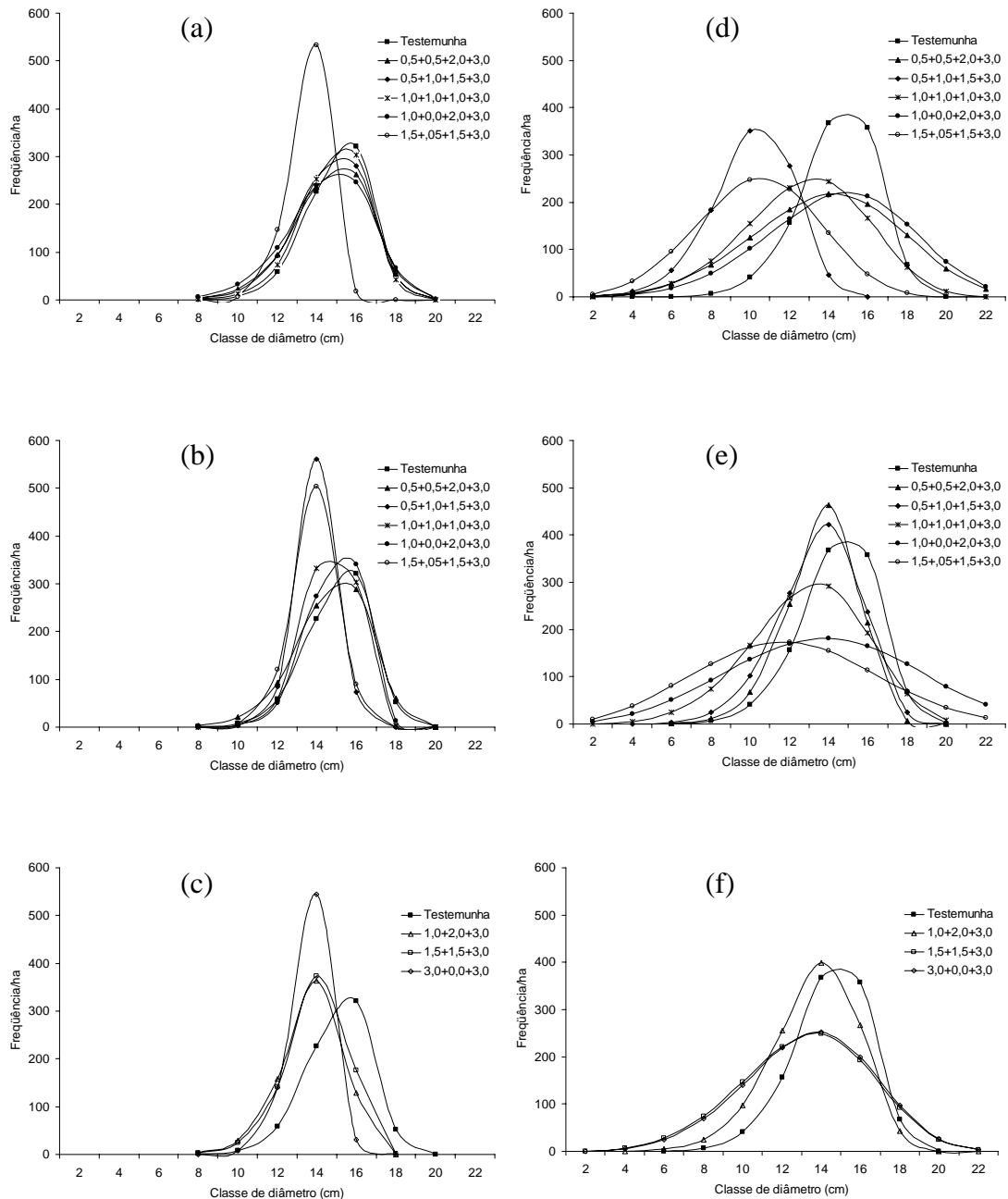


Figura 1. Frequência de árvores por hectare, aos 93 meses de idade, obtida através da distribuição de Weibull para os tratamentos de desrama artificial iniciados aos 16 (a, d), 20 (b, e) e 28 (c, f) meses de idade, em povoamentos desbastado (a, b, c) e não-desbastado (c, d, f), para o clone 24504 de *Eucalyptus grandis*, em Abaeté-MG.

A análise do efeito da desrama deve levar em conta não somente a altura da copa viva da planta, mas também a arquitetura de copa, porque existem materiais genéticos que apresentam elevada concentração de ramos e folhas na base da planta,

implicando elevada remoção de área foliar (ALMEIDA, 2003). Pires (2000) verificou que com a remoção de 50% da altura da copa viva de plantas de *Eucalyptus grandis*, com um ano de idade, houve remoção de 81% da área foliar total. Pinkard (2003) recomendou remoção de até 20% de área foliar em sítios pobres e até 40% em sítios mais produtivos. Deve-se levar em conta, também, a capacidade de recuperação e crescimento da copa, o que influencia o posterior crescimento do tronco das plantas (PINKARD, 2002; LIMA, 2003; PULRONIK et al., 2005). Pinkard et al. (2004) observaram redução no crescimento em altura associada à remoção de 50 ou 70% da altura da copa viva e recomendaram que a desrama devesse, então, ser realizada até 50% da altura da copa viva, para que não houvesse redução no crescimento das plantas.

As diferenças entre as três idades de início de aplicação da desrama podem ser observadas por meio da análise do volume com casca, por hectare, das árvores com DAP maior que 15,0 cm, uma vez que há interesse em toras de maiores dimensões para serraria. Houve produção de 87, 86 e 62 m³/ha (povoamento desbastado) e 94, 79 e 52 m³/ha (povoamento não-desbastado) quando a primeira intervenção de desrama foi realizada aos 16, 20 e 28 meses de idade, respectivamente. Nesta análise foram considerados todos os tratamentos de desrama, inclusive a testemunha, uma vez que não houve diferença significativa entre eles. Verifica-se que, quando a desrama é realizada em povoamentos mais jovens, para esse clone, há o favorecimento ao crescimento do tronco, em razão da redução da competição por fotoassimilados entre os galhos grossos da base da copa da árvore e o tronco (Lima, 2003). Desrama em povoamentos mais jovens, também, propicia a redução do núcleo nodoso do tronco, havendo maior produção de madeira limpa (POLLI et al., 2006).

As equações de produção volumétrica para cada tratamento de desrama em povoamentos desbastado e não-desbastado e os respectivos coeficientes de determinação ajustados são apresentados na Tabela 4. Após a aplicação do teste de identidade de modelo, verificou-se que não houve diferença estatística ($p > 0,05$), pelo teste F, entre as equações obtidas para o povoamento desbastado nas três idades de primeira intervenção (Tabela 5). Assim, uma equação comum é necessária para representar a produção volumétrica, em função da idade, para os tratamentos de desrama artificial, dentro de cada grupo de idade de primeira intervenção de desrama (16, 20 e 28 meses de idade); respectivamente, as equações comuns foram

Tabela 4. Equações ajustadas para a produção volumétrica (V), em m³, em função da idade (I), e os respectivos coeficientes de determinação (R²) de plantas do clone 24504 de *Eucalyptus grandis* submetidas à primeira intervenção de desrama artificial aos 16, 20 e 28 meses de idade, em povoamentos desbastado e não-desbastado, em Abaeté-MG

