UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI - UFVJM

JADIR VIEIRA DA SILVA

INFLUÊNCIA DO DESBASTE E DA FERTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO

DIAMANTINA – MG
2012

JADIR VIEIRA DA SILVA

INFLUÊNCIA DO DESBASTE E DA FERTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, nível Mestrado, como partes dos requisitos para obtenção do título de "Mestre".

Área de concentração: Manejo Florestal e Silvicultura

Orientador: Prof. Dr. Gilciano Saraiva Nogueira

Coorientador: Prof. Dr. Reynaldo Campos Santana

DIAMANTINA – MG
2012

INFLUÊNCIA DO DESBASTE E DA FERTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO

Jadir Vieira da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, nível de Mestrado, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

APROVADA EM 27 / 02 / 2012

Prof. Hélio Garcia Leite – UFV

Prof. Márcio Leles Romarco de Oliveira – UFVJM

Prof. Reynaldo Campos Santana – UFVJM

Prof. Gilciano Saraiva Nogueira – UFVJM
Presidente

DIAMANTINA
2012

A Deus, sobretudo pelo dom da vida. Minha família pelo apoio e confiança depositada, na qual dedico todas as minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo Espírito Santo ter me iluminado nesta caminhada.

A minha família, aos meus pais Jair e Lourdinha, meu irmão Júnior, meu cunhado Sílvio e em especial minha irmã Lucilene, pelo apoio e confiança depositada. Aos meus tios e primos, em especial Tio Nico, Dasdores, Dé, Tercília, Joaquim. Enfim, a todos meus familiares que contribuíram e acreditaram no meu esforço para a conquista dos meus sonhos.

Ao professor Gilciano, pela ótima orientação, pelos conselhos, ensinamentos transmitidos e sua amizade que foi e será essencial para minha vida acadêmica e profissional.

Ao professor Márcio, até mesmo por ter exercido o papel orientador na ausência do professor Gilciano, pelas contribuições acadêmicas e profissionais e, sobretudo pela amizade.

Ao professor Reynaldo, pelos conselhos, ensinamentos transmitidos, confiança depositada e por ser um dos grandes responsáveis pela realização deste trabalho.

Aos professores da pós-graduação pela ótima convivência e respeito adquirido nestes anos.

Ao professor Hélio Garcia – UFV, por ser o pioneiro deste experimento.

Aos amigos Petrônio, Marcos Paulo e Felipe pelo auxílio e dedicação na coleta de dados na empresa e ao Alberto pela disponibilidade e apoio no nosso transporte. Todos os funcionários da ArcelorMittal BioFlorestas, que ajudaram diretamente na coleta de dados.

Aos colegas e amigos da turma do mestrado Érik, Márcio, Bruno, Alberto, Josiane, André, Thiago, Jannaiana, Ana, Silvia e todos os demais, sobretudo pela convivência e troca de experiência durante as disciplinas.

Ao grupo de Manejo (GEMMF), pelas amizades realizadas e troca de experiências acadêmicas.

A empresa ArcelorMittal BioFlorestas, regional de Martinho Campos - MG, nas pessoas de Roosevelt, Euzébio e Brígida, pelo apoio e concessão da área experimental, fornecimentos dos dados de inventário e disponibilização de toda a estrutura para realização das coletas em campo.

Aos professores, colegas e amigos do IFMG – campus São João Evangelista, pelo apoio e incentivo nos momentos finais de realização deste trabalho.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos referente a este projeto.

A UFVJM e todos os funcionários, que contribuíram de certa forma para a execução deste trabalho.

RESUMO

SILVA, J. V. **INFLUÊNCIA DO DESBASTE E DA FERTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO.** 2012. 69 p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as estimativas de produção de biomassa, conteúdo de nutrientes total na parte aérea e do tronco das árvores, em resposta a diferentes intensidades de desbaste e a fertilização pós-desbaste em um povoamento de clones de eucalipto. Foi instalado um experimento em povoamento clonal de eucalipto na empresa ArcellorMittal BioFlorestas, em Martinho Campos, MG. O experimento constituiu-se em um delineamento em blocos casualizados, com dois blocos, quatro intensidades de desbaste (0, 20, 35 e 50%), com e sem fertilização pós-desbaste. A idade técnica de desbaste foi determinada pelo método dos ingressos percentuais, sendo realizada aos 89 meses e a fertilização pós-desbaste determinada pelo método de exportação de nutrientes aos 107 meses. A análise dos dados foi feita aos 36 meses após o desbaste e 18 meses após a fertilização. Verificou-se que o método dos ingressos percentuais foi adequado do ponto de vista biológico para estimar a idade técnica do primeiro desbaste. O desbaste proporcionou maior influência na produção florestal, em relação à fertilização. O desbaste influenciou significativamente o crescimento do diâmetro, da área basal, do volume e da biomassa por hectare. A altura total e a altura de copa não diferenciaram estatisticamente dentre os tratamentos de desbastes. A fertilização realizada aos 18 meses pós-desbaste não afetou o crescimento e a produção das variáveis de povoamento analisadas. Não houve diferença estatística da eficiência de uso dos nutrientes em relação às intensidades de desbaste e à fertilização pós-desbaste. Observou-se relação positiva entre conteúdo de nutrientes e produção de matéria seca. O acúmulo de nutrientes para o conteúdo total na parte aérea e no tronco foi proporcional à intensidade de desbaste, sendo que o conteúdo reduziu à medida que aumentou a intensidade de desbaste, e não foi afetado significativamente pela fertilização pós-desbaste. O acúmulo de serrapilheira no solo não foi alterado significativamente em relação às intensidades de desbaste e à fertilização pós-desbaste; já o conteúdo de nutrientes, apresentou diferença estatisticamente significativa para o efeito desbaste apenas para o cálcio e para efeito fertilização para potássio, cálcio, magnésio e enxofre.

Palavras-chave: Desbaste, adubação, eucalipto, biomassa, nutrientes.

ABSTRACT

SILVA, J. V. **INFLUENCE OF THINNING AND FERTILIZATION IN PRODUCTION OF A SETTLEMENT OF EUCALYPTUS.** 2012. 49 p. Dissertation (Masters in Forest Science) – Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valleys, Diamantina, 2012.

This study aimed to evaluate the estimates of biomass production and nutrient in response to different intensities of thinning and fertilization after thinning in a stand of eucalypt clones. The experiment was installed in area owned by company ArcelorMittal BioFlorestas, in Martinho Campos, MG. The experiment consisted in a randomized block design, with two blocks, four thinning intensities (0, 20, 35 and 50%), with and without fertilizer after thinning. The technique age of thinning was determined by the percentage of entries method, being performed at 89 months and fertilization after thinning determined by nutrient export to 107 months. Data analysis was performed at 36 months after thinning, and 18 months after fertilization. Thinning provided greater influence on forest production in relation to fertilization. It was found that the percentage of entries method was adequate biologically to estimate technical age of first thinning. Thinning influenced the growth in diameter, basal area, volume and biomass per hectare. The total height and crown height did not differ statistically among the thinning treatments. Fertilization performed at 18 months after thinning did not affect the growth and yield of stand variables analyzed. There was no statistical difference in the efficiency of nutrient use in relation to the intensities of thinning and fertilization after thinning. There was positive relationship between nutrient content and dry mass production. The accumulation of nutrients to the total content in the of above ground and the stem was proportional to the intensity of thinning, and reduced content increased as the intensity of thinning, and was not affected by fertilization after thinning. The accumulation of litter on the ground has not changed significantly since the intensities of thinning and fertilization after thinning, whereas the content of nutrients showed statistically significant effect thinning only for calcium and effect fertilization for potassium, calcium, magnesium and sulfur.

Keywords: Thinning, fertilization, eucalypt, biomass, nutrients.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8

2 MATERIAIS E MÉTODOS 10
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS 14
2.2 DEFINIÇÃO DA IDADE DO DESBASTE 16
2.3 REALIZAÇÃO DO DESBASTE E COLETA DE DADOS 16

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 19
3.1 DEFINIÇÃO DA IDADE TÉCNICA DE CORTE..... 19
3.2 EFEITO DO DESBASTE E DA FERTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO FLORESTAL 23
3.3 RESPOSTA DO DESBASTE E DA FERTILIZAÇÃO NO CONTEÚDO DE NUTRIENTES DO TRONCO E PARTE AÉREA TOTAL..... 26

4 CONCLUSÕES 38

REFERÊNCIAS 39

APÊNDICES 44
APÊNDICE A 45
APÊNDICE B 47

1 INTRODUÇÃO

O efeito do desbaste na produção e qualidade de povoamentos florestais tem sido amplamente estudado e divulgado em várias partes do mundo. As principais publicações têm envolvido a modelagem do crescimento e da produção, antes e após a realização de desbastes, e a determinação simultânea do regime de desbaste e da rotação. Em geral todas as pesquisas visam responder às seguintes perguntas: quando e quanto desbastar e quais os efeitos do desbaste sobre o crescimento e qualidade dos povoamentos (FINGER e SCHNEIDER, 1999; SCOLFORO et al., 2001; SOARES et al., 2003; LEITE et al., 2004; DIAS, 2005).

Diversos estudos confirmam que o desbaste provoca um substancial incremento em diâmetro, por outro lado, a altura não está diretamente relacionada com a densidade porque não depende do espaçamento entre árvores, a não ser que a densidade seja extrema. Portanto, o incremento em altura não é afetado pelo peso dos desbastes (FLOR et al., 1983; AGUIAR, 1995). Os diâmetros máximos e médios são mais afetados do que o diâmetro mínimo (CAMPOS; TURNNBUL, 1981). De acordo com Pienar (1965), a produção total, em longo prazo, não é afetada pelo desbaste. Campos e Leite (2009) mencionaram que os desbastes não afetam significativamente a produção bruta, exceto quando a densidade é reduzida severamente, tornando o lugar subutilizado, e também raramente resultam em um aumento da produção bruta em volume. Segundo estes mesmos autores, a decisão sobre a prática de manejo deve ser baseada em considerações econômicas, levando-se em conta a produção de árvores de maior valor individual.

A utilização de fertilização em áreas desbastadas tem mostrado um efeito significativo sobre o acréscimo volumétrico pós-desbastes, principalmente o efeito de macronutrientes. Esta fertilização também tem mostrado um efeito altamente significativo sobre o crescimento em diâmetro, em altura e em volume (ASSMANN, 1970; JONES, 1977; DONALD, 1987; STAPE; MARTINI, 1991; STONEMAN e WHITFORD, 1995). O crescimento em diâmetro é mais afetado pelo desbaste do que pela fertilização (MESSINA, 1992). Em povoamentos desbastados a fertilização aumenta a produção de serrapilheira do sub-bosque (PAPANASTASI et al., 1995). Stoneman e Whitford (1995) observaram um aumento no crescimento de *Eucalyptus marginata* submetido à fertilização pós-desbaste.

O desbaste promove a abertura do dossel devido à retirada de certo número de árvores, fazendo com que ocorra o desenvolvimento de ramos epicórnicos e conseqüentemente promovendo a expansão da copa e também a retomada do crescimento. Essa expansão pode

levar à limitação nutricional, uma vez que a copa é a parte mais rica em nutrientes da parte aérea das árvores (SILVA et al., 1983). A prática do desbaste tende a reverter o estágio atual de desenvolvimento do povoamento para o estágio anterior ao de fechamento de copas, sendo bastante provável a resposta à fertilização (FORD, 1984; SILVA, 1999; GONÇALVES e BENEDETTI, 2000).

Em um povoamento florestal, as condições de mineralização da serrapilheira florestal, têm sido influenciadas pela intensidade de desbaste. A acumulação de nutrientes no solo da floresta diminuiu com o aumento da intensidade de desbaste (AUSSENAC, 1987). Uma operação de desbaste é seguida por uma mudança no microclima da floresta, reduzindo a evapotranspiração e aumentando a radiação solar que incide diretamente nas árvores remanescentes. O desbaste pode reduzir a competição entre as raízes das árvores e microorganismos decompositores (saprófitas) por água e nutrientes e desta forma melhorar a mineralização (WOLLUM e SCHUBERT, 1975).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as estimativas de produção de biomassa, conteúdo de nutrientes total de nutrientes na parte aérea e do tronco das árvores, em resposta a diferentes intensidades de desbaste e a fertilização pós-desbaste em um povoamento de clones de eucalipto.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

O experimento foi instalado em um povoamento de clones de eucalipto de propriedade da empresa ArcellorMittal BioFlorestas, em Martinho Campos, Minas Gerais. O clima da região é do tipo Cwa segundo classificação de Köppen, caracterizado por verões úmidos e invernos secos (EIDT, 1968), com temperatura média anual entre 19,8 e 25,3 ºC. A precipitação durante o período do crescimento do povoamento em estudo, de 2000 a 2010 é apresentada na Figura 1.

