

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Ganhos de produtividade de plantações clonais de *Eucalyptus urophylla*
e suas correlações com variáveis edafoclimáticas e silviculturais**

José Mario de Aguiar Ferreira

**Dissertação apresentada para a obtenção do título
de Mestre em Ciências Florestais. Área de
concentração: Silvicultura e Manejo Florestal**

**Piracicaba
2007**

José Mario de Aguiar Ferreira
Engenheiro Florestal

Ganhos de produtividade de plantações clonais de *Eucalyptus urophylla* e suas correlações com variáveis edafoclimáticas e silviculturais

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ LUIZ STAPE**

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Recursos Florestais, com opção em Silvicultura e Manejo Florestal

**Piracicaba
2007**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Ferreira, José Mário de Aguiar

Ganhos de produtividade de plantações clonais de *Eucalyptus urophylla* e suas correlações com variáveis edafoclimáticas e silviculturais / José Mário de Aguiar Ferreira. - - Piracicaba, 2007.

84p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.
Bibliografia.

1. Delineamento experimental 2. Eucalipto 3. Fertilização 4. Manejo florestal
5. Nutrição vegetal I. Título

CDD 634.9734

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

DEDICATÓRIA

A Deus,

pela bênção a mim concedida.

À minha esposa e companheira Isabel,

pelo apoio, amor e carinho incondicionais.

A meus pais Mario Ferreira e Maria do Carmo,

que confiaram no poder do amor para construir as vidas de seus filhos.

À minha irmã Ana Paula,

pelo apoio e carinho em todos os momentos da minha vida.

A meu cunhado Carlos Alberto,

Pela amizade e pelos valorosos conselhos.

A meu afilhado Diogo Alves,

pela alegria e renovação.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é o mínimo que posso fazer às seguintes pessoas e Instituições

Ao Prof. Dr. José Luiz Stape, pela orientação, incentivo, amizade e principalmente por ter acreditado neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Mario Ferreira, pela co-orientação e pela imensa contribuição ao enriquecimento deste trabalho.

À International Paper do Brasil, nas pessoas do Armando Santiago, Maurício Penteado, Luis Fernando Silva, pela oportunidade de poder ampliar os meus conhecimentos, colaboração e por todo apoio para que esta pesquisa pudesse ser desenvolvida.

Ao Prof. Dr. José Leonardo de Moraes Gonçalves, pela colaboração e apoio na conclusão desta pesquisa.

Aos meus amigos de trabalho Cristiane Camargo Zani, Fabiano Rodrigues, Simone Takahashi, Adriano Almeida, Robson Laprovitera, Rozane Eisfeld, Sebastião Oliveira por todo o apoio na condução desta pesquisa.

Aos amigos Élcio Reis, Jair Gabriel, Airton Guilherme, Antonio Claret Junior, Nelsino Gonçalves, Antonio Carlos Faquinete, Antonio Joel dos Santos, Benedito Brandão pelas criteriosas mensurações dos dados experimentais, base de todo este trabalho.

Ao IPEF/ESALQ pelo apoio através do projeto Parcelas Gêmeas.

Aos amigos e a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 DESENVOLVIMENTO.....	11
2.1 Revisão da literatura.....	11
2.1.1 Delineamentos experimentais e a resposta à fertilização.....	12
2.1.2 Efeito do sítio na resposta à fertilização.....	13
2.1.3 Efeito de variáveis silviculturais na resposta à fertilização.....	15
2.1.3.1 Idade da floresta.....	15
2.1.3.2 Material genético.....	16
2.1.3.3 Índice de sítio.....	16
2.1.4 Índices de resposta à fertilização.....	17
2.2 Material e métodos.....	19
2.2.1 Localização.....	19
2.2.2 Principais características das regiões de estudo.....	20
2.2.3 Material Genético.....	21
2.2.4 Delineamento experimental.....	21
2.2.5 Parcelas experimentais.....	21
2.2.6 Tratamentos de fertilização.....	22
2.2.7 Estimativa da produtividade.....	24
2.2.8 Dados climáticos e balanço hídrico.....	27
2.2.9 Cálculo do crescimento das árvores e da resposta à fertilização.....	31
2.2.10 Análise das variáveis químicas e físicas do solo.....	33

2.2.11	Análise do crescimento das árvores.....	33
2.2.12	Análise da resposta à fertilização por critério de estratificação.....	33
2.2.13	Relação da resposta à fertilização com variáveis edafoclimáticas e silviculturais.....	35
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
3.1	Análise das variáveis químicas e físicas do solo.....	36
3.2	Análise do crescimento das árvores e da resposta à fertilização.....	36
3.3	Análise da probabilidade de resposta à fertilização.....	41
3.4	Análise da resposta à fertilização por critério de estratificação.....	43
3.5	Relação da resposta à fertilização com as variáveis edáficas, climáticas e silviculturais.....	49
3.6	Índice de resposta à fertilização.....	53
4	CONCLUSÕES.....	55
	REFERÊNCIAS.....	57
	ANEXOS.....	61