Altura de desrama (m)	Equação		Equação	
	Povoamento desbastado		Povoamento não-desbastado	
		R ² ajust		R ² ajust
Primeira intervenção de desrama aos 16 meses				
Testemunha	Ln(V)=5,77625-92,30656 (I ⁻¹)	0,44	Ln(V)=6,02729-85,28637 (I ⁻¹)	0,96
0,5+0,5+2,0+3,0	Ln(V)=5,87701-97,68011 (I ⁻¹)	0,87	Ln(V)=5,84488-77,07121 (I ⁻¹)	0,92
0,5+1,0+1,5+3,0	Ln(V)=6,03677-106,09453 (I ⁻¹)	0,85	Ln(V)=5,84744-81,48070 (I ⁻¹)	0,66
1,0+1,0+1,0+3,0	Ln(V)=6,09964-112,24809 (I ⁻¹)	0,96	Ln(V)=5,65694-73,35127 (I ⁻¹)	0,80
1,0+0,0+2,0+3,0	Ln(V)=6,03401-109,47043 (I ⁻¹)	0,85	Ln(V)=5,94763-75,36619 (I ⁻¹)	0,59
1,5+0,0+1,5+3,0	Ln(V)=5,87378-102,60060 (I ⁻¹)	0,96	Ln(V)=5,93539-82,68630 (I ⁻¹)	0,72
Primeira intervenção de desrama aos 20 meses				
Testemunha	Ln(V)=5,77625-92,30656 (I ⁻¹)	0,44	Ln(V)=6,02729-85,28637 (I ⁻¹)	0,96
0,5+0,5+2,0+3,0	Ln(V)=5,88696-96,05825 (I ⁻¹)	0,93	Ln(V)=5,78544-71,75296 (I ⁻¹)	0,76
0,5+1,0+1,5+3,0	Ln(V)=5,85290-96,82124 (I ⁻¹)	0,97	Ln(V)=5,77545-68,68216 (I ⁻¹)	0,68
1,0+1,0+1,0+3,0	Ln(V)=5,79560-91,97386 (I ⁻¹)	0,91	Ln(V)=5,77518-73,94345 (I ⁻¹)	0,94
1,0+0,0+2,0+3,0	Ln(V)=5,93085-102,25940 (I ⁻¹)	0,89	Ln(V)=5,70984-66,13190 (I ⁻¹)	0,67
1,5+0,0+1,5+3,0	Ln(V)=5,87915-99,52799 (I ⁻¹)	0,95	Ln(V)=5,64776-67,74087 (I ⁻¹)	0,51
Primeira intervenção de desrama aos 28 meses				
Testemunha	Ln(V)=5,77625-92,30656 (I ⁻¹)	0,44	Ln(V)=6,02729-85,28637 (I ⁻¹)	0,96
1,0+2,0+3,0	Ln(V)=5,72444-101,70180 (I ⁻¹)	0,97	Ln(V)=5,90128-75,21172 (I ⁻¹)	0,72
1,5+1,5+3,0	Ln(V)=5,82060-101,93440 (I ⁻¹)	0,95	Ln(V)=5,78753-74,81172 (I ⁻¹)	0,93
3,0+0,0+3,0	Ln(V)=5,75570-98,11583 (I ⁻¹)	0,93	Ln(V)=5,64566-70,56511 (I ⁻¹)	0,97

R²ajust = coeficiente de determinação ajustado; V = volume com casca (m³/ha); I = idade das plantas.

$\text{Ln}(V)=5,94958-103,40005(I^{-1})$, $\text{Ln}(V)=5,85362-96,49122(I^{-1})$ e $\text{Ln}(V)=5,76925-98,51465(I^{-1})$.

No povoamento não-desbastado, apenas as equações obtidas para os tratamentos de desrama iniciados aos 20 meses não foram diferentes entre si ($p>0,05$), pelo teste F (Tabela 5), obtendo-se a equação comum $\text{Ln}(V)=5,78683-72,25628(I^{-1})$. Quando a desrama se iniciou aos 16 meses de idade, as equações para cada tratamento de desrama foram estatisticamente diferentes ($p\leq 0,05$), não sendo possível substituí-las por uma equação comum. Nesse caso verificaram-se igualdades entre os parâmetros das equações quando se considerou o seguinte grupo de tratamentos de desrama (testemunha; 0,5+0,5+2,0+3,0; 0,5+1,0+1,5+3,0; 1,0+0,0+2,0+3,0; e 1,5+0,0+1,5+3,0), com a equação comum $\text{Ln}(V)=5,92053-80,37815(I^{-1})$. Quando a desrama se iniciou aos 28 meses de idade, as equações diferiram estatisticamente entre si ($p\leq 0,05$) pelo teste F (Tabela 5). Contudo, verificou-se que os parâmetros da equação considerando a testemunha e 1,0+2,0+3,0 apresentaram igualdades entre si, sendo a equação comum $\text{Ln}(V)=5,96428-80,24904(I^{-1})$, assim como os tratamentos 1,5+1,5+3,0 e 3,0+0,0+3,0, $\text{Ln}(V)=5,71659-72,68841(I^{-1})$.

A partir das constatações verificadas pelo teste de identidade de modelo, foram ajustadas equações para estimar a produção volumétrica. Obteve-se o IMA e o incremento corrente anual (ICA), para os povoamentos desbastado e não-desbastado. O ponto em que as curvas do IMA e ICA se cruzam indica o momento de se proceder à colheita; no caso do povoamento desbastado, é o momento de se proceder a um novo desbaste. No povoamento desbastado a estagnação do crescimento estaria ocorrendo entre 100 e 110 meses de idade (Figura 2), momento em que poderia ocorrer a realização do segundo desbaste, enquanto que o povoamento não desbastado já se encontra em fase de estagnação do crescimento (Figura 3).

Tabela 5. Hipóteses utilizadas no teste de identidade de modelo e as respectivas significâncias, pelo teste F, para os tratamentos de desrama aplicados em plantas do clone 24504 de *Eucalyptus grandis*, em Abaeté-MG

Idade (Meses) ¹	Hipótese: H ₀	F	
		Desb	Não desb
16	$\left[\frac{\beta_{0_1}}{\beta_{1_1}} \right] = \left[\frac{\beta_{0_2}}{\beta_{1_2}} \right] = \left[\frac{\beta_{0_3}}{\beta_{1_3}} \right] = \left[\frac{\beta_{0_4}}{\beta_{1_4}} \right] = \left[\frac{\beta_{0_5}}{\beta_{1_5}} \right] = \left[\frac{\beta_{0_6}}{\beta_{1_6}} \right]$	ns	*
20	$\left[\frac{\beta_{0_1}}{\beta_{1_1}} \right] = \left[\frac{\beta_{0_2}}{\beta_{1_2}} \right] = \left[\frac{\beta_{0_3}}{\beta_{1_3}} \right] = \left[\frac{\beta_{0_4}}{\beta_{1_4}} \right] = \left[\frac{\beta_{0_5}}{\beta_{1_5}} \right] = \left[\frac{\beta_{0_6}}{\beta_{1_6}} \right]$	ns	ns
28	$\left[\frac{\beta_{0_1}}{\beta_{1_1}} \right] = \left[\frac{\beta_{0_7}}{\beta_{1_7}} \right] = \left[\frac{\beta_{0_8}}{\beta_{1_8}} \right] = \left[\frac{\beta_{0_9}}{\beta_{1_9}} \right]$	ns	*

¹Idade de primeira intervenção de desrama; ns = não significativo; *Significativo. F = teste F a 5% de probabilidade; Desb = povoamento desbastado; Não desb . = povoamento não-desbastado.