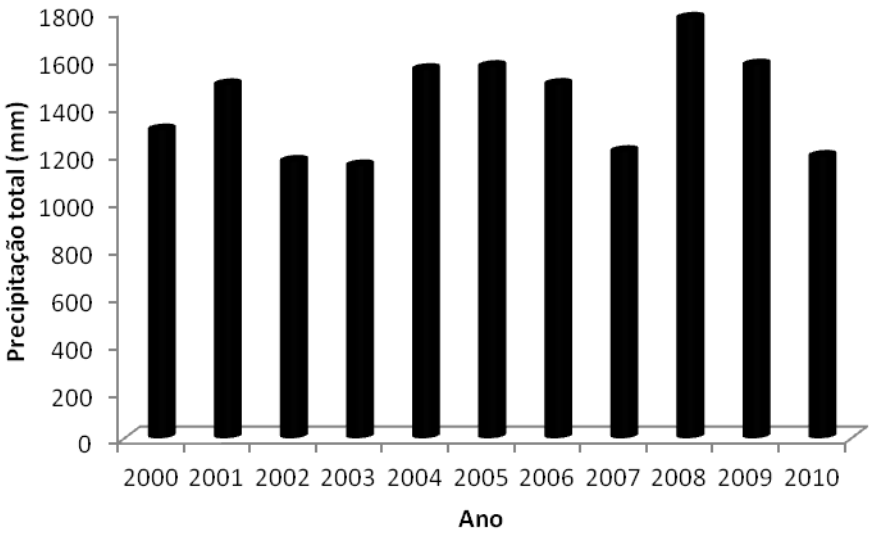


Figura 1 - Precipitação anual da região onde o experimento foi instalado, desde o ano de plantio do povoamento experimental até a última coleta de dados.

Fonte: Dados internos ArcelorMittal BioFlorestas.

O experimento constituiu-se em um delineamento em blocos casualizados, com dois blocos sendo dois locais diferentes (capacidade produtiva superior e inferior), quatro níveis de intensidades de desbaste e dois níveis de fertilização (aplicados em parcelas gêmeas). Totalizando 30 parcelas permanentes, sendo 16 normais e 14 gêmeas (Figura 2). Em que foi analisado o efeito principal e da interação dos fatores desbaste (parcela) e fertilização (subparcela) sobre produção de biomassa e de nutrientes dos diferentes componentes das árvores.

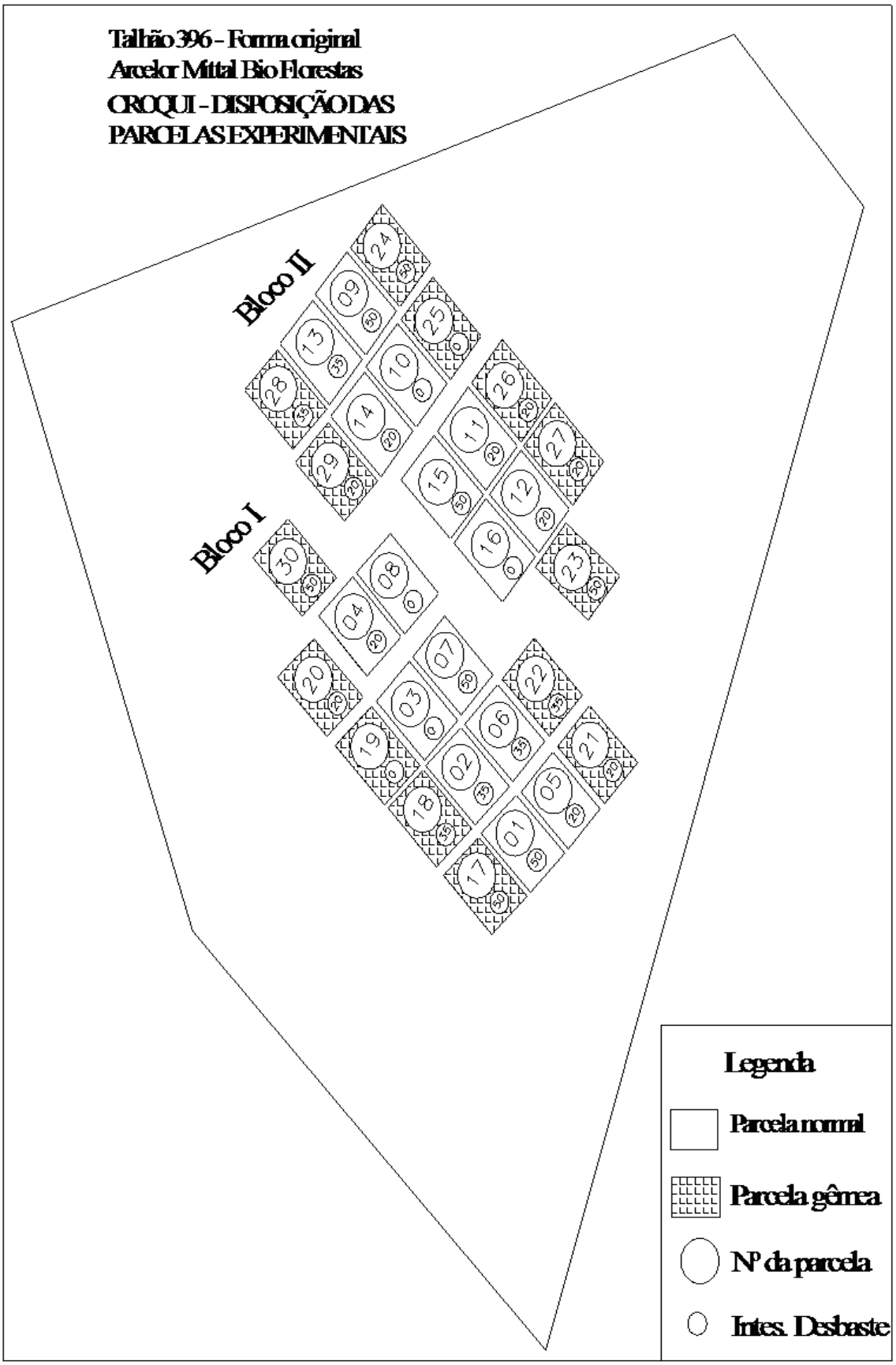


Figura 2 - Distribuição das parcelas na área experimental.

As parcelas permanentes possuíam formas retangulares com tamanho médio de 2.600 m^2. Elas foram implantadas em povoamentos de clones de eucalipto (Clone 1270) aos 27 meses de idade, espaçamento de 3 x 2 m. As parcelas foram medidas aos 27; 38; 51; 63,5; 75,7; 81,6; 99,8; 104,64; 111,9; 124,9 meses. Em cada medição e em cada parcela obteve-se: a circunferência a 1,30 m (*cap*) de todas as árvores, a altura total (*Ht*) e a altura total de cinco árvores dominantes.

Os blocos foram definidos conforme a capacidade produtiva do local, definida pelo método da curva-guia com idade índice adotada de 63 meses. A idade índice foi determinada pela idade onde foi realizada a quarta medição de inventário, sendo esta mais próxima da estagnação do crescimento.

Foram empregados os seguintes níveis de fertilização: F0, sem fertilizantes e F1, com fertilizantes. Os procedimentos de campo para fertilização e a quantidade e tipo de fertilizantes (kg de macro por ha) foram definidos com base no sistema do balanço nutricional, ou seja, na diferença entre a exportação de nutrientes pela remoção da biomassa de tronco para cada tratamento, para isto foram colhidas 15 árvores-amostra, sendo a árvore com o valor do diâmetro médio da parcela, sendo que cada parcela representava um tratamento de desbaste (0, 20, 35 e 50 % de remoção de área basal).

Na definição da fertilização pelo sistema de balanço nutricional, se a diferença estimada no balanço nutricional foi positiva (requerimento maior que suprimento), realizou-se a aplicação de fertilizante; quando negativa ou nula (requerimento inferior ou igual ao suprimento), não se realizou a aplicação de fertilizante. Considerou-se que 100% dos nutrientes contidos nas folhas e galhos das árvores removidas serão novamente absorvidos pelas plantas remanescentes à medida que forem mineralizados. Para cada nutriente, uma vez obtido seu conteúdo na árvore ou em parte dela, este foi dividido pela taxa de recuperação pela planta do nutriente aplicado ao solo como fertilizante, obtendo-se o requerimento do nutriente pela planta.

Como o teor de um nutriente indicado na análise química de solo é um índice de disponibilidade e não seu teor realmente disponível dividiu-se o teor de um nutriente indicado na análise de solo pela respectiva taxa de recuperação do extrator para obter a quantidade do nutriente suprida pelo solo em (mg dm^{-3}). Em seguida, multiplicou-se o valor obtido pelo volume de solo explorado pelas raízes (dm^3 ha^{-1}) e, depois, dividiu-se o resultado por um milhão (para transformar mg ha^{-1} em kg ha^{-1}), obtendo-se o suprimento do nutriente

proveniente do solo (kg ha^{-1}). Neste trabalho considerou que 100% dos nutrientes disponíveis da camada de 0 a 20 e 50% da camada de 20 a 40 cm serão absorvidos pela planta.

O resultado da análise de solo antes da implantação do tratamento desbaste é descrito na Tabela 1. Na Tabela 2 é apresentado o resultado da análise de solo antes do tratamento fertilização pós-desbaste.

Tabela 1 – Resultado da análise de solo da área experimental (talhão) antes da instalação dos tratamentos, aos 24 meses de idade

Profundidade	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M. O.	A	S	Arg
----cm----		--mg/dm³--		--------$cmol_c$/dm³--------				----------%----------			
0-20	4,2	1,6	11	0,4	0,2	1,1	7,4	1,6	7	32	61
20-40	4,2	1,1	10	0,4	0,2	1	7,1	1,5	3	36	61
40-60	4,3	0,7	4,6	0,4	0,3	0,8	5,5	1,1	2	27	71

0-20, 20-40, 40-60: profundidade das amostras em centímetros.
A: Areia; S: Silte; Arg: Argila.
pH em água - Relação 1:2,5; P e K - Extrator Mehlich; Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol/L; H + Al - Extrator Acetato de cálcio 0,5 mol/L; M.O. - Matéria orgãnica = C. org x 1,724.

Tabela 2 – Resultado da análise de solo antes da realização da fertilização pós-desbaste, aos 99 meses de idade

Tratamento	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M. O.
		----mg/dm³----		----------$cmol_c$/dm³----------				----%---
T1 0-20	5,2	1,0	14	0,3	0,2	0,5	5,8	0,8
T1 20-40	4,5	0,8	12	0,3	0,2	1,3	8,1	1,7
T1 40-60	5,4	0,9	5	0,4	0,3	1,5	5,2	0,9
T2 0-20	4,9	3,4	14	0,4	0,2	1,9	10,2	1,9
T2 20-40	4,7	0,9	10	0,7	0,3	1,6	9,1	1,5
T2 40-60	5,0	0,3	8	0,3	0,2	0,8	6,5	1,7
T3 0-20	4,6	1,0	12	0,3	0,2	1,1	8,1	1,7
T3 20-40	4,9	0,4	10	0,2	0,1	1,0	8,1	1,6
T3 40-60	5,0	2,2	7	0,6	0,3	1,1	7,3	1,5
T4 0-20	4,7	3,4	13	0,6	0,2	1,8	9,1	3,0
T4 20-40	5,1	0,8	8	0,2	0,1	1,1	6,5	1,5
T4 40-60	5,0	0,5	6	0,2	0,1	1,0	5,8	1,0

T1: 0% de desbaste; T2: 20% de desbaste; T3: 35% de desbaste; T4: 50% de desbaste.
F: Tratamento fertilizado (parcelas convencionais) pós-desbaste; NF: Tratamento sem fertilização (parcelas gêmeas).
0-20, 20-40, 40-60, 60-80: profundidade das amostras em centímetros.
A: Areia; S: Silte; Arg: Argila.
pH em água - Relação 1:2,5; P e K - Extrator Mehlich; Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol/L; H + Al - Extrator Acetato de cálcio 0,5 mol/L; M.O. - Matéria orgãnica = C. org x 1,724.

A aplicação do fertilizante foi realizada pelos técnicos da empresa ArcelorMittal BioFlorestas na projeção da copa próximo ao tronco, sobre a camada de folhas. A quantidade e o fertilizante aplicado estão descrito na Tabela 3.

Tabela 3 - Fertilização aplicada nas parcelas gêmeas em setembro de 2009

Tratamento	NPK 06:30:12 + 1% B +1% Zn + 0,7 % Cu	KCl (54 % K2O + 1% B)
	----------g/planta----------	
0% (testemunha)	0	0
20%	55	0
35%	111	78
50%	202	267

2.2 DEFINIÇÃO DA IDADE DO DESBASTE

Para definir a época mais adequada para realizar o primeiro desbaste foi empregado o método dos ingressos percentuais (MIP) apresentado detalhadamente por Nogueira et al. (2001). Neste método considera-se a dinâmica de crescimento do povoamento com base no ingresso sucessivo de árvores em novas classes diamétricas. O termo ingresso é utilizado para definir as árvores no qual, com o crescimento das árvores do povoamento, ao passar dos anos, migram de uma classe para outra. Para quantificar os ingressos em idades superiores à última medição emprega-se um modelo de distribuição diamétrica. Este modelo consiste na recuperação dos parâmetros de uma função densidade de probabilidade (*f.d.p*) ao longo dos anos. Neste estudo, foi utilizada a função Weibull devido ser uma das mais utilizadas neste tipo de modelagem, e também pela característica de grande flexibilidade para diferentes distribuições.