RESUMO

Ganhos de produtividade de plantações clonais de *Eucalyptus urophylla* e suas correlações com variáveis edafoclimáticas e silviculturais

O manejo nutricional de plantios de *Eucalyptus* é comprovadamente importante para o aumento da produtividade e da sustentabilidade da produção madeireira. Uma das principais formas de manejo nutricional da floresta é a fertilização mineral, que demanda grandes investimentos e necessita de um planejamento adequado. O conhecimento do valor e da escala da resposta à fertilização é essencial para estudos de investimento em práticas silviculturais. O método denominado de parcelas gêmeas possibilita a determinação da resposta à fertilização numa escala regional, em um curto período de tempo. O delineamento consiste na instalação e avaliação de blocos experimentais distribuídos em diversos locais. Estes blocos são constituídos por uma parcela testemunha, que normalmente são parcelas permanentes de inventário e uma parcela fertilizada, que recebe um regime intensivo de fertilização. O método das parcelas gêmeas foi utilizado neste estudo para determinar a resposta à fertilização de plantios clonais de eucalipto, e as relações desta resposta com variáveis edafoclimáticas e silviculturais. Um total de 131 blocos de parcelas gêmeas foi instalado em uma área de 34.540 hectares de plantios clonais de *Eucalyptus urophylla*, no estado de São Paulo, nos municípios de Mogi Guaçu, Brotas e São Simão. Os tratamentos foram avaliados por dois períodos consecutivos de 12 meses, totalizando 24 meses de avaliação. As parcelas fertilizadas apresentaram um crescimento médio 15% superior à média das parcelas testemunha. O incremento corrente anual médio das parcelas fertilizadas, foi de 31,6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (64,2 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), enquanto que nas parcelas testemunhas foi de 27,6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (56,1 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). A diferença destes incrementos revelou uma resposta à fertilização média de 4,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (8,1 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Plantios em solos com maior teor de areia e menores teores de nutrientes foram os que apresentaram as maiores médias de resposta à fertilização, de 8,5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (16,9 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Os clones responderam de forma semelhante à fertilização e a resposta dos plantios mais velhos foi significativamente maior do que de plantios mais novos (1,7 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para cada ano de idade adicional). A resposta à fertilização correlacionou-se negativamente com o índice de sítio (base 7 anos), teores de argila e silte e com a maioria das variáveis químicas do solo. As variáveis químicas relacionadas às bases do solo, como soma de bases, saturação de bases, Ca, Mg e K, foram as que mais se correlacionaram com a resposta à fertilização. A resposta à fertilização correlacionou-se positivamente com a idade, teor de areia no solo e com a deficiência hídrica. Foi possível desenvolver modelos de predição da resposta à fertilização em função de variáveis químicas e físicas do solo e variáveis silviculturais. A técnica permitiu discriminar a necessidade, ou não, de fertilização por níveis categóricos distintos, como região, fazenda, solo e talhão, baseando-se, este último, no índice de sítio. Nas condições do estudo, concluiu-se que a resposta à fertilização foi maior em solos menos férteis, não diferiu entre clones e foi maior quanto maior a idade do plantio.

Palavras-chave: Delineamento experimental; Eucalipto; Fertilização; Manejo florestal; Nutrição vegetal

ABSTRACT

Productivity gains in *Eucalyptus urophylla* clonal plantations and its correlation with soil, climate and stand variables

Nutrition management in *Eucalyptus* plantations is a key issue to increase productivity and sustainability of wood production. Mineral fertilization is the main procedure for managing forest nutrition, and it demands large amounts of investments and adequate planning. The understanding of the value and extension of the fertilization response is essential to the evaluation of investments in nutrition of commercial plantations. The twin plots design enables the determination of the fertilization response in a short period of time, in a landscape scale. This method entails the establishment of many pairs of plots, with one control and one treatment plot at each location. The control plot is the normal permanent plot of the inventory network, which measures the real productivity of the forest under the traditional company management. The nearby twin-plot is under intensive management (high fertilization, weed and pest controls) in order to remove, or minimize, the constraints to forest productivity. A total of 131 blocks of twin plots were established in an area of 34,540 hectares of clonal plantations of *Eucalyptus urophylla*, located in the state of Sao Paulo, Brazil. All plots were re-measured in two consecutive periods of 12 months, for 24 months. Fertilized plots increased growth by 15% over control plots. The mean annual biomass increment of fertilized plots was 31,6 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ (64,2 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), while control plots was 27,6 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ (56,1 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). The difference between these increments showed a mean fertilization response of 4,0 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ (8,1 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Twin plots located on sandier and less fertile soils averaged higher fertilization response by 8,5 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ (16,9 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Clones responded similarly to fertilization, and older stands showed higher responses than younger stands (1,7 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ for each additional year). Fertilization response correlated negatively with site index (base age 7), soil clay and silt content, and with most of the chemical soil attributes. Highest correlations to response were found in soil base nutrients (sum of bases, base saturation, Ca, Mg and K), age and site index. Fertilization response correlated positively with stand age, soil sand content and water deficit. Models for the prediction of fertilization response were developed based on stand, soil chemical and physical variables. The twin-plots method allowed the discrimination of the need for fertilization in different levels, like region, farm, soil and stand (based on the site index). Conclusions in this study were that fertilization response was higher in less fertile soils, was similar between clones and is higher in older than in younger plantations.