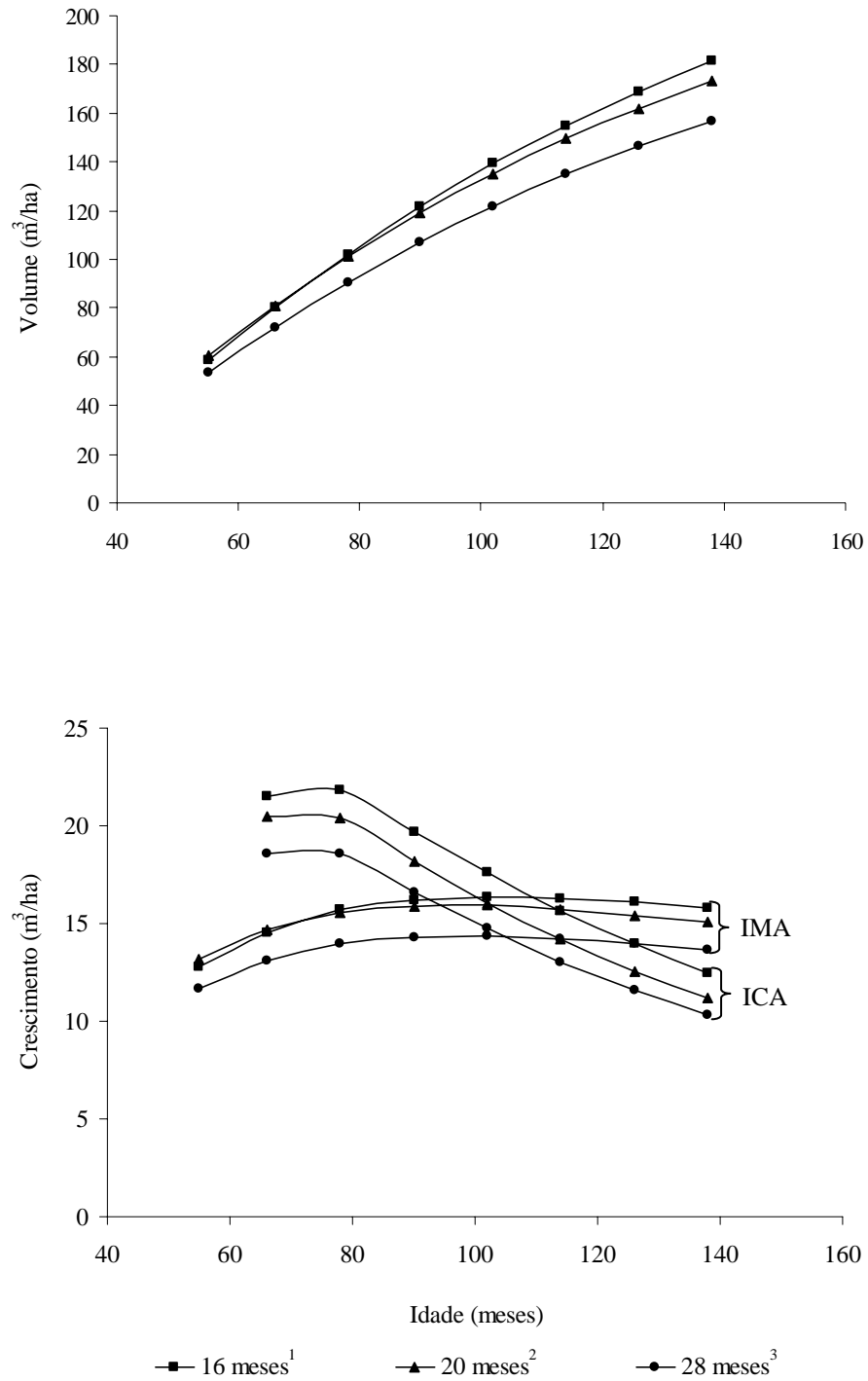


Figura 2. Relações entre crescimento e produção em povoamento de clone de *Eucalyptus grandis* submetido ao desbaste e à desrama artificial, em Abaeté-MG. IMA= incremento médio anual (m³/ha/ano); ICA = ncremento corrente anual (m³/ha); 16, 20 e 28 meses = idades de primeira intervenção de desrama; 16 meses¹ = T1 a T6; 20 meses² = T1 a T6; 28 meses³ = T1, T7, T8 e T9.

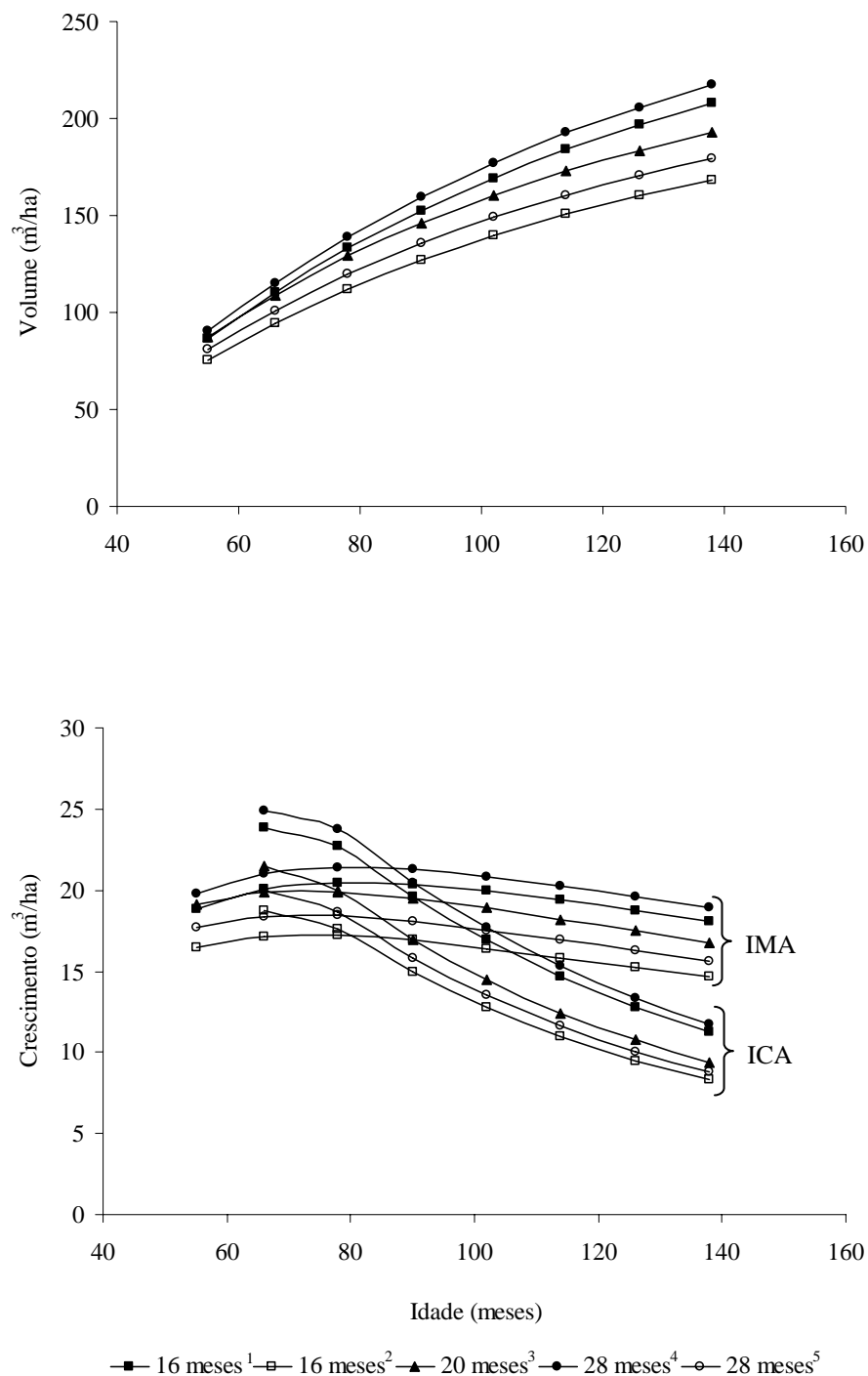


Figura 3. Relações entre crescimento e produção em povoamento de clone de *Eucalyptus grandis* não-desbastado, submetido à desrama artificial, em Abaeté-MG. IMA = incremento médio anual (m³/ha/ano); ICA = incremento corrente anual (m³/ha); 16, 20 e 28 meses = idades de primeira intervenção de desrama; 16 meses¹ = T1, T2, T3, T5 e T6; 16 meses² = T4; 20 meses³ = T1 a T6; 28 meses⁴ = T1 e T7; 28 meses⁵ = T8 e T9).

Conclusões

1. As intensidades e frequência de desrama artificial utilizadas no presente estudo, com a finalidade de melhoria na qualidade da madeira, podem ser aplicadas em povoamentos do clone 24504 de *Eucalyptus grandis* sem prejuízo do seu crescimento, devendo-se evitar remoção superior a 60% da área foliar total, para obter madeira de diâmetro mais elevado.

2. A desrama artificial deve ser iniciada em idades mais jovens, preferencialmente entre 16 e 20 meses de idade, para o material genético e as condições ambientais do presente estudo, a fim de obter maior volume de madeira com dimensões adequadas para uso em serraria.

Referências

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-MG.

CHAVES, R.A. **Dinâmica de copa e crescimento de plantas de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetidas a desrama artificial e a desbaste**. 2005. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

DIAS, A.N.; LEITE, H.G.; CAMPOS, J.C.C.; COUTO, L.; CARVALHO, A.F. de. Emprego de um modelo de crescimento e produção em povoamentos desbastados de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, 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.

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.