O ajuste da função Weibull foi feito pelo método da aproximação linear e para projeção da distribuição diamétrica para idades mais avançadas foram empregadas regressões que relacionam variáveis do povoamento aos parâmetros da função Weibull. As equações do modelo de distribuição diamétrica foram ajustadas empregando-se os dados de cinco medições de todas as parcelas permanentes, resultando em um único sistema de equações para os dois locais com capacidade produtiva diferentes.

O ingresso de árvores em novas classes diamétricas corresponde o ingresso a partir do diâmetro em que duas funções de densidade de probabilidade (*f.d.p.*) se igualam, definindo-se o diâmetro diferenciador. Para calcular o ingresso percentual de árvores, em classes de

diâmetros sucessivas ao longo do tempo, foi utilizado um aplicativo computacional que utiliza os valores de β e γ da função Weibull em duas idades consecutivas. Para identificar a idade em que os ingressos percentuais (*IP*) em novas classes de diâmetro fossem não-significativos, ajustou-se um modelo exponencial justaposto a um modelo linear simples, conforme Nogueira et al. (2001), sendo a variável dependente o ingresso percentual médio e a variável independente a idade (GOUDRIAAN, 1994). A forma matemática do modelo expolinear é:

$$IP = \left(\frac{\beta_1}{\beta_2}\right) Ln\left[1 + e^{\beta_2 (I - ITD)}\right] + \varepsilon$$

Em que:

IP = ingresso percentual;

I= idade em meses;

β_1 = parâmetro que indica o crescimento máximo absoluto do ingresso percentual de árvores na fase linear da curva;

β_2 = parâmetro que indica o crescimento máximo relativo do ingresso percentual de árvores na fase exponencial da curva;

ITD = parâmetro que indica a mudança da fase linear para a fase exponencial, indicando o momento do desbaste;

ε= Erro aleatório.

Para a estimação da idade em que os ingressos percentuais não fossem mais significativos, ajustou-se um modelo expolinear, a partir dos dados do ingresso percentual médio (IPM), que é o ingresso percentual dividido pela idade em que foi determinado, e da idade, para cada local.

Neste estudo foi analisada a eficiência do método dos ingressos percentuais no que diz respeito ao comportamento biológico das projeções das distribuições diamétricas e, conseqüentemente, da estimação das idades técnicas de desbaste. Para isto, foi ajustado um único modelo de distribuição de diâmetro para locais com capacidades produtivas diferentes e foi ajustado um modelo expolinear separadamente para cada local. Com isto, foi possível avaliar o efeito do site sobre a idade técnica de desbaste.

2.3 REALIZAÇÃO DO DESBASTE E COLETA DE DADOS

O desbaste foi realizado aos 89 meses, em fevereiro de 2008. As intensidades de desbaste avaliadas neste trabalho foram:

T1 = testemunha (0% de desbaste em área basal presente e sem fertilização);

T2 = 20% de desbaste em área basal presente, eliminando os piores indivíduos (com e sem fertilização);

T3 = 35% de desbaste em área basal presente, eliminando os piores indivíduos (com e sem fertilização);

T4 = 50% de desbaste em área basal presente, eliminando os piores indivíduos (com e sem fertilização).

A aplicação da fertilização foi realizada 10 meses após o desbaste, ou seja, aos 104 meses, em setembro de 2009.

O efeito dos tratamentos foi avaliado empregando-se os dados obtidos aos 124,9 meses, ou seja, 35,9 meses após o desbaste e 18 meses após a fertilização. As variáveis analisadas resultante da totalização dos dados das parcelas foram: volume total, com casca (*Vcc*), volume individual médio, com casca (*Vicc*), área basal (*B*), diâmetro médio (*q*), altura total média (*Ht*), altura dominante (*Hdom*), altura da copa (*Hcopa*), número de árvores por hectare (*N/ha*).

O cálculo de volume, biomassa e conteúdo de nutrientes foi realizado seguindo a metodologia da árvore modelo, ou seja, selecionando uma árvore com o valor referente ao diâmetro médio quadrático da parcela, para representar a parcela (repetição do tratamento). Em cada árvore modelo foi realizada a cubagem rigorosa (Smalian). Foi realizada análise de macro nutrientes dos componentes: folha, galho, casca e tronco da árvore modelo. A partir destas análises, foi determinada a quantidade de nutrientes por hectare em cada parcela e também sua eficiência de utilização de nutrientes (Kg de biomassa/Kg de nutriente) em cada nutriente em seu respectivo componente.

Para obtenção de amostras de material vegetal dos componentes da planta para análise química, após a realização da cubagem rigorosa pelo método de Smalian, cada árvore foi dividida em lenho, casca, ramos e folhas e seus componentes pesados. Para amostra de lenho foram coletadas amostras de serragem, e amostras de galhos e folhas foram coletadas após homogeneização do material. A casca foi amostrada em toda a extensão do tronco. Estas subamostras foram submetidas à secagem a 65 ºC em estufa com circulação forçada de ar, até

peso constate, para determinação da matéria seca.

As amostras de serrapilheira acumuladas sobre o solo foram coletadas em cinco pontos de cada tratamento (em cada extremidade e no meio da parcela), em uma área de 0,25 m^2, delimitada por um gabarito de 50 x 50 cm. Após a obtenção do peso total das amostras de serrapilheira, estas foram homogeneizadas para obter uma subamostra composta para determinação análise química de macro nutriente.

Foi coletada uma amostra de solo por parcela (no centro da parcela). As amostras de solo foram coletadas no centro da parcela em três profundidades, sendo 0-20, 20-40 e 40-60. A partir das amostras simples por parcelas, foram determinadas amostras compostas, sendo que uma amostra composta representa cada tratamento e sua respectiva profundidade. Nessas amostras foram determinados o pH em água, o P e o K extraídos com $Mehlich^{-1}$, Ca^{+2}, Mg^{+2} e Al^{+3} extraídos com KCl 1 mol/L e (H + Al) por extração com $Ca(OAc)^2$ 0,5 mol/L, a pH 7,0 e carbono orgânico (CO), pelo método de Walkley-Black. Realizou-se apenas uma análise física do solo por tratamento.

Nas amostras de tecido vegetal e serrapilheira, determinaram-se os teores de: P por calorimetria (BRAGA; DEFELIPO, 1974); de K por fotometria de emissão de chama; de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica; de N total pelo método Kjeldahl. O conteúdo de cada nutriente foi estimado, multiplicando-se o seu teor pelo peso de matéria seca do componente em questão, e a eficiência de utilização dos nutrientes, por meio da relação entre o peso de matéria seca e o conteúdo de nutrientes de cada componente da árvore contidos na matéria seca do componente.

Outras características de importância silvicultural foram mensuradas aos 129 meses: radiação fotossinteticamente ativa (*PAR*), potencial mátrico do solo.

A radiação fotossinteticamente ativa (*PAR*) foi determinada através do aparelho *Accupar* na altura aproximada de 1 m do solo, coletando cinco pontos em cada parcela, sendo nas extremidades e um ponto no centro da parcela. Importante ressaltar que o horário de coletas da radiação solar foram realizadas em torno de 11:30 h às 13:00 h, período do dia em que a incidência dos raios solares ocorre com maior intensidade.

O potencial mátrico, ou seja, o potencial de retenção de umidade do solo foi determinado pela sonda digital (Sonda W. E. T. Sensor). As leituras do equipamento foram feitas introduzindo os sensores no solo, em cinco pontos por parcela, sendo nas extremidades e um ponto no centro da parcela.

Para verificar a normalidade dos dados empregou-se o teste de Lilliefors e para homogeneidade de variância empregaram-se os testes de Cochran e de Bartley. Empregou-se

o teste de Tukey, em nível de 95 % de probabilidade, para comparações múltiplas entre médias. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software STATISTCA 10.0 (2010).

Neste experimento houve um problema quanto ao número de repetições de parcelas para a testemunha, devido a questões operacionais na instalação do experimento não foram instaladas as duas parcelas gêmeas das parcelas com intensidade de 0% de desbaste. Para proceder ao cálculo da análise de variância como blocos completos, os valores médios obtidos nas parcelas convencionais foram assumidos como sendo os valores das parcelas inexistentes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DEFINIÇÃO DA IDADE TÉCNICA DE DESBASTE

A equação ajustada, para se obter a curva-guia, foi a de Schumacher, sendo:

$Ln(Hd) = 3{,}697742 - \frac{38{,}4222}{I}$, com $R^2 = 0,92$, em que

Hd = altura dominante em metros;

I = idade em meses.

As curvas guias obtidas são representadas na figura 3. O *site* médio para o sítio superior foi de 21 (Bloco I) e o *site* médio para o sítio inferior foi de 17 (Bloco 2).

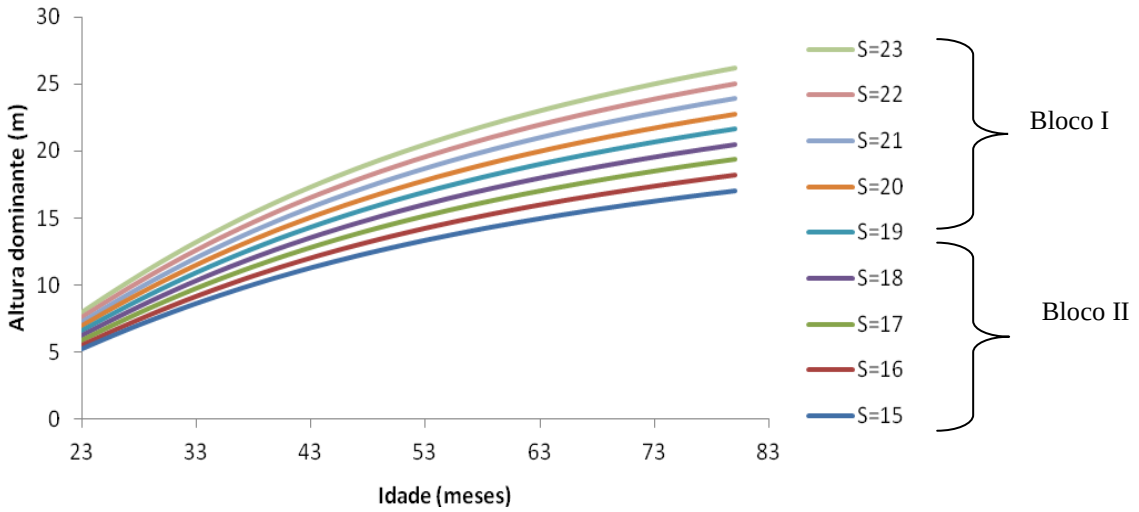


Figura 3 - Curvas de índices de local para o sítio melhor e o sítio pior com idade-índice de 63 meses.

As equações do modelo de distribuição de diâmetro, obtidas para estimar os parâmetros da *f. d. p* (Weibull), o *Dmax* e o número de árvores por hectare (N_2) para as idades futuras, juntamente com seus coeficientes de correlação (R_{xy}), foram:

$$\beta_2 = \beta_1\left(\frac{I_1}{I_2}\right) + 7{,}095763\left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right) + 0{,}596232\left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right)(D\max_2) \quad ; r_{xy} = 0{,}9641$$

$$\gamma_2 = \gamma_1 \exp\left(-207{,}3272\left(I_1^{0{,}001260} - I_2^{0{,}001260}\right)\right) ; r_{xy} = 0{,}8490$$

$$D\max_2 = D\max_1\left(\frac{I_1}{I_2}\right) + 9{,}6306\left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right) + 1{,}2707\left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right)(\beta_1) \quad ; r_{xy} = 0{,}9643$$

$N_2 = N_1 \exp\left(-7{,}0174\left(I_1^{-5{,}0219} - I_2^{-5{,}0219}\right)\right)$; r_{xy}= 0, 9991

em que:

β_1, γ_1 = parâmetros de escala e de forma da função Weibull nas idades presentes;

β_2, γ_2 = parâmetros de escala e de forma da função Weibull nas idades futuras;

I_1, I_2 = idades presente e futura;

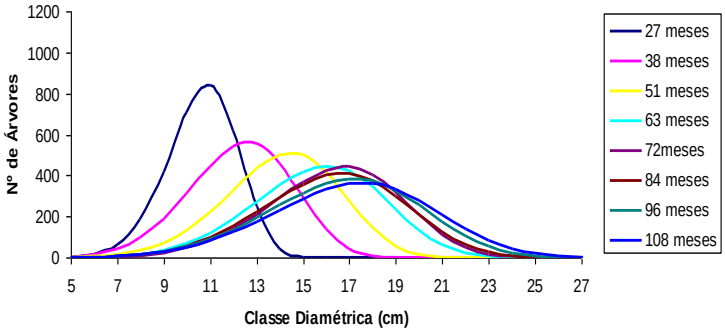
$D\max_1, D\max_2$ = Diâmetros máximos nas idades presente e futura; e

N_1, N_2 = Número de árvores nas idades presente e futura.