Keywords: Experimental delineation; *Eucalyptus*; Fertilization; Forest management; Vegetal nutrition

1 INTRODUÇÃO

O aumento da produtividade dos plantios tem sido a meta de programas governamentais e privados para a aceleração dos retornos econômicos e redução da necessidade de área de plantio de florestas (CAMPINHOS, 1999).

O manejo nutricional de plantios de *Eucalyptus* é comprovadamente importante para o aumento da produtividade e da sustentabilidade da produção madeireira (BARROS et al., 1981; GONÇALVES et al., 1997). Uma das principais formas de manejo nutricional da floresta é a fertilização química, que demanda grandes investimentos e necessita de um planejamento adequado para se atingir tanto a produtividade esperada quanto a sustentabilidade da produção. Este planejamento deve ser realizado levando-se em consideração a probabilidade de crescimento adicional devido ao manejo nutricional, ou seja, a probabilidade de resposta à fertilização em uma escala regional.

No caso de florestas industriais, o conhecimento do valor e da distribuição espacial da resposta à fertilização é essencial para os estudos de investimento em práticas silviculturais. Em se falando em áreas de plantio de milhares de hectares, os ganhos totais obtidos com o melhor conhecimento da resposta ao manejo podem resultar em um aumento expressivo da rentabilidade da atividade florestal.

A resposta à fertilização de plantios de *Eucalyptus* é comumente estudada através de experimentos clássicos de fertilização, que geralmente fornecem subsídios para a avaliação dos mecanismos que regulam a resposta média de um único talhão. Entretanto, o delineamento clássico de experimentação em um único local não traz base estatística suficiente para a estimativa do crescimento em escala regional. Se a população de interesse é um maciço florestal que se estende por vários tipos de solo, idades, condições climáticas e materiais genéticos, então a experimentação deve amostrar esta população de forma representativa.

O método denominado de parcelas gêmeas (STAPE, 2002, 2004) possibilita a determinação da resposta à fertilização de plantios extensos de *Eucalyptus*, em um curto período de tempo. O método consiste na instalação de vários pares de parcelas

experimentais, sendo uma delas a testemunha e outra o tratamento. A parcela testemunha é a parcela permanente normal da rede de inventário, que mede a produtividade real da floresta sob o manejo tradicional adotado. Nas proximidades, a parcela gêmea é instalada e submetida a um manejo intensivo (altas taxas de fertilização e controle de mato-competição, pragas e doenças) a fim de remover, ou minimizar, as restrições à produtividade florestal.

O Estado de São Paulo possui cerca de 700.000 hectares de plantios de *Eucalyptus*, sendo 34.540 hectares pertencentes à International Paper do Brasil, que são distribuídos entre as regiões dos municípios de Mogi Guaçu, Brotas e São Simão.

O método das parcelas gêmeas foi utilizado neste estudo com o objetivo de determinar a resposta à fertilização de plantios clonais de clones de eucalipto, nas áreas da International Paper do Brasil, e também determinar as relações desta resposta com variáveis edafoclimáticas e silviculturais dos sítios. Também, procurou-se estimar índices de resposta à fertilização, a partir de variáveis edáficas, climáticas e silviculturais, que permitissem prever a probabilidade de resposta à fertilização das plantações.

Assim, as hipóteses testadas neste estudo, por um período de 24 meses, foram:

- i. A fertilização de plantios clonais de *Eucalyptus* gera ganhos de produtividade (BARROS et al., 1990; GONÇALVES et al., 1997);
- ii. A resposta à fertilização de plantios clonais de *Eucalyptus* é maior em solos menos férteis (STAPE et al., 2006);
- iii. A resposta à fertilização não difere entre clones de *Eucalyptus* (STAPE, MOREIRA, 2004); e
- iv. A resposta à fertilização é menor quanto maior a idade do plantio (GONÇALVES et al., 2000).

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão da literatura

A produtividade florestal é limitada pelo suprimento de um ou mais nutrientes em quase todos os plantios florestais. Sendo assim, o manejo nutricional da floresta torna-se um aspecto chave da silvicultura de florestas comerciais (STAPE; BINKLEY; RYAN, 2004).