LEITE, H.G.; NOGUEIRA, G.S.; CAMPOS, J.C.C.; SOUZA, A.L. de; CARVALHO, A. Avaliação de um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, 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. 200f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- MEDHURST, L.; BEADLE, C.L.; NEILSEN, W.A. Early-age and later-age thinning affects growth, dominance, and intraspecific competition in *Eucalyptus nitens* plantations. **Canadian Journal of Forest Research**, v.31, n.2 p.187-197, 2001.
- 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.
- 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.; LEITE, H.G.; CAMPOS, J.C. C.; CARVALHO, A.F.; SOUZA, A.L. de. Modelo de distribuição diamétrica para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.579-589, 2005.
- PINKARD, E.A. Effects of pattern and severity of pruning on growth and branch development of pre-canopy closure *Eucalyptus nitens*. **Forest Ecology and Management**, v.157, p.217-230, 2002.
- 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.
- PINKARD, E.A.; MOHAMMED, C.; BEADLE, C.L.; HALL, M.F., WORLEDGE, D.; MOLLON, A. Growth responses, physiology and decay associated with pruning plantation-grown *Eucalyptus globulus* Labill. and *E. nitens* (Deane and Maiden) Maiden. **Forest Ecology and Management**, v.200, p.263-277, 2004.
- 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-MG.
- PIRES, B.M.; REIS, M.G.F.; REIS, G.G. dos. Crescimento de *Eucalyptus grandis* submetido a diferentes intensidades de desrama artificial na região de Dionísio, MG. **Brasil Florestal**, n.73, p.14-22, 2002.
- POLLI, H. Q. **Crescimento e qualidade da madeira para serraria em clone de *Eucalyptus grandis* [Hill ex Maiden] submetido à 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**, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.557-566, 2006.

PULROLNIK, K.; REIS, G.G. dos.; 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-MG, v.29, n.4, p.495-505, 2005.

SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Influência da intensidade do desbaste sobre o crescimento em altura de *Pinus elliottii* E. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.3, n.1, p.171-184, 1993.

TSCHAPLINSKI, J.T.; BLAKE, T.J. Photosynthetic revigoration of leaves following shoot decapitation and accelerated growth of coppice shoots. **Physiologia Plantarum**, v.75, p.157-165, 1989.

CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados deste estudo permitiram as seguintes conclusões:

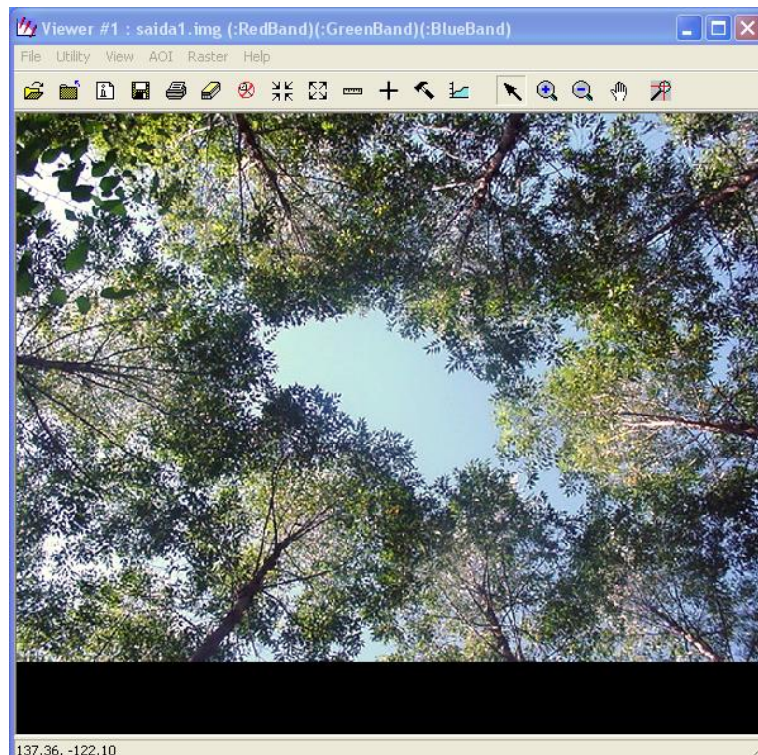
1. Fotografias digitais podem ser utilizadas para estimar o índice de cobertura de dossel em povoamentos de eucalipto.
2. O IAF e o ICD mostraram-se eficientes em detectar variações no dossel ocorridas ao longo de seqüência de idades e, conjuntamente com os dados de crescimento, podem ser utilizados para definir o momento de realizar desbaste em povoamentos florestais.
3. O software Sidelook 1.1 é o mais recomendado, em relação ao Erdas e ao GLA, na análise de fotografias digitais, para obter a estimativa do índice de cobertura de dossel.
4. Fotografias de maior resolução devem ser utilizadas quando se deseja estimar o índice de cobertura de dossel, pois permitem melhor separação de pixels que representam o céu e o dossel.
5. A realização da desrama e do desbaste é recomendável em povoamentos conduzidos com finalidade de obtenção de madeira de maiores dimensões para uso em serraria; para o clone de eucalipto e as condições ambientais do presente estudo, a primeira intervenção de desrama deve ser realizada antes de 20 meses de idade.

Anexo I

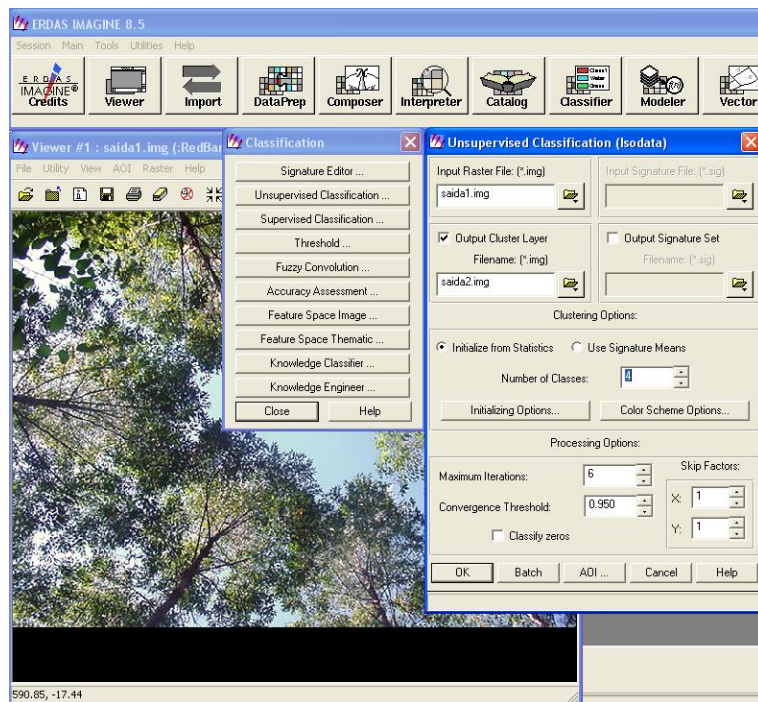
A seguir será apresentada a seqüência de procedimentos usados na classificação das fotografias digitais, empregando o software Erdas Imagine 8.5. Neste exemplo, utilizou-se uma fotografia obtida aos 81 meses, na dimensão de 640x480 pixels.

1º passo: abrir a fotografia (formato JPEG) e transformá-la em outra imagem com extensão *img*.