Dessa forma, verificou-se que o efeito de site foi contemplado no sistema de equações, já que os valores observados (β_1, γ_1, $Dmax_1$ e N_1), obtidos na medição das parcelas permanentes, são específicos para cada local. Em outras palavras, as curvas médias geradas pelas equações representam cada local, conseqüentemente, as projeções das distribuições diamétricas e o ingresso de árvores em novas classes de diâmetro também refletem a capacidade produtiva do local (Figuras 4 e 5).

Projetaram-se a distribuição diamétrica de cada parcela até a idade de 108 meses. O resultado pode ser observado na Figura 5, onde são apresentadas as projeções das distribuições diamétrica médias separadamente para os locais com maior e menor capacidade produtiva. Os valores dos ingressos percentuais para os dois locais são apresentados nos gráficos da Figura 5. O efeito da capacidade produtiva do local pode ser observado ao comparar a forma e posição das curvas dos gráficos da Figura 4, a distribuição dos pontos nos gráficos da Figura 5 e a inclinação da curva nos gráficos da Figura 6.

a)



b)

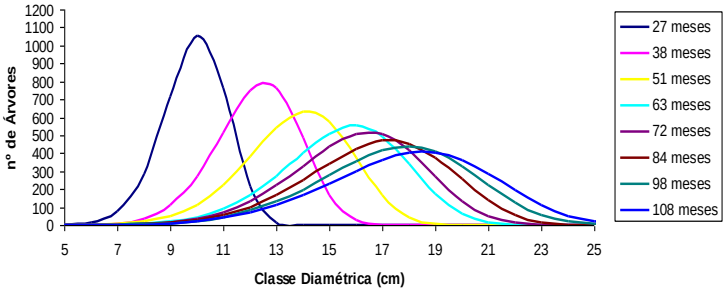
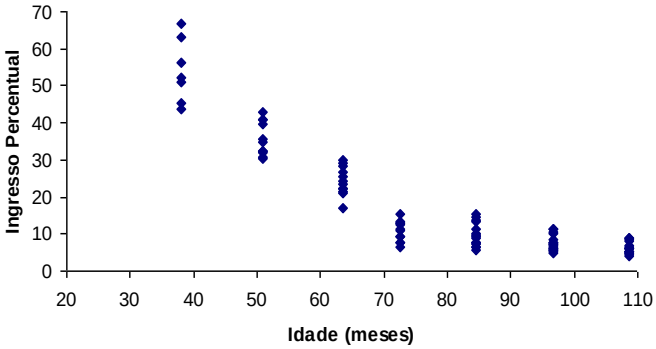


Figura 4 - Distribuição diamétrica projetada para as idades de 27 a 108 meses para o local de maior (a) e o de menor (b) capacidade produtiva.

a)



b)

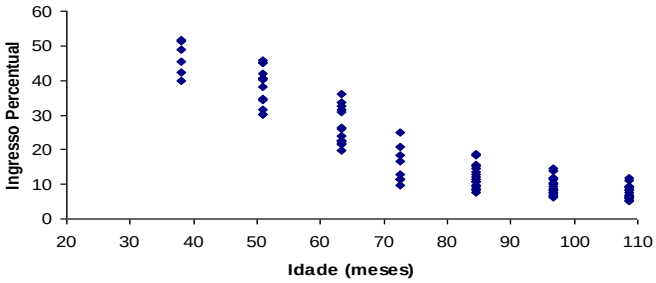


Figura 5 – Ingresso percentual em função da idade para o local de maior (a) e o de menor (b) capacidade produtiva.

As equações expolineares obtidas para o local de maior e de menor capacidade produtiva, com coeficiente de correlação, foi:

$$IPM = \left(\frac{-0{,}039383}{-7{,}06070}\right) Ln[1 + \exp(-7{,}06070(I - 71{,}76266))], \text{ com } r_{xy} = 0{,}9604$$

$$IPM = \left(\frac{-0{,}026845}{-7{,}22203}\right) Ln[1 + \exp(-7{,}22203(I - 80{,}44262))], \text{ com } r_{xy} = 0{,}9592$$

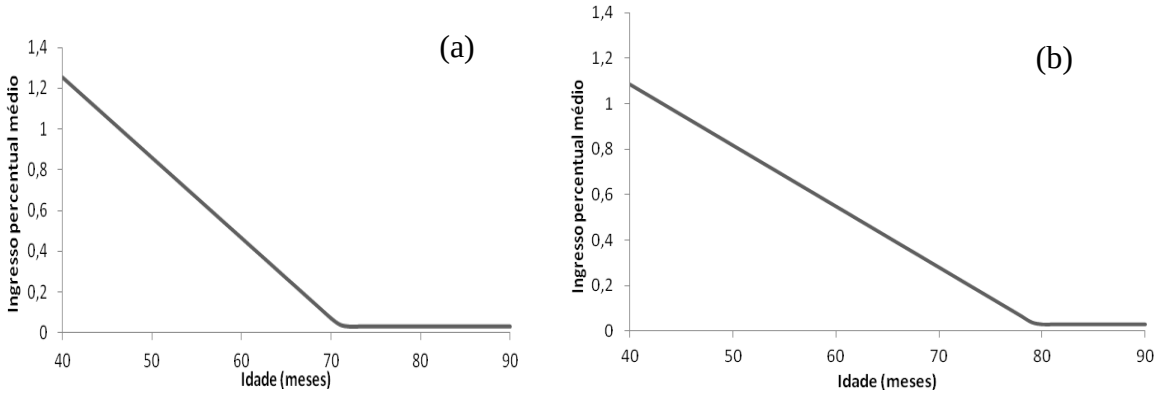


Figura 6 – Curvas de ingresso percentual indicando a idade em que há mudança no comportamento das taxas de ingresso, (a) sítio superior e (b) sítio inferior.

A estimativa do parâmetro β_3 da equação expolinear indica o momento em que a curva muda da fase linear para a exponencial (Figura 8), indicando o momento de estagnação do crescimento, ou seja, a idade técnica para realização do desbaste (ITD). Na fase linear da curva ocorre ingresso significativo de árvores em sucessivas classes de diâmetro, já durante a fase exponencial da curva, o ingresso de árvores não é mais significativo. Dessa forma, para o local de maior capacidade produtiva a ITD foi de 71,76 meses e para o local de menor capacidade produtiva esta idade foi de 80,44 meses. Com base nesses valores, pôde-se observar a consistência do método dos ingressos percentuais, uma vez os resultados foram coerentes com a expectativa, ou seja, a estagnação do crescimento ocorre primeiramente no local maior capacidade produtiva. Sendo assim, pode-se inferir que o método dos ingressos percentuais é adequado do ponto de vista biológico para estimar a idade técnica de desbaste.

Nogueira et al. (2003), utilizando o método de ingressos percentuais para determinar a idade de desbaste em um povoamento de eucalipto localizado no nordeste do estado da Bahia, comprovaram a eficiência deste método para identificar a idade técnica do primeiro e do segundo desbaste.

3. 2 EFEITO DO DESBASTE E DA FERTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO FLORESTAL

Os valores médios das variáveis avaliadas obtidas através da totalização das parcelas convencionais (sem fertilização - S/F) e gêmeas (com fertilização - C/F), aos 18 meses após a fertilização pós-desbaste são apresentados nas Tabelas 4 e 5. Os resultados das análises de variância são apresentados de forma resumida no apêndice A (Tabelas 1A e 2A).

Tabela 4 – Valores médios por tratamento do volume total com casca (*Vcc*), do volume individual (*Vicc*), do incremento médio anual (*IMA*) e da Biomassa total (*W*), intensidade luminosa (*PAR*), potencial mátrico do solo (*PMS*) e conteúdo de serrapilheira por hectare aos 124,9 meses

Tratamento	*Vcc* (m³/ha)	*Vicc* (m³)	*IMA* (m³/ha/ano)	*W* (ton/ha)	*PAR* (µmol/ms²)	PMS (m^3m^{-3})	Serrapilheira (ton/ha)
0 S/F	360,0	0,242	34,5	207,1	497,90	0,1458	16,9
0 C/F	386,2	0,245	37,1	205,1	478,43	0,1416	17,0
20 S/F	326,5	0,288	31,3	184,5	443,25	0,1431	16,5
20 C/F	349,0	0,295	33,5	191,1	477,35	0,1392	15,6
35 S/F	258,2	0,292	24,8	136,8	490,65	0,1378	16,0
35 C/F	281,0	0,323	27,0	153,9	506,80	0,1416	16,0
50 S/F	209,3	0,313	20,1	112,8	475,80	0,1310	15,5
50 C/F	205,8	0,309	19,8	111,8	482,65	0,1329	18,0

S/F: Sem fertilização pós-desbaste; C/F: Com fertilização pós-desbaste.

Tabela 5 – Valores médios por tratamento da altura total média (*H*), da altura dominante (*Hd*), da altura de copa (*H* copa), da área Basal (*B*) e do número de árvores por hectare (*N/ha*) aos 124,9 meses

Tratamento	*H* (m)	*Hd* (m)	*H* copa (m)	*q* (cm)	*B* (m²/ha)	*N/ha*
0 S/F	25,3	27,5	2,7	14,7	25,4	1483
0 C/F	25,7	28,1	2,7	14,7	26,7	1575
20 S/F	26,2	27,8	3,9	15,9	22,7	1134
20 C/F	26,5	28,1	3,6	15,9	23,5	1188
35 S/F	26,1	27,5	2,7	16,3	18,6	884
35 C/F	26,4	27,5	3,4	16,6	19,0	875
50 S/F	26,1	27,3	3,3	16,7	14,7	668
50 C/F	26,6	27,9	3,9	16,8	14,8	668

S/F: Sem fertilização pós-desbaste; C/F: Com fertilização pós-desbaste.

Nota-se pelo teste F que não houve interação significativa ($P \geq 0,05$) entre parcela x subparcelas nas características avaliadas (Apêndice A, Tabelas 1A e 2A), evidenciando que os fatores desbaste e fertilização pós-desbaste são independentes, ou seja, o comportamento do desbaste independe da variação (ausência ou presença) da fertilização. O efeito principal da fertilização foi não significativo para todas as variáveis analisadas. O efeito principal do desbaste foi significativo para volume por hectare, incremento médio anual, biomassa por hectare, diâmetro médio, área basal e número de árvores por hectare; e foi não significativo para volume por árvore, altura total, altura dominante e altura de copa.

Segundo Miller (1995), logo após o período de fechamento das copas no povoamento florestal, a ciclagem de nutrientes, tanto a bioquímica, quanto à biogeoquímica, predomina e a demanda nutricional do povoamento passa a ser suprida pela retranslocação de nutrientes via queda e decomposição do *litter*. Isto pode explicar o motivo da não influência da fertilização pós-desbaste nas variáveis analisadas neste estudo, principalmente pela idade avançada da floresta no momento da fertilização onde a ciclagem de nutrientes já predominava.

O efeito do desbaste foi não significativo para altura total e altura dominante, comprovando que os desbastes não afetam o crescimento em altura quando o povoamento se encontra em idades avançadas, como já descrito por diversos trabalhos como Aguiar et al. (1995), Sanquetta et al. (2004), Trevisan (2006), Monte et al. (2009) e Trevisan (2010).

O volume individual por árvore, não diferiu significativamente nos tratamentos ($p \geq 0,05$) de desbaste porque não houve diferença estatística entre os tratamentos para a variável altura total e a diferença entre os diâmetros, apesar de estatisticamente significativa, não foi muito substancial.

A altura de copa não diferenciou estatisticamente dentre os tratamentos de desbaste ($p \geq 0,05$) e este resultado influenciou diretamente na não significância do efeito do desbaste na intensidade luminosa e na produção de serrapilheira. Os principais motivos para este fato provavelmente foram: não houve diferença na altura de desrama; não houve diferença estatística entre os tratamentos de desbaste para a variável altura total e altura dominante; o desbaste foi seletivo, eliminando-se os piores indivíduos, dessa forma o dossel superior de todas as parcelas não foi alterado de forma significativa, mesmo para o tratamento 4 (50% de colheita da área basal); o crescimento das árvores após o desbaste foi insuficiente para proporcionar diferenças entre os tratamentos na produção de galhos e de folhas.

Nenhum dos efeitos principais (desbaste e fertilização) foi significativo para o potencial mátrico do solo, para a intensidade luminosa e para a quantidade de serrapilheira por hectare. Uma das causas provável para esta não significância pode ter sido o método de

desbaste empregado, uma vez que o grupo de árvores remanescentes era composto por árvores sadias e de maior porte. Nota-se em relação a outros trabalhos (KOLM e POGGIANI, 2003; FREITAS et al., 2004; CUNHA et al., 2005) que neste estudo obteve-se alto conteúdo de serrapilheira acumulado sobre o solo.

As diferenças estatísticas entre as médias dos tratamentos de desbaste para as variáveis *Vcc*, *IMA*, *W*, *q*, *B*, *N/ha*, foram identificadas pelo teste de Tukey, a 95% de probabilidade, conforme pode ser observado nas Tabelas 6 e 7. Como eram esperados, todos os tratamentos de desbaste apresentaram diferenças estatísticas paras as médias de área basal e de número de árvores.