Para a realização de um manejo nutricional adequado, há a necessidade de se desenvolver um programa de avaliação nutricional também adequado. O desenvolvimento deste programa deve contar com três componentes básicos (FISHER; BINKLEY, 2000). O primeiro é a seleção de critérios para a definição do status nutricional do plantio florestal, sendo o critério mais comum a resposta à fertilização. Um conjunto de experimentos de fertilização normalmente forma a base de um programa de avaliação nutricional. O segundo passo é a identificação de variáveis do sítio que são bem correlacionadas com a resposta à fertilização. Em alguns tipos de florestas esta variável pode simplesmente ser o índice de sítio, enquanto que em outros pode ser difícil de encontrar alguma boa correlação. O terceiro passo é a avaliação periódica dos sítios através de medições das variáveis selecionadas, que apresentam boa correlação com a resposta à fertilização.

A informação obtida em experimentos de fertilização pode ser devidamente aplicada através do relacionamento das respostas medidas com variáveis que podem ser obtidas em nível operacional. Para um pesquisador florestal, a melhor variável (ou conjunto de variáveis) será aquela que apresenta a maior correlação com a resposta. Para um gestor florestal, a melhor variável será aquela que apresenta uma correlação aceitável a um baixo custo (FISHER; BINKLEY, 2000).

Os mesmos autores explicam que uma outra forma de aplicação das informações de resposta à fertilização descrita pelos mesmos autores, pode-se definir de um nível crítico de resposta à fertilização que deve ser usado na classificação das plantações em responsáveis e não responsáveis. A aceitação deste nível crítico depende do custo relativo da fertilização e o valor da resposta. Se a fertilização é barata e a resposta é de alto valor, então o custo de fertilizar plantações não responsáveis será mais do que compensado pela resposta que

pode ocorrer em plantações não responsivas, que podem não ter sido fertilizadas devido a predições falhas.

2.1.1 Delineamentos experimentais e a resposta à fertilização

Fisher e Binkley (2000) explicam que no estabelecimento de uma estratégia de experimentação de fertilização em campo, a primeira decisão a ser tomada relaciona-se com o número de locais (sítios) a serem estudados. Estes locais podem ser definidos em escalas de produtividade (usando classes de produtividade) ou através das propriedades do solo. Outro aspecto importante a ser considerado é o estágio de desenvolvimento dos talhões a serem analisados. Limitações nutricionais (e respostas aos tratamentos) normalmente mudam no decorrer do desenvolvimento do talhão.

Na maioria das situações, é necessário conhecer a resposta média ao longo da população estudada. Uma população é mais eficientemente amostrada através da instalação de uma única repetição (parcela) para cada tratamento, no maior número de localidades possível. A adição de mais repetições em um único local não adiciona graus de liberdade para a estimativa da resposta da população como um todo, porque estas repetições consideram somente a variação dentro de um local, e não a variação entre locais.

A decisão final no planejamento da experimentação de fertilização em campo envolve a escolha de medidas de crescimento que deverão ser tomadas. As possíveis variáveis incluem incrementos em diâmetro, área basal, volume e biomassa.

Após a aplicação dos tratamentos de fertilização, as parcelas são medidas e o crescimento dos tratamentos é comparado. Esta comparação poder ser feita por três diferentes métodos. O método mais simples é a comparação das diferenças de crescimento entre tratamentos em nível de talhão, mas, entretanto, caso as condições de cada parcela não tenham sido idênticas antes do tratamento, alguns fatores não relacionados à fertilização serão adicionados à comparação. Outro método compara as taxas de crescimento de árvores de tamanhos similares entre as parcelas testemunha e fertilizada, removendo assim alguns dos efeitos do tamanho da árvore na análise da resposta.

Finalmente, alguns estudos comparam o crescimento de cada árvore amostrada antes e após a fertilização e depois comparam as variações de crescimento dentro de cada parcela, entre os tratamentos. Esta abordagem usa cada árvore como a sua própria testemunha.

Stape; Binkley e Ryan (2004) descrevem um método denominado “parcelas gêmeas”, que pode ser utilizado na determinação da limitação nutricional em uma população. O método consiste na instalação de vários pares de parcelas experimentais, sendo uma delas a testemunha e outra o tratamento. A parcela testemunha é a parcela permanente normal da rede de inventário, que mede a produtividade real da floresta sob o manejo tradicional adotado. Nas proximidades, a parcela gêmea é instalada e submetida a um manejo intensivo (altas taxas de fertilização e controle de mato-competição, pragas e doenças) a fim de remover, ou minimizar, as restrições à produtividade florestal. Este delineamento não fornece nenhum grau de liberdade para o teste da resposta em crescimento em cada talhão, porém fornece muitos graus de liberdade para a estimativa da resposta em uma escala regional.

O método das parcelas gêmeas também cria oportunidades para a integração de informações de limitação nutricional e resposta à fertilização com sistemas de informações geográficas, e pode fornecer dados para a parametrização de modelos de produção (LANDSBERG, 2003).

2.1.2 Efeito do sítio na resposta à fertilização

No Brasil, a produtividade de florestas manejadas aumentou de $12 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ na década de 60, para $20\text{-}60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ na década de 90, devido ao melhoramento genético e silvicultural utilizado (MORA, 1986; SANTANA et al., 2000; STAPE et al., 2001).