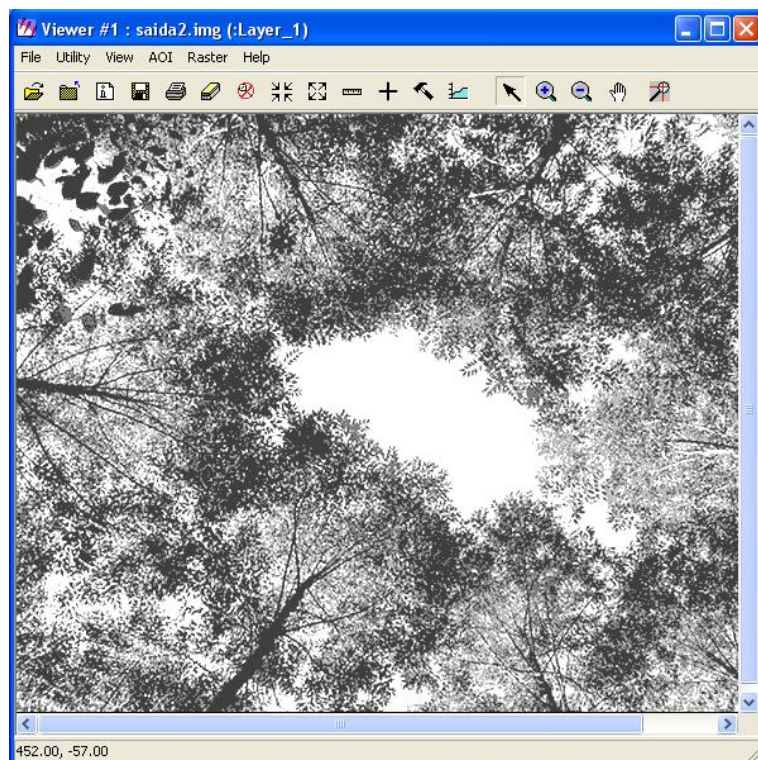
2º passo: abrir imagem *img*. Neste passo altera-se a ordem das cores da imagem composta para Red=1, Green=2 e Blue=3. A imagem ficará como apresentado abaixo:



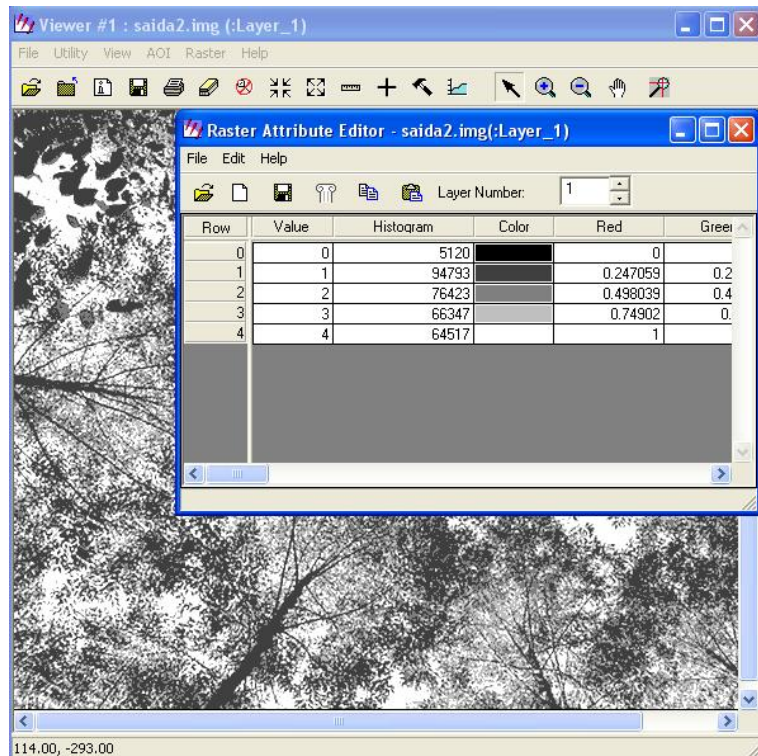
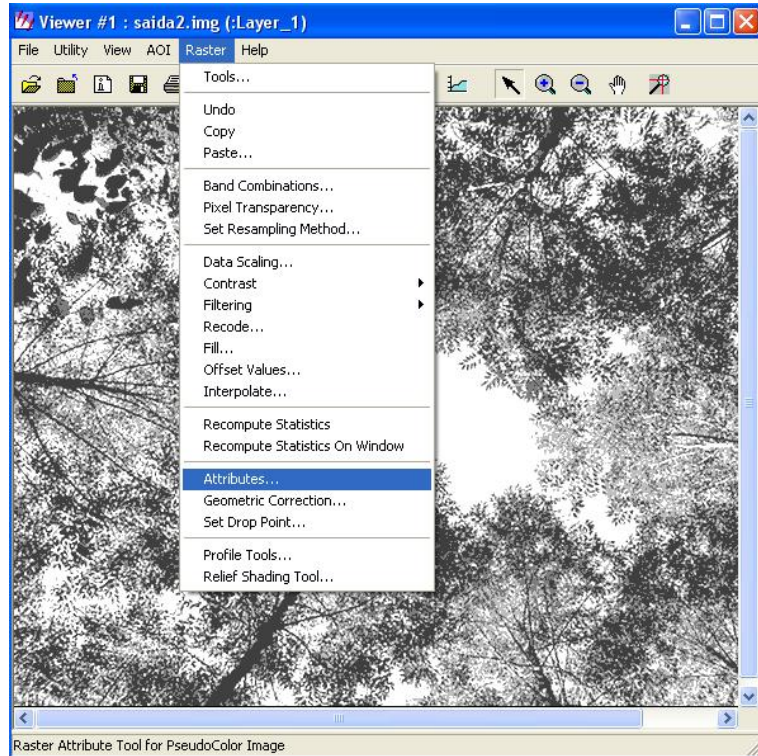
3º passo: classificação da imagem.



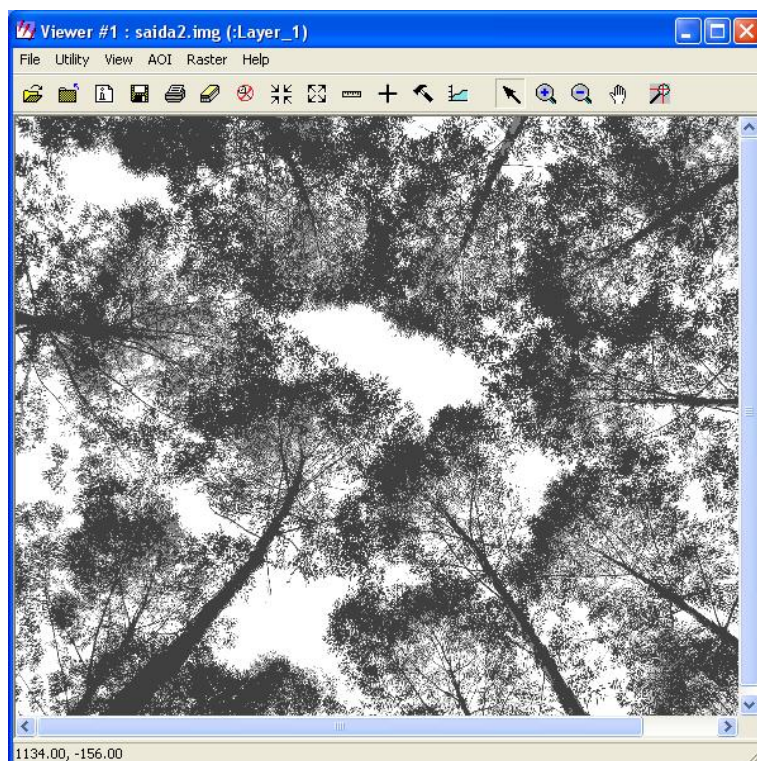
4º passo: abrir imagem *img*. Esta imagem é gerada após a sua classificação e ficará em tonalidades de cinza, conforme apresentado abaixo:



5º passo: definir os atributos da imagem, conforme as duas fotografias a seguir. Nesta etapa será gerado o número de pixels correspondente a cada classe de tonalidade de cinza.



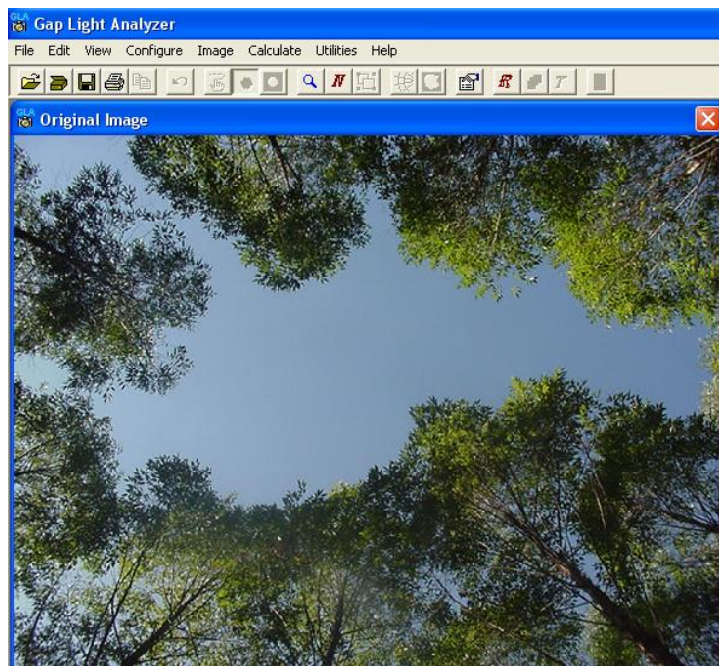
Exemplo de uma fotografia obtida aos 93 meses de idade, na dimensão de 1280x960 pixels, classificada com o Erdas.