Para as variáveis de volume total com casca, incremento médio anual e produção de biomassa, as maiores produções ocorreram nos tratamentos com maior número de árvores por hectare. Estes resultados estão conforme Medhurst et al. (2001), Trevisan et al. (2006), Monte et al. (2009), onde menores intensidades de desbaste resultam numa maior produção do povoamento florestal.

O tratamento sem desbaste (testemunha) e o desbaste 20% foram estatisticamente semelhantes para o incremento em diâmetro médio, por outro lado, os desbastes mais pesados (35 e 50% de remoção da área basal) proporcionaram maiores incrementos em diâmetro. Logicamente, uma redução no número de planta reduz a competição entre plantas, favorecendo uma retomada no crescimento em diâmetro. Resultados como estes foram observados por Aguiar et al. (1995), Dias (2005), Monte et al. (2009), onde desbastes mais pesados proporcionou um maior crescimento em diâmetro.

Resultado semelhante a este também pode ser observado em outra espécie florestal, como observado por Schneider e Finger (1994), onde as intensidades de desbaste em povoamento de pinus até o nível de remoção de 35% das árvores proporcionaram ganhos máximos de produção. Já para o diâmetro médio, observa-se influência direta da intensidade do desbaste, onde o desbaste mais pesado resultou num maior diâmetro.

Tabela 6 - Médias das intensidades de desbaste, nas variáveis volume com casca (*Vcc*), incremento médio anual (*IMA*), Biomassa (*W*) aos 124,9 meses

Desbaste (%)	*Vcc* (m³/ha)				*IMA* (m³/ha/ano)				*W* (ton/ha)			
0	373,18	a			35,85	a			206,07	a		
20	337,76	a	b		32,45	a	b		187,84	a	b	
35	269,67		b	c	25,91		b	c	145,43		b	c
50	207,6			c	19,94			c	112,35			c

Médias seguidas pela mesma letra indicam igualdade ao nível de 95 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 7 - Médias das intensidades de desbaste, nas área basal (*B*), diâmetro médio (*q*), e número de árvores (*N/ha*) aos 124,9 meses

Desbaste (%)	*B* (m²/ha)					*q* (cm)				*N/ha*				
0	26,04	a				14,7			c	1530	a			
20	23,1		b			15,9		b		1162		b		
35	18,81			c		16,5	A	b		880			c	
50	14,77				b	16,8	A			668				d

Médias seguidas pela mesma letra indicam igualdade ao nível de 95 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

3. 3 RESPOSTA DO DESBASTE E DA FERTILIZAÇÃO NO CONTEÚDO DE NUTRIENTES DO TRONCO E PARTE AÉREA TOTAL

A análise de solo realizada aos 23 meses antes do desbaste (Tabela 1), após o desbaste e antes da fertilização (Tabela 2) e após a fertilização pós-desbaste (Tabela 8) mostrou uma homogeneidade destas variáveis na área experimental. Em todos os tratamentos os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) podem ser classificados, de acordo com Alvarez et al. (1999), como muito baixo e baixos, já o pH, Al, H+Al, SB, t, T, m e V estão na faixa de classificação intermediária. Sendo assim, pôde-se constatar que o desbaste e a fertilização não afetaram diretamente as características químicas do solo.

Tabela 8 - Resultado das análises de solo após o desbaste e a fertilização pós-desbaste aos 124,9 meses

Tratamento	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M. O.
		----- mg/dm³ -----		----------cmol$_c$/dm³----------				---%---
T1 0-20	4,6	1,43	15,9	0,3	0,3	1,36	11,4	1,8
T1 20-40	4,5	0,30	13,3	0,2	0,2	1,08	10,2	1,8
T1 40-60	4,8	0,59	8,0	0,1	0,1	0,88	9,10	1,5
T2 F 0-20	5,0	0,94	11,6	0,3	0,3	1,32	11,4	1,5
T2 F 20-40	4,6	0,68	11,6	0,3	0,2	1,12	10,2	1,3
T2 F 40-60	4,6	0,51	7,0	0,2	0,1	0,92	7,30	1,1
T2 NF 0-20	4,5	1,40	16,2	0,3	0,2	1,40	11,4	1,8
T2 NF 20-40	4,8	2,13	9,3	0,2	0,1	0,96	8,10	1,2
T2 NF 40-60	4,6	1,19	7,0	0,3	0,1	0,90	8,10	1,3
T3 F 0-20	4,5	1,57	13,9	0,2	0,1	1,24	10,2	1,5
T3 F 20-40	4,5	1,40	13,9	0,3	0,1	1,18	10,2	1,4
T3 F 40-60	4,5	1,02	9,3	0,2	0,2	1,00	10,2	1,4
T3 NF 0-20	4,4	0,76	13,9	0,2	0,1	1,30	11,4	1,6
T3 NF 20-40	4,5	0,46	11,6	0,2	0,1	0,98	10,2	1,5
T3 NF 40-60	4,7	0,38	7,0	0,3	0,1	0,90	9,10	1,1
T4 F 0-20	4,5	1,31	13,9	0,4	0,2	1,28	12,7	1,6
T4 F 20-40	4,5	1,13	11,6	0,2	0,1	1,06	12,7	1,5
T4 F 40-60	4,6	0,90	9,3	0,2	0,2	0,88	11,4	1,3
T4 NF 0-20	4,5	1,10	13,9	0,3	0,1	1,38	14,2	1,7
T4 NF 20-40	4,5	0,72	11,6	0,2	0,1	1,14	12,7	1,6
T4 NF 40-60	4,6	0,72	9,3	0,3	0,1	0,92	9,10	1,3

T1: 0% de desbaste; T2: 20% de desbaste; T3: 35% de desbaste; T4: 50 de desbaste.
F: Tratamento fertilizado (parcelas convencionais) pós-desbaste; NF: Tratamento sem fertilização (parcelas gêmeas).
0-20, 20-40, 40-60: profundidade das amostras em centímetros.
pH em água - Relação 1:2,5; P e K - Extrator Mehlich; Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol/L; H + Al - Extrator Acetato de cálcio 0,5 mol/L; M.O. - Matéria orgãnica = C. org x 1,724.

Os valores médios do conteúdo de macro nutrientes do tronco, do conteúdo total, da serrapilheira e da eficiência de utilização de nutrientes, obtidos através das amostras das árvores das parcelas convencionais (S/F) e gêmeas (C/F) aos 22 meses após a fertilização pós-desbaste, são apresentados nas tabelas 9 a 13.

Tabela 9 – Valores médios do conteúdo dos macronutrientes no tronco (casca + lenho) aos 124,9 meses

Tratamento	Tronco (Mg/ha)	N (Kg/ha)	P (Kg/ha)	K (Kg/ha)	Ca (Kg/ha)	Mg (Kg/ha)	S (Kg/ha)
0 S/F	193,9	222,4	27,9	372,7	286,1	39,7	49,1
0 C/F	192,3	229,7	35,4	316,2	283,4	39,9	52,6
20 S/F	172,6	224,8	29,3	363,8	213,8	34,5	55,6
20 C/F	177,6	223,0	33,8	274,8	303,6	47,9	54,4
35 S/F	124,5	154,6	20,4	200,3	195,6	21,5	34,4
35 C/F	141,0	157,2	25,0	234,5	216,0	34,5	38,6
50 S/F	101,3	128,6	24,5	206,1	176,4	25,6	29,1
50 C/F	101,1	125,9	18,6	180,3	157,4	21,9	29,6

S/F: Sem fertilização pós-desbaste; C/F: Com fertilização pós-desbaste.

Tabela 10 – Valores médios do conteúdo dos macronutrientes total (folha + galho + casca + lenho) aos 124,9 meses

Tratamento	Parte aérea (Mg/ha)	N (Kg/ha)	P (Kg/ha)	K (Kg/ha)	Ca (Kg/ha)	Mg (Kg/ha)	S (Kg/ha)
0 S/F	207,1	372,4	43,9	436,1	354,8	56,4	60,9
0 C/F	205,1	382,8	50,0	381,5	365,5	59,6	65,4
20 S/F	184,5	357,1	42,2	424,3	275,9	48,7	65,9
20 C/F	191,1	377,1	45,6	346,9	393,2	68,3	67,2
35 S/F	136,9	288,4	31,0	270,5	267,6	36,8	45,5
35 C/F	154,0	294,1	36,3	303,9	298,6	54,4	50,3
50 S/F	112,8	253,9	35,1	266,7	241,7	40,2	39,4
50 C/F	111,9	236,9	28,5	244,1	218,4	35,5	38,9

S/F: Sem fertilização pós-desbaste; C/F: Com fertilização pós-desbaste.

Tabela 11 – Valores médios do conteúdo dos macronutrientes na serrapilheira aos 124,9 meses

Tratamento	Serrapilheira (Mg/ha)	N (Kg/ha)	P (Kg/ha)	K (Kg/ha)	Ca (Kg/ha)	Mg (Kg/ha)	S (Kg/ha)
0 S/F	16,9	112,6	6,5	7,7	118,4	16,9	16,1
0 C/F	17,0	104,6	6,7	7,9	121,6	16,0	21,4
20 S/F	16,5	98,2	5,4	9,5	97,6	16,4	13,1
20 C/F	15,6	99,9	6,3	8,8	112,6	17,3	18,4
35 S/F	16,0	90,4	5,4	7,7	86,8	13,5	15,2
35 C/F	16,0	108,2	6,9	9,0	116,9	17,3	18,2
50 S/F	15,5	109,9	6,4	7,7	105,8	15,3	15,3
50 C/F	18,0	107,7	7,2	8,8	123,8	17,5	20,5

S/F: Sem fertilização pós-desbaste; C/F: Com fertilização pós-desbaste.

Tabela 12 - Valores médios da eficiência de utilização de nutrientes (Kg de biomassa/Kg de nutriente) dos macronutrientes no componente tronco (lenho + casca) aos 124,9 meses

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
0 S/F	872	6950	520	678	4884	3949
0 C/F	837	5432	608	679	4820	3656
20 S/F	768	5891	474	807	5003	3104
20 C/F	796	5254	646	585	3708	3265
35 S/F	805	6103	622	637	5791	3619
35 C/F	897	5640	601	653	4087	3653
50 S/F	788	4135	492	574	3957	3481
50 C/F	803	5435	561	642	4616	3416

S/F: Sem fertilização pós-desbaste; C/F: Com fertilização pós-desbaste.

Tabela 13 – Valores médios da eficiência de utilização de nutrientes (Kg de biomassa/Kg de nutriente) dos macronutrientes no conteúdo total (folha + galho + casca + lenho) aos 124,9 meses

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
0 S/F	556	4718	475	584	3672	3401
0 C/F	536	4102	538	561	3441	3136
20 S/F	517	4372	435	669	3789	2800
20 C/F	507	4191	551	486	2798	2844
35 S/F	475	4416	506	512	3720	3009
35 C/F	524	4242	507	516	2831	3062
50 S/F	444	3214	423	467	2806	2863
50 C/F	472	3926	458	512	3152	2877

S/F: Sem fertilização pós-desbaste; C/F: Com fertilização pós-desbaste.

Observa-se que o conteúdo de nutrientes acumulados no tronco reduziu à medida que aumentou o desbaste. Este resultado era esperado, pois a biomassa de tronco por hectare também reduziu. Estes resultados correspondem com estudo sobre o crescimento de eucalipto em diferentes regiões brasileira realizado por Santana et al. (2002), onde foi observada uma correlação direta e positiva entre produção de biomassa e conteúdo de nutrientes. Esta mesma tendência foi observada para o conteúdo de nutrientes na biomassa total. Para o efeito fertilização, o acúmulo de nutrientes se manteve praticamente o mesmo.

A proporção de cada nutriente em relação ao total de nutrientes acumulados no tronco, praticamente não variou entre os níveis de desbaste, ficando em média 23, 3, 34, 29, 4 e 5%, respectivamente, para N, P, K, Ca, Mg e S. A mesma tendência foi observada para o conteúdo de nutrientes para a parte aérea. O conteúdo de nutrientes acumulado no tronco e na biomassa

de parte aérea total segue a ordem de K > Ca > N > S > Mg > P. Essas ordens estão diferentes a estudos realizados com povoamentos de eucalipto não desbastados, onde no geral, o conteúdo total de nitrogênio é maior que o conteúdo de potássio (ANDRADE et al., 2005; FARIA et al., 2008).

Estes resultados estão conforme Santana et al. (2008), onde os maiores valores de potássio foram obtidos em povoamentos com idades superiores a 8 anos de idade. Com o aumento da idade, observou-se uma tendência de redução dos nutrientes alocados na copa e de aumento dos nutrientes alocados no tronco.

Em uma colheita com a remoção do tronco das árvores remanescentes do desbaste, com e sem casca, resultaria numa remoção média de 43% de N com a remoção apenas do lenho, para 67% de N com a remoção da casca, para o elemento P de 32% passando para 68%, o K de 21% passando para 59%, o Ca de 25% passando para 81%, o Mg de 34% passando para 73% e o S de 22% para 43%. Estes resultados se assemelham aos apresentados por Freitas et al. (2004), onde também constataram maior variação na remoção do nutriente Ca, pelo fato da casca apresentar maior quantidade deste nutriente.