Normalmente, as plantações de *Eucalyptus* no Brasil podem apresentar acréscimos de 4 a $8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ na taxa de crescimento por 5 anos, ou mais, após serem fertilizadas com Ca, N, P e K (CARVALHO et al., 1978; BARROS et al., 1981, 1990; GONÇALVES et al., 1997), com respostas ocasionais a Zn e B. Respostas em crescimento de 6 a $8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ são comuns após fertilização com N, P e K na África do Sul (HERBERT; SCHÖNAU, 1989).

Gonçalves (1990), em um estudo sobre as relações entre as produtividades de sítios de *Eucalyptus* com as propriedades de alguns solos do Estado de São Paulo, constatou que as equações que relacionaram o volume sólido de madeira com casca com as propriedades dos solos foram mais precisas quando se consideraram a camada mais superficial de solo, até 20 cm de profundidade. Isso é uma evidência de que essa camada é a mais indicada para amostragens destinadas a avaliação da fertilidade do solo. Neste mesmo estudo, o autor ainda destaca que o pH em CaCl_2 , teores de silte, fósforo assimilável, SiO_2 da argila e matéria orgânica foram as propriedades do solo que apresentaram melhores relações com a produtividade.

Gonçalves et al. (1990) encontraram também relações semelhantes entre as características físicas e químicas dos solos e a produtividade dos sítios, para as espécies *E. grandis* e *E. saligna* em diferentes regiões do Estado de São Paulo.

Bellote e Ferreira (1993) estudaram a relação entre os nutrientes minerais e o crescimento de árvores adubadas de *Eucalyptus grandis*, na região do cerrado, no Estado de São Paulo. Os resultados observados na regressão múltipla entre as variáveis do solo P, K, Ca, Mg, Al, H, matéria orgânica, pH, areia, argila e a altura das árvores mostraram que os teores de K, P e Al no solo influenciaram significativamente o crescimento.

Em um estudo com *Eucalyptus*, realizado no Nordeste do Brasil, Stape et al. (2004) demonstraram que o suprimento de água parece ser o fator mais limitante no crescimento das árvores. A produtividade da parte aérea aumentou $2.3 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para cada 100 mm de acréscimo na precipitação média anual. A maior disponibilidade de água também causou um incremento no uso de luz e nitrogênio, bem como o aumento da eficiência do uso dos recursos naturais.

Stape et al. (2006) estudaram a limitação nutricional e a produtividade potencial de *Eucalyptus*, no estado de São Paulo, através do método das parcelas gêmeas. O estudo mostrou um incremento na produtividade de 19,6 para $24,4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($41,7$ para $51,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), representando uma resposta média à fertilização de $4,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Verificaram que a resposta à fertilização nos Neossolos Quartzarênicos de textura

grossa foi o dobro dos de textura fina. Em relação ao clima, verificaram que a resposta à fertilização na estação seca, de $4,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($9,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), foi bem menor do que na estação úmida, de $9,4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($20,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Ainda, a análise do crescimento dos tratamentos na estação úmida, permitiu aos autores estimarem a produtividade potencial dos sítios estudados, que foi em média de $29,1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($61,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

2.1.3 Efeito de variáveis silviculturais na resposta à fertilização

2.1.3.1 Idade da floresta

Uma das principais variáveis silviculturais que produzem efeito na resposta à fertilização é a idade da floresta. A idade da floresta pode também ser compreendida como o estágio nutricional de desenvolvimento das árvores. Em relação a estes estágios nutricionais Gonçalves et al. (2000) explicam que no estágio antes do fechamento de copas, respostas à fertilização são muito comuns. Nas situações em que há resposta à fertilização, as taxas de absorção de nutrientes e a atividade metabólica dos componentes da árvore são elevadas. O tempo de retenção de folhas e a eficiência fotossintética por unidade de área foliar podem aumentar. Geralmente, como efeito imediato da fertilização, há elevação do conteúdo de nutrientes das folhas. Não necessariamente, há elevação do teor de nutrientes das folhas, porque seu crescimento em peso pode compensar a maior absorção de nutrientes. No estágio nutricional após o fechamento das copas, os autores explicam que as mesmas estão totalmente desenvolvidas e a ciclagem de nutrientes está estabelecida, tornando pouco provável a resposta à fertilização.

Os autores ainda explicam que, num povoamento florestal, as respostas à fertilização devem ser entendidas como mecanismos de aceleração do crescimento no tempo. Isto implica que, após a fase de aceleração de crescimento, o povoamento voltará a manifestar as mesmas taxas de crescimento condizentes com a qualidade natural do sítio. Ou seja, respostas à fertilização, com grandes incrementos de produtividade, por exemplo, na fase de estabelecimento da floresta, decrescem com o passar do tempo, podendo ser mínimas ou inexistentes na época de colheita da madeira. Tal efeito tem sido observado, freqüentemente, em povoamentos florestais estabelecidos nos trópicos e subtropicais, dependendo dos ciclos de corte da floresta.

Assim, espera-se uma menor resposta à fertilização em plantios mais velhos.