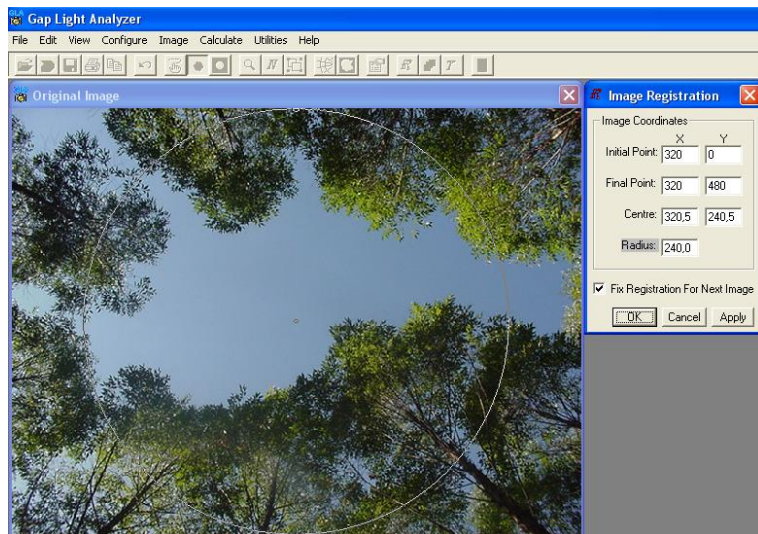
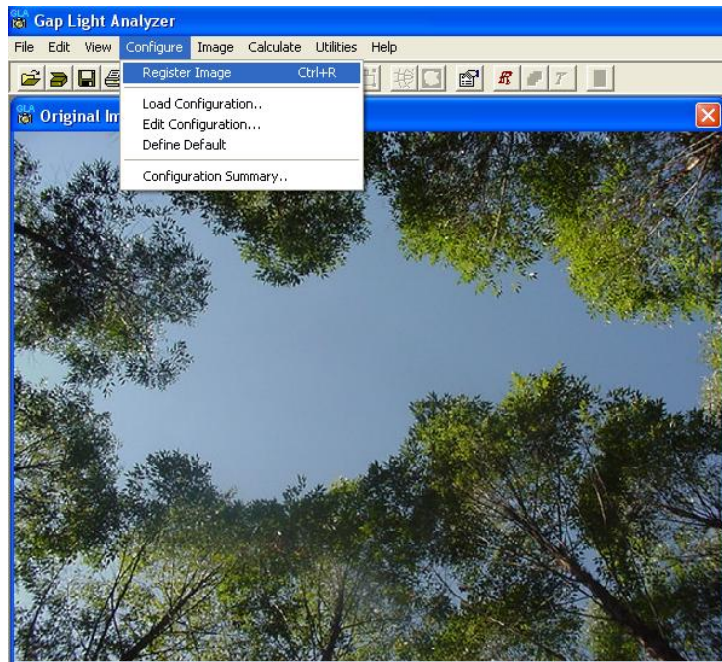
Anexo II

A seguir será apresentada a seqüência de procedimentos usados na classificação das fotografias digitais, empregando o software Gap Light Analyzer (GLA). Neste exemplo, utilizou-se uma fotografia obtida aos 81 meses, na dimensão de 640x480 pixels.

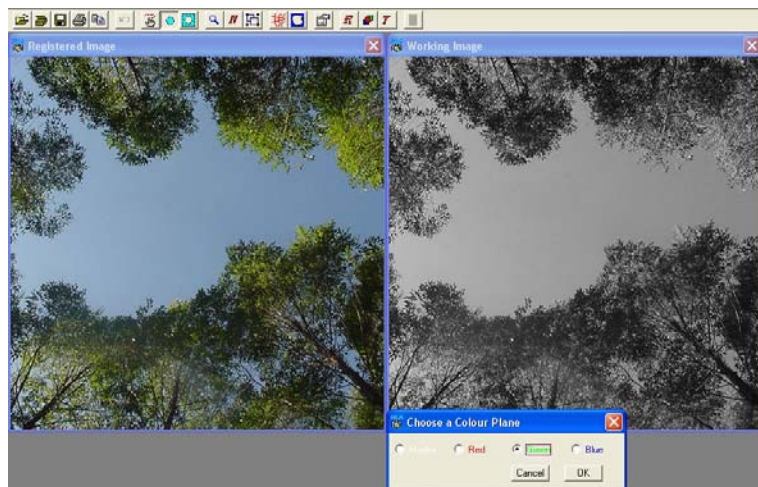
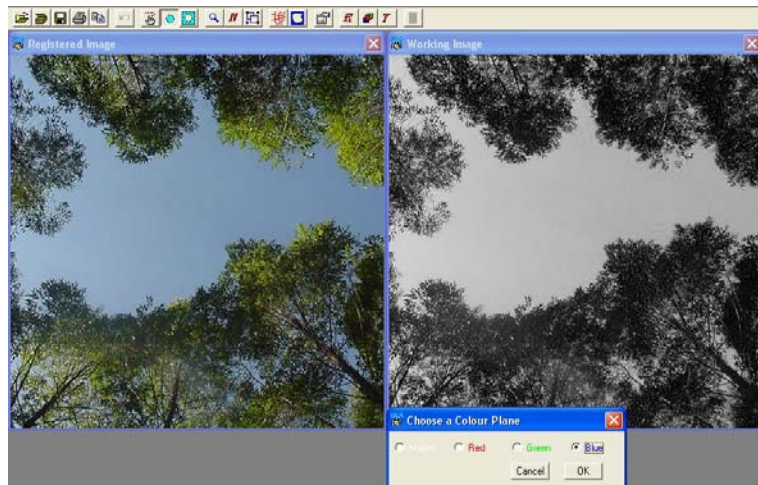
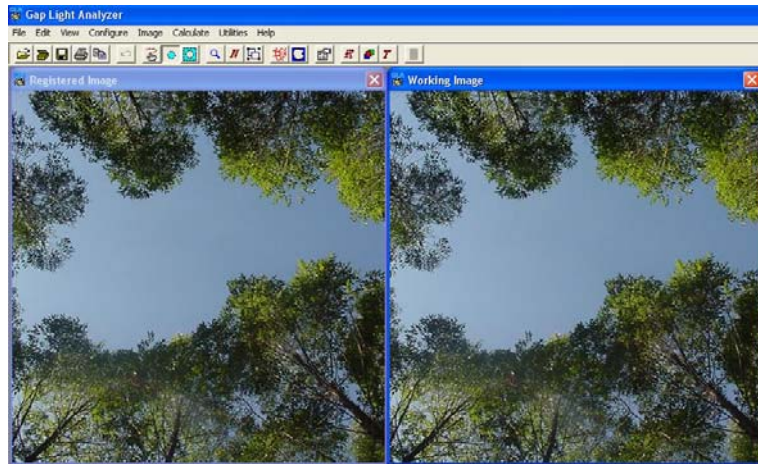
1º passo: Abrir a imagem original (formato JPEG).

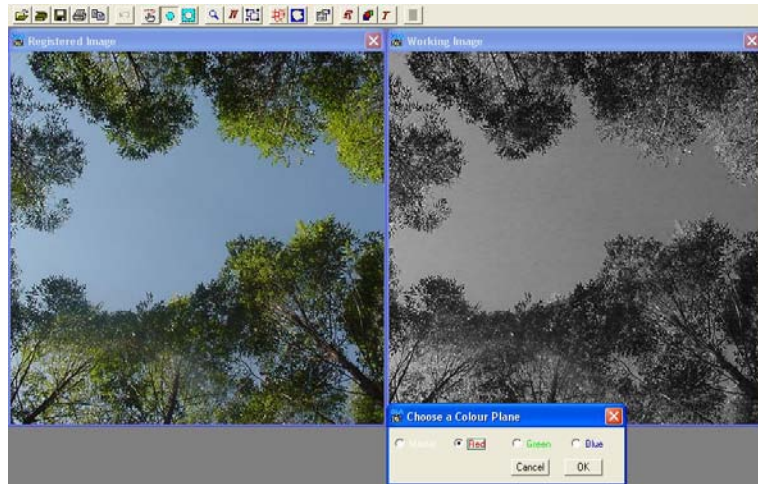


2º passo: Registrar a imagem.