Através desses resultados, em uma hipótese da colheita do lenho das árvores remanescentes do desbaste, observa-se que solos com menores teores de Ca poderiam ter sua produtividade comprometida, afetando a sustentabilidade da produção em um povoamento florestal desbastado. Desta forma, recomenda-se na colheita a manutenção da casca das árvores, para que principalmente em solos, com menores teores de Ca, ter sua produtividade mantida por período de tempo maior, consequentemente, reduzindo futuros gastos com fertilizantes. Isso também pode ser confirmado em povoamentos não desbastados, em estudos como os de Schumacher e Poggiani (1993), Santana (1999) e Santana et al. (2008).

A eficiência de utilização de nutrientes (EUN) é o quociente entre a matéria seca e o conteúdo de determinado nutriente na planta. Este índice determina quantos quilos de componente vegetal são produzidos com um quilo de determinado nutriente. Pôde-se notar que, em média, a EUN não foi alterada pelas intensidades desbaste, nem pela fertilização.

Barros et al. (1995) determinaram valores críticos de EUN para produção de biomassa de tronco de eucalipto, sendo para P = 12.000, K = 1.000, Ca = 600 e Mg = 3.000. Nota-se que os valores médios de fósforo e potássio foram inferiores ao nível crítico. Já o valor médio para magnésio foi superior ao nível crítico, indicando que esse nutriente pode ter limitado o crescimento no período analisado e poderá limitar o crescimento num próximo desbaste ou até numa próxima rotação, a menos que este seja suprido via fertilizante (SANTANA et al., 2002).

Os resultados obtidos neste estudo mostram que a fertilização pós-desbaste não proporcionou efeito no conteúdo de nutrientes dos tratamentos avaliados. Isto pode ser explicado pelo fato da ciclagem de nutrientes já havia estabelecida a relação solo-planta, uma vez que o povoamento se encontrava em um estágio avançado de crescimento aos 124,9 meses.

Somente para o nutriente cálcio (conteúdo do tronco e total) a interação desbaste x fertilização pós-desbaste foi significativa ($P \leq 0,05$), conforme pode ser verificado pelos valores obtidos pelo teste F (Apêndice B, Tabela 1B). Foi analisado o comportamento da fertilização (com e sem aplicação) dentro das intensidades de desbaste, empregando-se o teste F, e das intensidades de desbaste dentro da fertilização empregando-se o teste de Tukey. Estes resultados são apresentados nas Tabelas 14 e 15.

Tabela 14 – Cálcio (Ca) no componente tronco (casca + lenho), em kg/ha, aos 124,9 meses

	Fertilização								Média
Desbaste (%)	S/F				C/F				
0	286,11	a		A	283,40	a		A	283,40
20	213,77	a	b	A	303,61	a		B	303,61
35	195,58	a	b	A	216,01	a	b	A	216,01
50	176,38		b	A	157,44		b	A	157,44
Média	217,96 B				240,11 A				

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, em cada coluna, indicam igualdade entre espaçamentos, em nível de 95 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada linha, indicam igualdade na fertilização, em nível de 95 % de probabilidade.

Tabela 15 - Cálcio (Ca) total (compartimentos folha + galho + casca + lenho), em Kg/ha, aos 124,9 meses

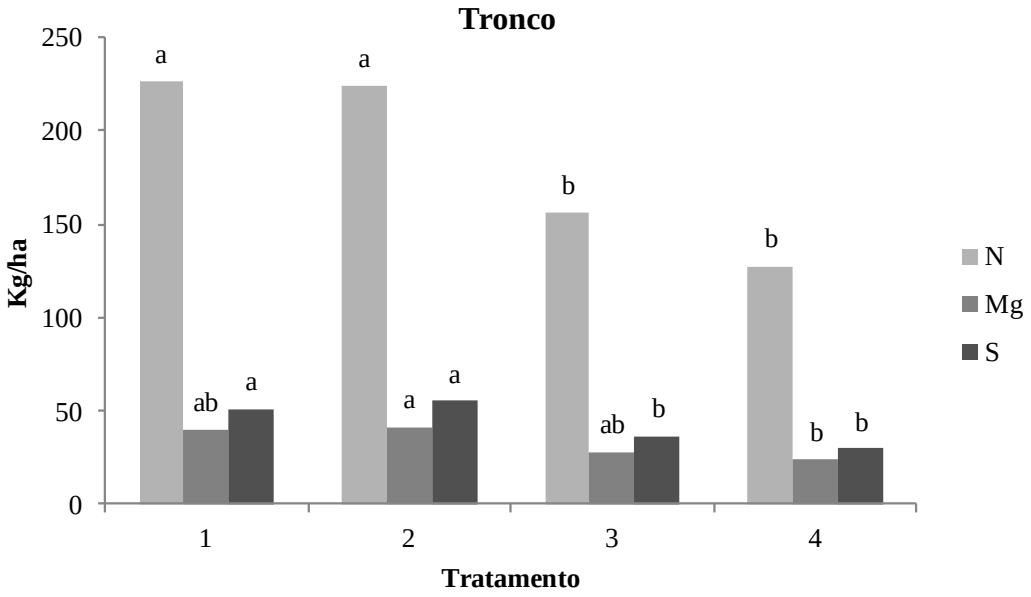
	Fertilização						Média		
Desbaste (%)	S/F			C/F					
0	354,84	a	A	365,46	a	A	360,15	a	
20	275,93	b	A	393,16	a	B	334,55	a	
35	267,60	b	A	298,65	b	A	283,13	a	b
50	241,71	b	A	218,41	b	A	230,06		b
Média	285,02 B			318,92 A					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, em cada coluna, indicam igualdade entre espaçamentos, em nível de 95 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada linha, indicam igualdade na fertilização, em nível de 95 % de probabilidade.

O cálcio apresentou resposta significativa à fertilização pós-desbaste somente na intensidade de 20% de desbaste, tanto no conteúdo do tronco como no conteúdo total. Quanto às intensidades de desbaste, menores intensidades acumularam maiores quantidades do

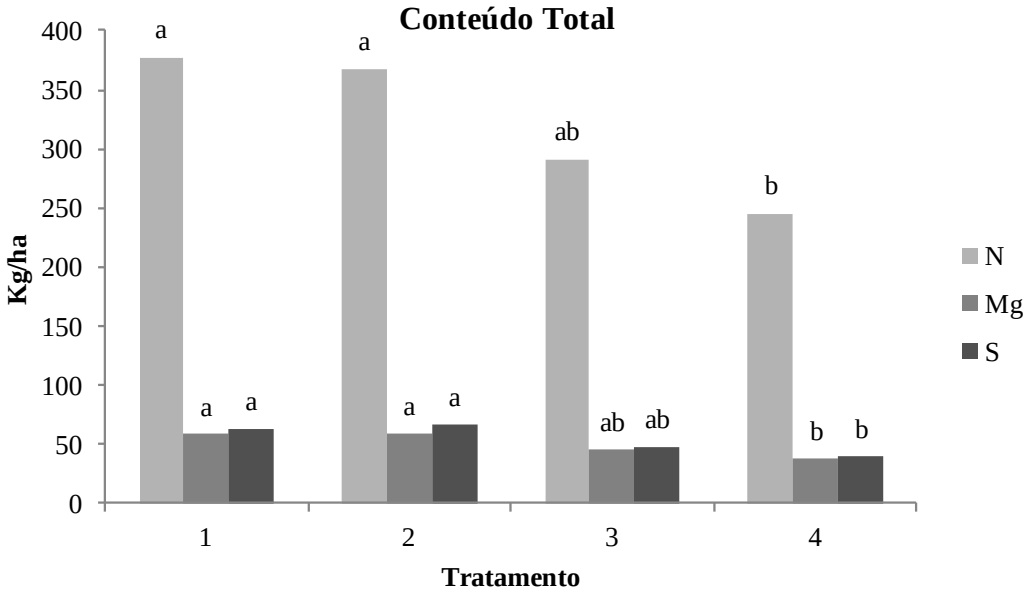
nutriente cálcio. Para o efeito principal fertilização, observou maiores valores de conteúdo em função da aplicação do fertilizante.

Os nutrientes N, Mg e S no conteúdo do tronco e também no conteúdo total apresentaram efeito significativo ($P \leq 0,05$) apenas para o tratamento desbaste. Por outro lado, a fertilização pós-desbaste não influenciou no acúmulo destes nutrientes. As diferenças nas médias do conteúdo de N, Mg e S por intensidade de desbaste, no conteúdo do tronco e total, podem ser observadas nas Figuras 7 e 8, respectivamente.



Médias seguidas pela mesma letra nas colunas indicam igualdade pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Figura 7 – Resultados observados para efeito principal desbaste para conteúdo de nitrogênio, magnésio e enxofre no tronco, aos 124,9 meses.



Médias seguidas pela mesma letra nas colunas indicam igualdade pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Figura 8 – Resultados observados para efeito principal desbaste para conteúdo de nitrogênio, magnésio e enxofre no conteúdo total da parte aérea, aos 124,9 meses.

.

O conteúdo de nitrogênio no tronco e total foi maior nas menores intensidades de desbaste, sendo proporcional ao número de árvores remanescentes no desbaste. O mesmo pode ser verificado com relação ao conteúdo do nutriente enxofre no tronco e total. O conteúdo de enxofre no tronco foi maior na intensidade de 20 % de desbaste, seguido pela testemunha, pela intensidade de 35 % e pela intensidade de 50% de desbaste. Estes resultados já eram esperados, já que menores densidades de plantio acumulam maior quantidade de nutrientes por hectare (MULLER, 2005).

A ordem de conteúdo de nutrientes acumulados na serrapilheira foi N > Ca > S > Mg > K > P, representando a principal via de transferência de nutrientes para o solo (Tabela 11). Resultados semelhantes foram constatados por Gama-Rodrigues e Barros (2002), Freitas et al. (2004), Cunha et al. (2005).

Baixo teor de potássio acumulado na serrapilheira pode estar relacionado com a mobilidade deste nutriente, tornando-o sujeito à lixiviação ou à reabsorção rápida. A quantidade de nutrientes acumulados na serrapilheira depende da espécie, da proporção de folhas em relação aos demais componentes das árvores e da capacidade de translocação dos nutrientes antes da senescência (SCHUMACHER, 1992).

O nível de desbaste que promoveu o maior ganho de matéria seca total, 35,9 meses pós-desbaste, foi o de 20% que produziu 35 Mg/ha. Dividindo-se os valores desta produção

pelos valores das eficiências de uso de nutrientes (Tabela 13) obtêm-se, em kg/ha, 68 N, 8 P, 71 K, 61 Ca, 11 Mg e 12 S, ou seja, estas foram as quantidades de nutrientes necessárias para produzir a matéria seca acumulada pós-desbaste. De acordo com Brandani (2010) a taxa de decomposição da serrapilheira de eucalipto em diferentes regiões do Brasil ocorre em um tempo médio de 667 dias (condições semelhantes ao povoamento estudado). Adotando-se esta premissa aos conteúdos de nutrientes observados na serrrapilheira (Tabela 11) para o tratamento em questão, considerando desprezíveis as perdas por lixiviação e uma rápida e eficiente absorção de nutrientes disponibilizados pela mineralização da serapilheira, a contribuição desta seria, em kg/ha, 99,1, 5,9, 9,2, 105,1, 16,9 e 15,8, respectivamente, para N, P, K, Ca, Mg e S. Além da contribuição da serapilheira o solo é outra fonte de nutrientes a ser computada. Assim, considerando-se que o eucalipto tenha condições de absorver 70, 50 e 30% dos nutrientes disponíveis do solo (Tabela 2), respectivamente, para as profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm para P, K, Ca e Mg, isto implicaria na possibilidade de absorção, em kg/ha, de 4,4 de P, 32,5 de K, 227,4 de Ca e 71,7 de Mg. Além destas fontes de nutrientes deve-se considerar que existe a entrada de nutrientes provenientes da atmosfera que não foi considerada. Estas são as prováveis razões que justificam a não resposta do povoamento à fertilização realizada para a maioria dos nutrientes avaliados.

No conteúdo de nutrientes da serrapilheira, a interação dos efeitos principais (desbaste x fertilização pós-desbaste) não foi significativa em nenhum dos nutrientes analisados. Os conteúdos de potássio, cálcio, magnésio e enxofre na serrapilheira apresentaram respostas significativas com relação ao efeito principal fertilização pós-desbaste, e apenas o nutriente cálcio apresentou diferença significativa no efeito principal desbaste (Apêndice B, Tabela 3B).

Os tratamentos que receberam a fertilização pós-desbaste resultaram em maior conteúdo de K, Ca, Mg e S acumulados na serrapilheira (Tabelas 16 a 19).