2.1.3.2 Material Genético

Stape e Moreira (2004) verificaram que os efeitos dos tratamentos e a limitação nutricional foram similares entre os diferentes materiais genéticos testados. Este estudo foi realizado em solo arenoso (4% de argila) e os materiais genéticos foram submetidos a diferentes níveis de fertilização (completa e com omissão de nutrientes).

Stape et al. (2006) verificaram que a resposta de plantios clonais à fertilização intensiva foi semelhante à resposta de plantios formados a partir de sementes. Ainda, para os dois materiais, os plantios mais velhos apresentaram uma resposta à fertilização superior aos plantios mais jovens (aumento médio de $0,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para cada ano de idade adicional).

2.1.3.3 Índice de sítio

Coile (1952), Castaños (1962) e Spurr (1964) definem “sítio” como sendo uma unidade de área que apresenta características combinadas de solo, topografia e clima, as quais são responsáveis pela determinação da capacidade produtiva do local.

Clutter (1983) menciona que, além dos fatores ambientais, é importante considerar o genótipo para a classificação do sítio. O material genético (espécie, progênie, clone) pode apresentar diferentes comportamentos quanto ao crescimento em diferentes sítios.

A estimativa da capacidade produtiva do sítio através da altura das árvores dominantes e co-dominantes é a mais aceita, sendo comprovado o fato de que sítios mais produtivos resultam em alturas médias mais elevadas (COILE, 1952; CLUTTER, 1983).

A altura das árvores dominantes e co-dominantes é definida como sendo a altura média das 100 árvores de maior DAP por hectare, obtidas através de parcelas permanentes ou temporárias (PHILIP, 1994).

A altura dominante é bastante útil nos estudos que relacionam a produtividade com os fatores edafoclimáticos, pois sofre pouca influência da competição exercida entre os indivíduos que crescem no mesmo sítio. Entre outras palavras, esta variável apresenta menor influência da densidade de plantio, ao contrário de outras comumente usadas para a avaliação da produtividade florestal como: incremento médio anual (IMA), incremento corrente anual (ICA), área basal e volume total (COILE, 1952; CLUTTER, 1983).

Gonçalves (1990) verificou que o volume sólido de madeira com casca ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) relacionou-se melhor do que o índice de sítio com as características físicas e químicas dos solos estudados. Entretanto, o mesmo autor concluiu que os valores preditos pelas equações que tinham o índice de sítio como variável dependente, foram mais próximos dos reais.

Sgarbi (2002) realizou um estudo da produtividade de *Eucalyptus* em função do estado nutricional das árvores e da fertilidade do solo em diferentes regiões do Estado de São Paulo. O autor observou correlações positivas entre os teores de boro no solo e o índice de sítio na região de Capão Bonito. Na região de Jacareí verificou que os teores de fósforo, cálcio, a soma de bases, a capacidade de troca de cátions (CTC) e a relação Ca/CTC apresentaram correlações positivas com o índice de sítio. O mesmo autor não observou correlações significativas entre os parâmetros químicos dos solos da região de Lençóis Paulista e de todas as regiões, quando estudadas conjuntamente, com o índice de sítio. Não foi possível obter modelos matemáticos que explicassem as variações do índice de sítio do *Eucalyptus*, em função das variações dos parâmetros químicos do solo, em todas as regiões estudadas.

2.1.4 Índices de resposta à fertilização

Índices de resposta à fertilização são funções lineares de variáveis que se correlacionam com a resposta à fertilização de uma determinada plantação. Essas funções

podem ser utilizadas para estimar a resposta à fertilização. Stape et al. (2004) desenvolveram um índice de resposta do solo à fertilização (IRSF), com base na modelagem dos dados de parcelas gêmeas, obtidos em um estudo na região Nordeste do Brasil. Este índice foi obtido relacionando-se a resposta à fertilização com variáveis do solo, resultando em um modelo constituído pelas variáveis K, P e CTC. De acordo com os autores, o modelo explicou 56% das variações de resposta à fertilização ($r^2 = 0,56$). Os pesos relativos de cada variável são representados pelos coeficientes multiplicadores da função.

$$IRSF = (10,3K_{15} + 0,58P_{30} + 0,22CTC_{15})$$

onde,

K_{15} : teor de K (trocável) no solo na profundidade de 0 - 0,15 m ($\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$)

P_{30} : teor de P (resina) no solo na profundidade de 0 - 0,30 m (mg kg^{-1})

CTC_{15} : capacidade de troca catiônica (efetiva) do solo na profundidade de 0 – 0,15 m ($\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$)

Este índice pode ser utilizado na estimativa de resposta à fertilização de locais específicos e na construção de mapas de resposta à fertilização, quando aplicados em conjunto com sistemas de informações geográficas. Estes mapas podem ilustrar a distribuição espacial da resposta à fertilização em escala regional. Podem, também, ser utilizados como ferramenta auxiliar nas tomadas de decisão quanto ao investimento em manejo nutricional, bem como na definição da estratégia de experimentação nutricional.