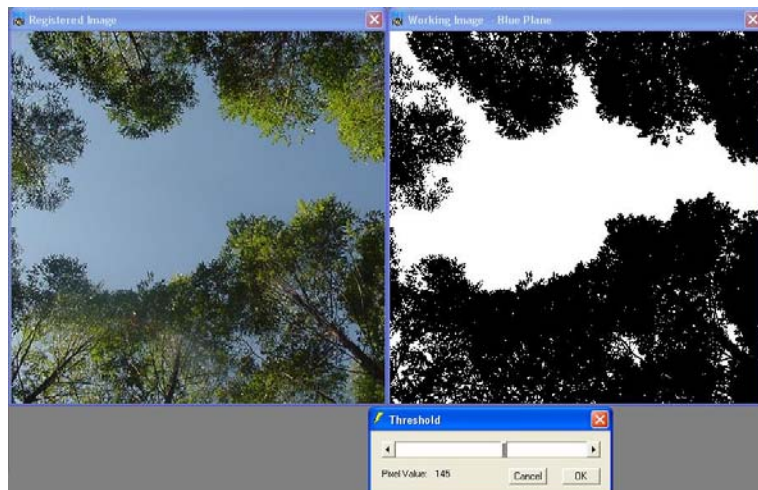


3º passo: Editar e configurar a imagem. Nesta etapa, pode-se escolher qual a banda a ser analisada.

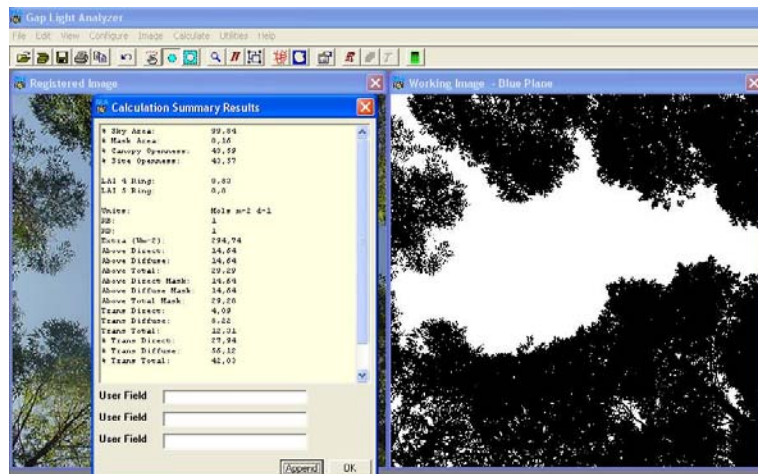
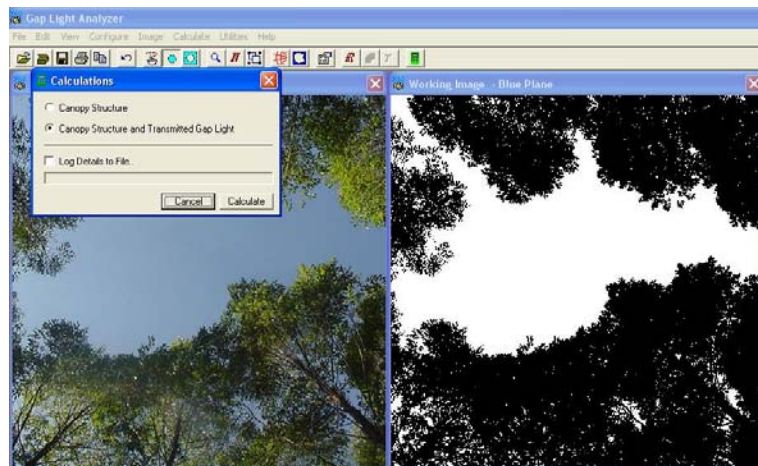




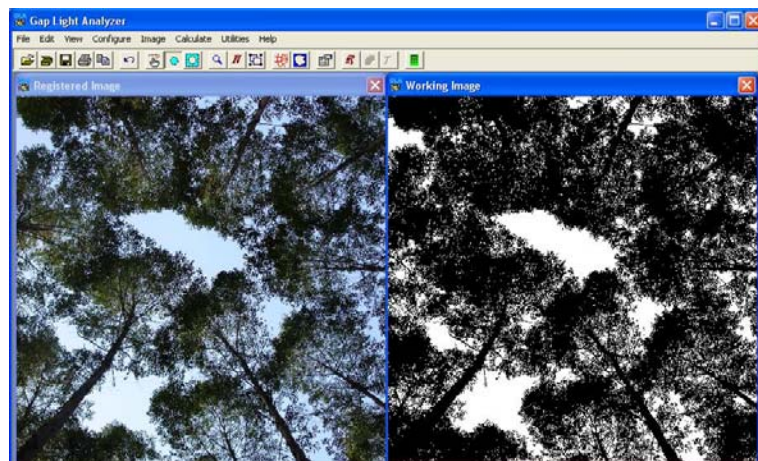
4º passo: classificar a imagem. Nesta etapa, faz-se a limiarização, em que cada pixel será classificado como céu (branco) ou dossel (preto). Com o botão direito do mouse pressionado, pode-se movimentar a barra com o valor do limiar.



5º passo: obter os valores da estrutura do dossel. No presente trabalho, utilizou-se somente o valor da abertura de copa.



Exemplo de uma fotografia obtida aos 93 meses de idade, na dimensão de 1280x960 pixels, classificada com o software GLA.

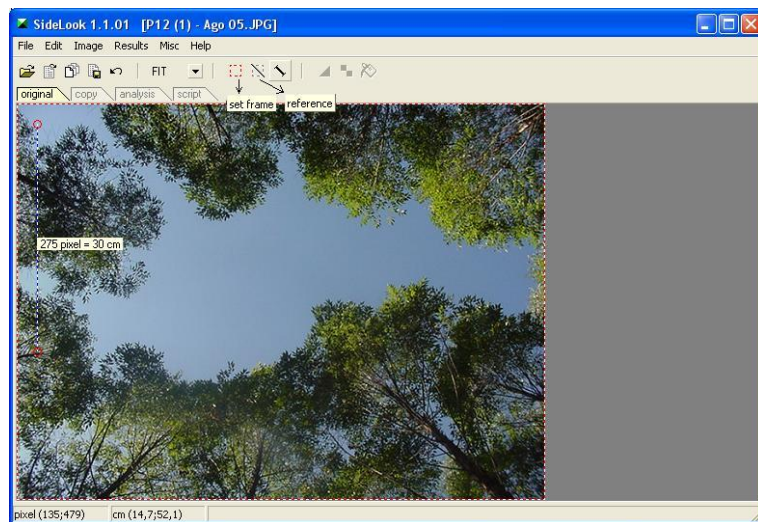


Anexo III

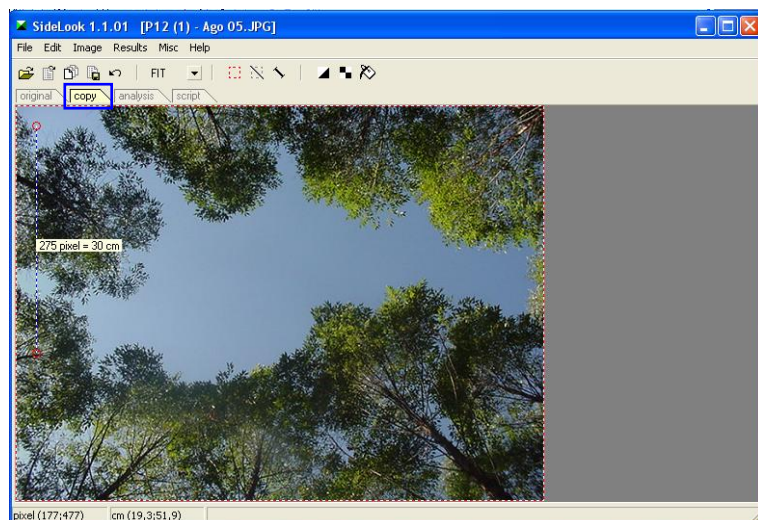
A seguir será apresentada a seqüência de procedimentos usados na classificação das fotografias digitais, empregando o software Sidelook 1.1. Neste exemplo, utilizou-se uma fotografia obtida aos 81 meses, na dimensão de 640x480 pixels.