Com relação ao efeito principal desbaste no conteúdo de nutrientes na serrapilheira, apenas o conteúdo do cálcio foi estatisticamente influenciado pelas intensidades de desbaste (Tabela 18), os maiores valores obtidos na testemunha e na intensidade de desbaste de 50%. Altos teores de cálcio presente na serrapilheira podem ser explicados pela baixa mobilidade deste nutriente na planta, com isto ele não é redistribuído para as partes novas em crescimento antes da abscisão foliar.

Kolm e Poggiani (2003) verificaram a ocorrência de uma maior quantidade de K, Ca e Mg imobilizados na serrapilheira um povoamento desbastado de *Eucalyptus grandis*, resultando numa maior quantidade acumulada, principalmente nas menores intensidades de

desbaste. Estes autores ainda constataram que a transferência de nutrientes ao solo, através da deposição da serrapilheira, foi maior nos tratamentos desbastados, ou seja, o desbaste aperfeiçoa a reposição nutricional das árvores via ciclagem de nutrientes, além favorecer a manutenção da fertilidade do solo. O estudo apresentado por Vesterdal et al. (1995) comprovaram a eficiência do desbaste e da fertilização no acúmulo de carbono, nitrogênio e fósforo.

Tabela 16 - Conteúdo de Potássio (K) na serrapilheira, em Kg/ha, aos 124,9 meses

	Fertilização		Média
Desbaste (%)	S/F	C/F	
0	7,69	8,74	7,81
20	7,70	8,80	8,25
35	7,74	8,81	8,38
50	9,54	9,02	9,17
Média	8,16 B	8,84 A	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, em cada coluna, indicam igualdade entre espaçamentos, em nível de 95 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada linha, indicam igualdade na fertilização, em nível de 95 % de probabilidade.

Tabela 17 - Conteúdo de Cálcio (Ca) na serrapilheira, em Kg/ha, aos 124,9 meses

	Fertilização		Média		
Desbaste (%)	S/F	C/F			
0	118,37	123,85	119,97	a	
20	97,62	118,57	105,13		b
35	86,81	116,94	101,87		b
50	105,77	112,63	114,81	a	b
Média	102,14 B	117,99 A			

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, em cada coluna, indicam igualdade entre espaçamentos, em nível de 95 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada linha, indicam igualdade na fertilização, em nível de 95 % de probabilidade.

Tabela 18 - Conteúdo de Magnésio (Mg) na serrapilheira, em Kg/ha, aos 124,9 meses

	Fertilização		Média
Desbaste (%)	S/F	C/F	
0	16,94	16,04	16,49
20	16,36	17,26	16,81
35	13,46	17,30	15,38
50	15,26	17,55	16,40
Média	15,50 B	17,04 A	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, em cada coluna, indicam igualdade entre espaçamentos, em nível de 95 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada linha, indicam igualdade na fertilização, em nível de 95 % de probabilidade.

Tabela 19 - Conteúdo de Enxofre (S) na serrapilheira, em Kg/ha, aos 124,9 meses

	Fertilização		Média
Desbaste (%)	S/F	C/F	
0	16,13	21,27	17,26
20	13,09	18,38	16,78
35	15,17	18,23	17,31
50	15,29	20,54	17,92
Média	14,92 B	19,60 A	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, em cada coluna, indicam igualdade entre espaçamentos, em nível de 95 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada linha, indicam igualdade na fertilização, em nível de 95 % de probabilidade.

De maneira geral, verificou-se pouca relação da eficiência de utilização de nutrientes em resposta a fertilização e o desbaste, somente o nutriente cálcio no conteúdo total obteve efeito significativo, na interação dos efeitos principais (Apêndice B, Tabelas 4B e 5B). De acordo Barros et al. (1986) a EUN é resultado da evolução das espécies frente aos ambientes distintos, variando no caso de eucalipto, para clones em diferentes condições edafoclimáticas. No caso deste trabalho pôde-se observar que apenas a variação espacial resultante do desbaste não influenciou no conteúdo da maioria dos nutrientes analisados.

No desdobramento da interação desbaste x fertilização pós-desbaste para EUN do cálcio no conteúdo total (Tabela 20), somente a intensidade de 20 % de remoção da área basal apresentou diferença estatística, obtendo maior valor sem a aplicação de fertilizante. Santana et al. (2002), descreve que elevados valores de EUN podem estar relacionados à restrição de fatores edafoclimáticos e ainda ressalta que em condições onde a disponibilidade do nutriente é limitada, há um maior valor de EUN.

Tabela 20 –Eficiência de utilização de nutrientes do cálcio (Ca) no conteúdo total (casca + lenho), aos 124,9 meses

Desbaste (%)	Fertilização						Média
	S/F			C/F			
0	584	a	A	561	a	A	573
20	669	a	A	486	a	B	578
35	512	a	A	516	a	A	514
50	467	a	A	512	a	A	490
Média	558			519			

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, em cada coluna, indicam igualdade entre espaçamentos, em nível de 95 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada linha, indicam igualdade na fertilização, em nível de 95 % de probabilidade.

Recomenda-se que outros estudos sejam realizados para verificar a eficiência da fertilização pós-desbaste em floresta de eucalipto, incluindo a análise de diferentes materiais genéticos e a realização de desbaste e de fertilização pós-desbaste em idades mais jovens.

4 CONCLUSÕES

A análise dos dados obtidos com a realização do desbaste aos 89 meses e a fertilização aos 107 meses, permitiu as seguintes conclusões:

- O método dos ingressos percentuais foi adequado do ponto de vista biológico para estimar a idade técnica do primeiro desbaste;
- O desbaste influenciou significativamente o crescimento do diâmetro, da área basal, do volume e da biomassa por hectare. E a altura total e a altura de copa não diferenciaram estatisticamente dentre os tratamentos de desbastes;
- A fertilização realizada aos 18 meses pós-desbaste não afetou o crescimento e a produção das variáveis de povoamento analisadas;
- Não houve diferença estatística da eficiência de uso dos nutrientes em relação às intensidades de desbaste e à fertilização pós-desbaste;
- Observou-se relação positiva entre conteúdo de nutrientes e produção de matéria seca.
- O acúmulo de nutrientes para o conteúdo total na parte aérea e no tronco foi proporcional à intensidade de desbaste, sendo que o conteúdo reduziu à medida que aumentou a intensidade de desbaste, e não foi afetado significativamente pela fertilização pós-desbaste.
- O acúmulo de serrapilheira no solo não foi alterado significativamente em relação às intensidades de desbaste e à fertilização pós-desbaste; já o conteúdo de nutrientes, apresentou diferença estatisticamente significativa para o efeito desbaste apenas para o cálcio e para efeito fertilização para o potássio, cálcio, magnésio e enxofre.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, I. B.; VALERI, S. V.; SPINELLI, P.; SARTORI FILHO, A.; PIRES, C. A. M. Efeito de intensidades de desbaste sobre o crescimento em altura e diâmetro de *Eucalyptus citriodora* Hook.. **IPEF**, Piracicaba, n. 48/49, p. 1-7, 1995.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

ANDRADE, G. C.; BELLOTE, A. F. J. B.; SILVA, H. D.; RIZZI, N. E.; GAVA, J. L. Acúmulo de Nutrientes na Biomassa e na Serapilheira de Eucalyptus grandis em Função da Aplicação de Lixo Urbano e de Nutrientes Minerais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 109-136, 2006.

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

AUSSENAC, G., 1987. Effets de l'eclaircie sur l'ecophysiologie des peuplements forestiers. **Schweiz. Z. Forstwes**., n. 138, p. 685-700, 1987.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237p.

BARROS, N. F. NOVAIS, R.F.; CARMO, D.N.; NEVES, J.C.L.. Classificação nutricional de sítios florestais - Descrição de uma metodologia. **Revista Árvore**, v. 10, n. 2, p. 112-120, 1986.

BARROS, N. F. NOVAIS, R. F., TEIXEIRA, J. L., FERNANDES FILHO, E. I. Sistema para cálculo del balance nutricional y recomendácion de fertilizantes para el cultivo de eucalipto. **Bosque**, Valdivia, v.16, p.129-131, 1995.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. de. Eucalipto. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V.; V. H. (Ed.). Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 303-305.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectofotométrica de fósforo em extratos de solos e planta. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 21, n. 113, p. 73-85, 1974.

BRANDANI, C. B. **Decomposição de resíduos de eucalipto e efluxo de C-CO_2 em solos em diferentes locais do brasil**. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas.** 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 548p.

CAMPOS, J. C. C.; TURNBULL, K. J. Um sistema para estimar produção por classe de diâmetro e sua aplicação na interpretação do efeito de desbaste. **Revista Árvore**, v. 5, n. 1, p. 1-16, 1981.

CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; COSTA, G. S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* w. hill ex maiden no norte Fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 3, p. 353-363, 2005.

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

DONALD, D. G. M.; SCHUTZ. The response of eucalyptus to fertilizer application of planting: the lows creek trial. **South African Forestry Journal**, n, 102, p. 23-27, set., 1977.

EIDT, R.C. 1968. The climatology of South America. In: Biogeography and ecology in South America (E.J. Fittkau, J. Illies, H. Klinge, G.H. Schwabe & H. Sioli, eds.). W. Junk Publishing, **The Hague**, v.1, p.54-81.

FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; CUNHA, V. L. P.; MARTINS, I. S.; MARTINS, R. C. C. avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus* spp. no vale do Jequitinhonha, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 363-373, jul.-set., 2008

FINGER, C. A. G., SCHNEIDER, P. R. Determinação do peso do desbaste para florestas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, com base no índice de espaçamento relativo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 79-87, 1999.

FORD, E. D. Dynamics of plantation growth. In: BOWER, G, R.; NAMBIAR, E. K S. (Eds.), Nutrition of plantation forests. Londres: **Academic Press**, p. 17-52, 1984.

FLOR, H. M., E REIS, G. M. C. L. Ensaio de intensidade e desbaste, com *Pinus oocarpa* Schiede, em Brasília – DF. **Brasil Florestal**, Brasília, n. 54 p. 33-42, 1983.

FREITAS, R.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W.; SPATHELF, P. Biomassa e conteúdo de nutrientes em povoamento de *Eucalyptus grandis* w. hill ex maiden plantado em solo sujeito à arenização, no município de Alegrete-RS. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 1, p. 93-104, 2004

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 2, p. 193-207, 2002.

GONÇALVES, J. L. M., BENEDETTI, V. Nutrição e Fertilização Florestal. **IPEF**, 2000. 427p.

GOUDRIAAN, J. Using the expolinear growth equation to analyse resource capture. In: MONTEITH, J. L.; SCOOT, R. K.; UNSWORTH, M. H. **Resource capture by crops**. Nottingham: University Press, 1994. p. 99-110.

KOLM, L.; POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* submetidos à prática de desbastes progressivos. **Scientia Forestalis**. n. 63, p. 79-93, jun. 2003.

JONES, E. P. Jr. Precommercial thinning of naturally seeds slash pine increases volume and monetary returns. **USDA**, Forest Service, Res. Pap. SE-164, 1977, 12p.

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

MESSINA, M. G. Response of *Eucalyptus regnans* F. Muell to thinning on the growth of an Allegheny hardwood stand. **Forest Science**, v. 37, p. 269-283, 1992.

MILLER, H. G. The influence of stand development on nutrient demand, growth and allocation. **Plant Soil**, v. 168-169, p. 225-232, 1995.

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.

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

MÜLLER, M. D. **Produção de Madeira para geração de energia elétrica numa plantação clonal de eucalipto em Itamarandiba, MG**. 2005, 108 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – Minas Gerais, 2005

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

NOGUEIRA, G. S. **Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de *Eucalyptus* spp e de *Tectona grandis* submetidas a desbaste**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 126p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.

PAPANASTASIS, V; KOUKURA, Z.; ALIFRAGIS, D.; MAKEDOS, I.. Effects of thinning fertilization and sheep grazing on the understory vegetation of *Pinus pinaster* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 77, p. 191-189, 1995.

PIENAAR, L. V. **Quantitative theory of forest growth**. 1965. 191 f. Thesis Thesis (Ph. D.) – University of Washington, Seattle, Washington, 1965.

SANQUETTA, C, R.; REZENDE, A. V.; GAIAD, D.; SCHAAF, L. B.; ZAMPIER, A. C.; ARCE, J. E. Produção de madeira para celulose em povoamentos de *Pinus taeda* submetidos a diferentes densidades de plantio e regimes de desbaste: abordagem experimental. **Cerne**, v. 10, n. 2, p. 154-166, 2004.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Produção de biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, 56:155-169, 1999.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do Estado de São Paulo. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 447-457, 2002.

SANTANA, R. C. BARROS, N. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B.; NOVAIS, R. F. N. Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no brasil. **R. Árvore,** Viçosa - MG, v.32, n.4, p.697-706, 2008.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Determinação de regimes de desbaste para povoamentos de *Pinus elliottii* do planalto ocidental no Estado de Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 43-59, 1994.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C, A, G.; HOPPE, J. M.; DRESCHER, R. ; SCHEEREN, L.W.; MAINARDI,G.; FLEIG, F.D. Produção de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, v. 8, n. 1, p. 129-140, 1998.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis Hill* ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell**. 1992. 87p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ/USP, Piracicaba.

SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembi, SP. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 21-34, 1993.

SCOLFORO, J. R. S.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; OLIVEIRA, A. D.; MAESTRI, R. Simulação e avaliação econômica de regimes de desbastes e desrama para obter madeira de *Pinus taeda* livre de nós. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.1, 2001.

SILVA, H. D.; POGGIANI, F.; COELHO, L. C. Biomassa, Concentração e Conteúdo de Nutrientes em Cinco Espécies de *Eucalyptus* Plantadas em Solos de Baixa Fertilidade. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 6/7, p. 9-25, Jun./Dez. 1983.

SILVA, L. F. **Necessidade de adubação pós-desbaste, baseada no balanço nutricional de povoamentos de eucalipto**. Viçosa: UFV, 1999. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa, 1999.

SOARES, T. S.; SILVA, M. L. da; GAMA, J. R. V.; CARVALHO, R. M. M. A.; VALE, R. S. do. Avaliação econômica de plantações de Eucalipto submetidas a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 481-486, 2003.

STAPE, J.L., MARTINI E. L. Desbaste de *Eucalyptus*: opção de manejo para áreas com limitações ambientais ao corte raso. In: ENCONTRO TÉCNICO FLORESTAL, 5, 1991, Belo Horizonte, MG. **[Anais...]** [S.L:s.n.], 1991. p.30-51.

STATSOFT, INC. **Programa computacional *Statistica 10.0***. E. A. U. 2010.

STONEMAN, G. L.; WHITFORD, K. Analysis of the concept of growth efficiency in *Eucalyptus marginatta* (jarrah) in relation to thinning, fertilising and tree characteristics. **Forest Ecology and Management**, v. 76, p. 47-53, 1995.

TREVISAN, R. **Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

TREVISAN, R. **Efeito do desbaste nos parâmetros dendrométricos e na qualidade da madeira Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden.** 2010. 174 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

VESTERDAL, L. DALSGAARD, M.; FELBY, C.; RASMUSSEN, K. R.; JORGENSEN, B. B. Effects of thinning and soil properties on accumulation of carbon, nitrogen and phosphorus in the forest floor of Norway spruce stands. **Forest Ecology and Management,** n. 77, p. 1-10, 1995.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: Fernandes, M. F. Ed. **Nutrição Mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.

WOLLUM, I, A.G; SCHUBERT, G.H. Effect of thinning on the foliage and forest floor properties of ponderosa pine stands. **Soil Sci. Sot. Am. Proc**., n. 39, p. 968-972, 1975.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Tabela 1A - Resumo das análises de variância para o volume total, com e sem casca (*Vcc* e *Vsc*), para o volume individual, com e sem casca (*Vicc* e *Visc*), para o incremento médio anual (*IMA*), para a biomassa total (*W*), para a altura total (*H*), para a altura dominante (*Hd*), para a altura de copa (*H*copa), para a área Basal (*B*) e para o número de árvores por hectare (*N/ha*), aos 124,9 meses

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio									
		Vcc (m³/ha)	*Vicc* (m³)	*IMA* (m³/ha/ano)	*W* (ton/ha)	*H* (m)	*Hd* (m)	*H* copa (m)	*q* (cm)	*Ln B* (m²/ha)	*N/ha*
Blocos	1	9293,5 ns	0,0081 ns	85,75 ns	158,78 ns	24,73 *	30,19 *	1,25 ns	0,78 ns	0,0226 ns	3246,8 ns
Desbaste (parcela)	3	43211,7*	0,0077 ns	398,74 *	14257,57*	1,29 ns	0,37 ns	1,87 ns	6,72 *	0,4930 *	1111942,11*
Resíduo (a)	3	1.742,1	0,0021	16,07	706,15	2,2	2,38	0,79	0,3	0,0035	5332,8
Fertilização (subparcela)	1	2308,8 ns	0,0006 ns	21,31 ns	215,05 ns	0,99 ns	1,09 ns	0,78 ns	0,011 ns	0,0064 ns	9464,6 ns
Desbaste x Fertilização	3	380,7 ns	0,0005 ns	3,51 ns	155,81 ns	0,04 ns	0,13 ns	0,47 ns	0,06 ns	0,0007 ns	4477,6 ns
Resíduo (b)	4	602,4	0,0005	5,56	316,42	0,58	0,58	0,24	0,19	0,0013	1365,4
Resíduo combinado		1172,2	0,0013	10,81	511,28	1,39	1,48	0,52	0,25	0,0024	3349,1
GL Resíduo combinado		4	4	4	5	4	4	4	6,00	5	4
CV Resíduo (a)		14,05	15,70	14,05	15,90	5,68	5,57	27,41	3,46	7,24[1/]	6,9
CV Resíduo (b)		8,26	7,78	8,26	10,64	2,91	2,76	14,97	2,74	2,82[1/]	3,5

[ns] F não-significativo; [*] F significativo a 95 % de probabilidade.
[1/] Corrigido para a variável original.

Tabela 2A - Resumo das análises de variância para a intensidade luminosa, para o potencial mátrico do solo e para o conteúdo de serrapilheira por hectare, aos 124,9 meses

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		Intensidade Luminosa (µmol/ms²)	Potencial mátrico do solo ($m^3.m^{-3}$)	Serrapilheira (Kg/ha)
Blocos	1	1008010,68 *	0,00045 ns	3.839 ns
Desbaste (parcela)	3	2121,91 ns	0,00020 ns	1.943.825 ns
Resíduo (a)	3	36304,76	0,00018	3.803.257
Fertilização (subparcela)	1	708,13 ns	0,00002 ns	1.298.294 ns
Desbaste x Fertilização	3	996,96 ns	0,00003 ns	4.144.671 ns
Resíduo (b)	4	29498,96	0,00011	2.733.663
Resíduo combinado		32901,86	0,00015058	3.268.460
GL Resíduo combinado		6	6	6
CV Resíduo (a)		39,56	9,780	11,86
CV Resíduo (b)		35,66	7,61	10,06

ns F não-significativo; * F significativo a 95 % de probabilidade.

APÊNDICE B

Tabela 1B - Resumo das análises de variância dos macronutrientes – nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre *(N, P, K, Ca, Mg* e *S)* do tronco (casca+ lenho), aos 124,9 meses

		Quadrado médio					
Fonte de Variação	GL	N (Kg/ha)	P (Kg/ha)	K (Kg/ha)	Ca (Kg/ha)	Mg (Kg/ha)	S (Kg/ha)
Blocos	1	1259,7 ns	8,3 ns	1098,2 ns	2,6 ns	126,2 ns	11,0 ns
Desbaste (parcela)	3	19637,6 *	240,4 ns	44360,2 ns	22357,7 ns	596,11 *	1156,1 *
Resíduo (a)	3	565,4	113,6	8017,7	4415,4	20,7	98,1
Fertilização (subparcela)	1	15,0 ns	57,6 ns	9413,4 ns	3926,8 *	262,9	23,6 ns
Desbaste x Fertilização	3	42,0 ns	68,89 ns	5501,4 ns	4594,0 *	152,0 ns	12,6 ns
Resíduo (b)	4	803,2	110,3	9009,2	98,7	90,8	49,9
Resíduo combinado		684,36	111,99	8513,49	2257,05	55,82	74,05
GL Resíduo combinado		6	6	6	3	5	5
CV Resíduo (a)		12,97	39,68	33,34	29,01	13,74	23,09
CV Resíduo (b)		15,46	39,11	35,34	4,34	28,73	16,47

ns F não-significativo; * F significativo a 95 % de probabilidade.

Tabela 2B - Resumo das análises de variância dos macronutrientes – nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre *(N, P, K, Ca, Mg* e *S)* total (folha + galho + casca + lenho), aos 124,9 meses

		Quadrado médio					
Fonte de Variação	GL	N (Kg/ha)	P (Kg/ha)	K (Kg/ha)	Ca (Kg/ha)	Mg (Kg/ha)	S (Kg/ha)
Blocos	1	312,8 ns	13,9 ns	13,5 ns	1815,8 ns	378,6 ns	19,6 ns
Desbaste (parcela)	3	31795,7 *	448,2 ns	44329,7 ns	26593,1 *	808,0 *	1328,7 *
Resíduo (a)	3	3136,1	81,4	10139,4	2477,8	64,6	118,1
Fertilização (subparcela)	1	180,0 ns	33,1 ns	7353,5 ns	9193,8 *	631,2 ns	52,2 ns
Desbaste x Fertilização	3	493,2 ns	68,6 ns	4611,1 ns	7175,8 *	272,4 ns	12,8 ns
Resíduo (b)	4	806,1	140,2	8326,3	162,3	88,9	64,1
Resíduo combinado		1971,1	110,8	9232,8	1320,1	76,7	91,1
GL Resíduo combinado		4	6	6	3	6	5
CV Resíduo (a)		17,48	23,09	30,13	16,08	16,08	20,05
CV Resíduo (b)		8,86	30,30	27,30	18,87	18,87	14,77

ns F não-significativo; * F significativo a 95 % de probabilidade.

Tabela 3B - Resumo das análises de variância dos macronutrientes – nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre *(N, P, K, Ca, Mg* e *S)* presentes na serrapilheira, aos 124,9 meses

		Quadrado médio					
Fonte de Variação	GL	N (Kg/ha)	P (Kg/ha)	Ln K (Kg/ha)	Ca (Kg/ha)	Mg (Kg/ha)	S (Kg/ha)
Blocos	1	390,47 ns	0,85 ns	1,25 ns	1267,81 *	15,47 *	2,55 ns
Desbaste (parcela)	3	228,83 ns	1,42 ns	1,61 ns	492,40 *	3,07 ns	13,73 ns
Resíduo (a)	3	267,65	0,73	2,36	42,88	0,64	6,90
Fertilização (subparcela)	1	36,11 ns	5,86 ns	3,658 *	2011,39 *	18,81 *	175,39 *
Desbaste x Fertilização	3	256,95 ns	0,42 ns	1,80 ns	302,96 ns	8,17 ns	2,34 ns
Resíduo (b)	4	144,72 ns	0,79	0,37 ns	55,99	1,86	8,96 ns
Resíduo combinado		206,18	0,76	1,36	49,43	1,25	7,93
GL Resíduo combinado		5	6	3	6	6	6
CV Resíduo (a)		15,74	13,51	18,29	5,93	4,92	15,21
CV Resíduo (b)		11,57	14,02	7,29	6,77	8,39	17,32

[ns] F não-significativo; [*] F significativo a 95 % de probabilidade.
[1/] Corrigido para a variável original

Tabela 4B - Resumo das análises de variância da eficiência de utilização de nutrientes (EUN) dos macronutrientes – nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre (*N*, *P*, *K*, *Ca*, *Mg* e *S*) no componente tronco (lenho + casca), aos 124,9 meses

		Quadrado médio					
Fonte de Variação	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	1	69332 ns	2230153 ns	2582 ns	22394 ns	645642 ns	1845 ns
Desbaste (parcela)	3	9733 ns	1291459 ns	6247 ns	18608 ns	296320 ns	394774 ns
Resíduo (a)	3	16772	2430508	10494	29694	89262	109719
Fertilização (subparcela)	1	6709 ns	431694 ns	71801 ns	11938 ns	1579320 ns	8637 ns
Desbaste x Fertilização	3	6507 ns	1690852 ns	16562 ns	45287 ns	2544839 ns	56501 ns
Resíduo (b)	4	2123	3088479	29661	7406	1203721	114753
Resíduo combinado		9447	2759493	20078	18550	646492	112236
GL Resíduo combinado		3	6	6	4	4	6
CV Resíduo (a)		15,69	26,21	17,01	25,14	6,30	9,32
CV Resíduo (b)		5,58	29,55	28,59	12,56	23,13	9,53

[ns] F não-significativo; [*] F significativo a 95 % de probabilidade.

Tabela 5B - Resumo das análises de variância da eficiência de utilização de nutrientes (EUN) dos macronutrientes – nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre (*N*, *P*, *K*, *Ca*, *Mg* e *S*) no total (folha + galho + casca + lenho), aos 124,9 meses

		Quadrado médio					
Fonte de Variação	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	1	5915 ns	18793 ns	306 ns	385 ns	766458 ns	1032 ns
Desbaste (parcela)	3	10909 ns	1054701 ns	1734 ns	16623 ns	315822 ns	248230 ns
Resíduo (a)	3	5627	394857	5857	11860	188853	33518
Fertilização (subparcela)	1	1249 ns	32209 ns	32899 ns	11270 ns	1001810 ns	6488 ns
Desbaste x Fertilização	3	2414 ns	736556 ns	5460 ns	25544 *	877789 ns	42320 ns
Resíduo (b)	4	1834	695213	10628	1869	236868	62029
Resíduo combinado		3731	545035	8242	6864	212861	47774
GL Resíduo combinado		4	6	6	3	6	6
CV Resíduo (a)		14,83	14,62	15,09	19,70	13,05	6,07
CV Resíduo (b)		8,47	19,40	20,32	7,82	14,62	8,26

[ns] F não-significativo; [*] F significativo a 95 % de probabilidade.