Os índices de resposta à fertilização podem também ser utilizados na parametrização de modelos processuais, como o 3-PG (LANDSBERG; WARING, 1997; ALMEIDA et al., 2004), especificamente no ajuste do índice de fertilidade do solo destes modelos.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Localização

A área utilizada no estudo foi de 34.540 hectares de plantio, localizada na parte Sudeste do Brasil, no Estado de São Paulo. A área foi dividida em 3 regiões, sendo Mogi Guaçu Brotas e São Simão os municípios correspondentes a cada uma delas. As Regiões localizam-se na porção centro-leste, central e nordeste do Estado de São Paulo, conforme mostra a Figura 1.

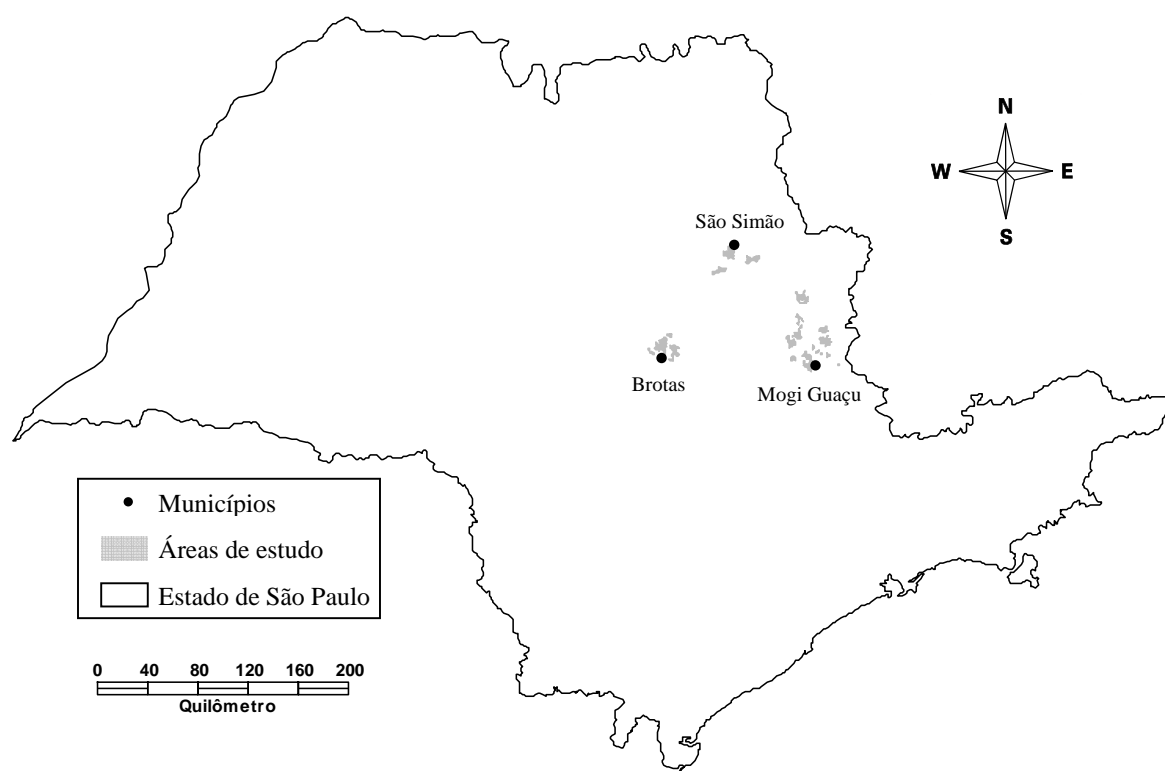


Figura 1 – Posição geográfica dos municípios de Mogi Guaçu, Brotas e São Simão e das áreas de estudo no Estado de São Paulo

2.2.2 Principais características das regiões de estudo

Região de Mogi Guaçu: com área de 17.268 hectares, num raio de 35 km do município de Mogi Guaçu (22°21'S, 48°58'O). O clima da região é do tipo Cwa segundo a classificação de Köppen, com temperatura anual média de 21°C, pluviosidade média anual variando entre 900 e 1.900 mm, concentrando-se entre os meses de Outubro e Março e déficit hídrico de 36 mm. Os solos predominantes da região são os Latossolos Vermelho Amarelos, os Latossolos Vermelhos e os Argissolos (MORAES et al., 1993a, 1993b, 1993c, 1993c, 1994a, 1994b, 1995d, 1995e; DEMATTÊ, 2000) .

Região de Brotas: com área de 8.838 hectares, num raio de 10 km do município de Brotas (22°13'S, 48°01'O). O clima da região é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, com temperatura anual média de 19°C, pluviosidade média anual variando entre 1.100 e 2.400 mm, concentrando-se entre os meses de Outubro a Abril e déficit hídrico de 63 mm. Os solos predominantes da região são os Latossolos Vermelho Amarelos e os Neossolos Quartzarênicos (MORAES et al., 1993c, 1993e; DEMATTÊ, 2000).