1º passo: abrir a imagem original.

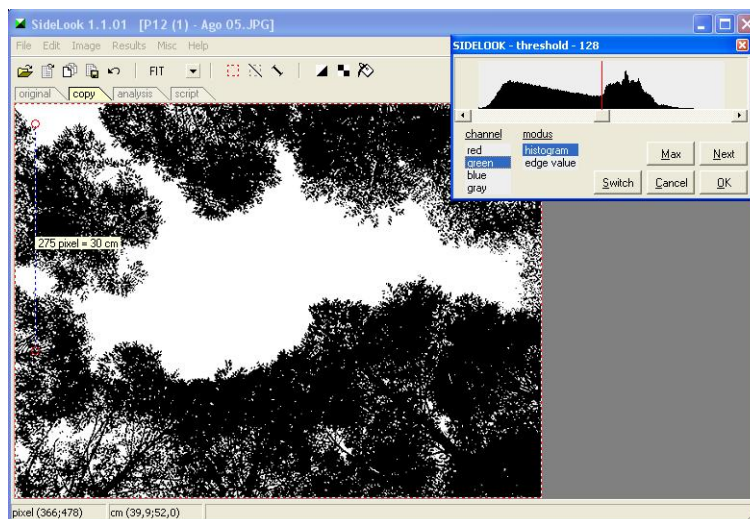
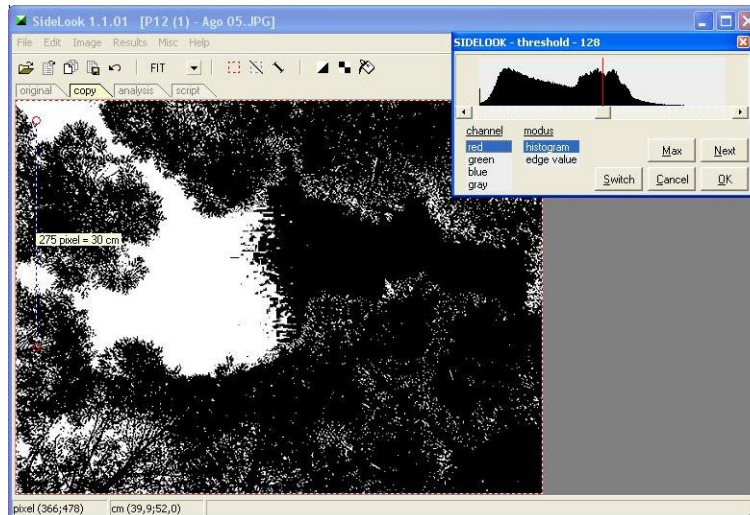
2º passo: definir o ponto de referência e a distância conhecida.

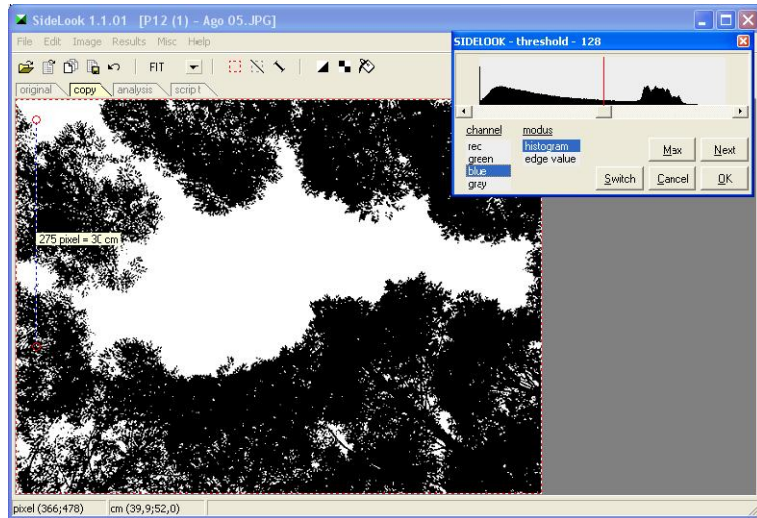


3º passo: copiar a imagem.

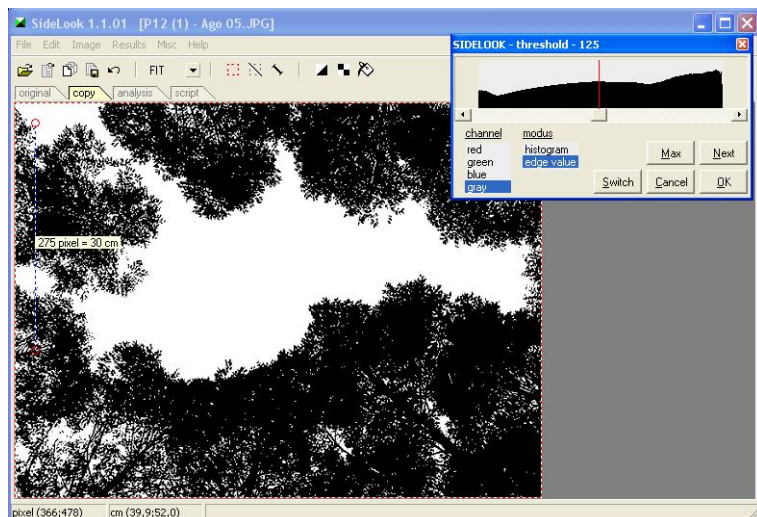


4º passo: classificar a imagem. Nesta etapa, faz-se a limiarização, em que cada pixel será classificado como céu (branco) ou dossel (preto). Pode-se, também, escolher a banda a ser analisada. Com o botão direito do mouse pressionado, pode-se movimentar a barra com o valor do limiar.

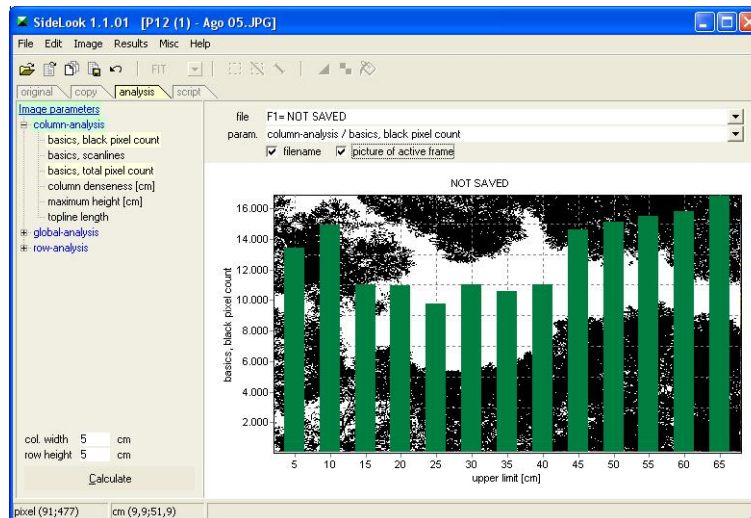




A limiarização automática é obtida utilizando na aba *modus* a opção *edge value* (valor de borda) e clicando na função *next*.



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.

The screenshot shows the "SideLook - results" window. It displays the following information:

SideLook 1.1.01

RESULTS

DATE: 10/10/2006
TIME: 21:44:26

SIDELOOK-FILES
F1= NDT SAVED

COLUMN-ANALYSIS / BASICS, BLACK PIXEL COUNT

F1		
60	65	16887
55	60	15821
50	55	15509
45	50	15122
40	45	14594
35	40	11039
30	35	10604
25	30	11004
20	25	9793
15	20	10891
10	15	11052
5	10	14929
0	5	13412

COLUMN-ANALYSIS / BASICS, TOTAL PIXEL COUNT

F1		
60	65	21068
55	60	20610
50	55	21068
45	50	21068
40	45	21068
35	40	21068
30	35	21068
25	30	20610
20	25	21068
15	20	21068
10	15	21068
5	10	21068
0	5	20610