Região de São Simão: com área de 8.434 hectares, num raio de 30 km do município de São Simão (22°29'S, 47°34'O). O clima da região é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, com temperatura anual média de 22°C, pluviosidade média anual variando entre 1.100 e 1.700 mm, concentrando-se entre os meses de Outubro e Março e déficit hídrico de 110 mm. Os solos predominantes na região são os Neossolos Quartzarênicos (MORAES et al., 1994f, 1994g; DEMATTÊ, 2000).

2.2.3 Material Genético

Foram avaliadas diferentes plantações de clones de *Eucalyptus urophylla*, intensivamente selecionados em testes clonais específicos e aprovados em plantios comerciais extensos. Estas plantações estão identificadas neste estudo como clones A, B, C, D, E, F, G, H e I.

2.2.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental selecionado para o estudo foi o das parcelas gêmeas (STAPE et al., 2004), que é um ensaio em parcelas pareadas. Este delineamento consiste na instalação de pares de parcelas em diversos locais, sendo uma delas a testemunha e outra o tratamento. Neste estudo foram instaladas 131 parcelas gêmeas, que foram avaliadas por dois períodos consecutivos: Período 1 de março de 2004 a fevereiro de 2005 e Período 2 de março de 2005 a fevereiro de 2006.

2.2.5 Parcelas experimentais

A amostragem do inventário contínuo da empresa é realizada com o auxílio de parcelas retangulares de área variável (entre 320 e 500 m²), instaladas numa intensidade de 1:12 hectares e são mensuradas aos 2, 4 e 6 anos de idade. Para este estudo foram utilizadas 2.830 parcelas permanentes de inventário, as quais foram estratificadas em três regiões (Mogi Guaçu, Brotas e São Simão) e quatro classes de idade, sendo: classe I (2,0-2,9 anos), classe II (3,0-3,9 anos), classe III (4,0-4,9 anos) e classe IV (5,0-5,9 anos). Em cada estrato foram selecionadas, aleatoriamente, de 10 a 15 parcelas, que foram denominadas parcelas A (testemunha).

A uma distância de 15 a 30 metros de cada parcela A foi instalada uma parcela gêmea (STAPE et al., 2004), denominada de parcela B (fertilizada), seguindo os mesmos procedimentos de instalação das parcelas de inventário. O conjunto de parcelas A e B foi denominado bloco experimental. O total de parcelas obtidas para o estudo foi de 262, pareadas em 131 blocos experimentais constituídos das parcelas A e B. A Tabela 1 mostra

uma síntese das principais características dos blocos experimentais utilizados no estudo. As informações detalhadas de cada bloco experimental encontram-se nos Anexos A e B.

Tabela 1 - Síntese das principais características da área experimental, com os grupos predominantes e sua proporção (%) em cada critério (clones, solos, classe de idade e histórico de fertilização)

Região	Clones Predominantes	Solos Predominantes	Classes de Idade Predominantes(anos)	Histórico de fertilização ¹
Mogi Guaçu	A (49%); C (39%)	LVA (58%); LV (25%)	2,0 - 2,9 (32%); 3,0 - 3,9 (42%)	2 (66%); 1 (26%)
Brotas	C (36%); A (33%)	RQo (100%)	2,0 - 2,9 (31%); 3,0 - 3,9 (33%)	4 (54%); 3 (46%)
São Simão	A (94%)	RQo (74%); LVA (11%)	2,0 - 2,9 (43%); 3,0 - 3,9 (37%)	4 (76%); 3 (18%)

¹ Regimes de fertilização de plantio e manutenção apresentados na Tabela 3.

2.2.6 Tratamentos de fertilização

Todos os blocos experimentais receberam as fertilizações de plantio e manutenção de acordo com as prescrições de manejo da empresa, aqui referidas como regimes de fertilização. Os regimes, insumos utilizados, as doses aplicadas, a época e a forma de aplicação são mostrados no Anexo C. A Tabela 2 apresenta uma síntese das quantidades dos principais nutrientes aplicados em cada regime de fertilização.

Tabela 2 - Quantidades de nutrientes aplicados nas fertilizações de plantio e manutenção da área de estudo, em cada regime de fertilização (histórico de fertilização)

Regime	N	P ₂ O ₅	K ₂ O kg ha ⁻¹	CaO	MgO
1	37	114	178	1.187	80
2	37	111	204	393	46
3	47	72	70	270	108
4	36	108	187	450	180

A aplicação de fertilizantes nas parcelas B foi iniciada logo após a finalização da etapa de sua instalação. Os fertilizantes foram aplicados sempre na mesma dosagem para

todas as parcelas, independente de local e idade. Isto foi feito, pois o objetivo foi suprir, por completo, a demanda nutricional das plantas.

A fim de se isolar o efeito da fertilização, todos os possíveis fatores que pudessem intervir na produtividade, tais como plantas daninhas, doenças e pragas, foram devidamente controlados.

Os insumos, doses, época de aplicação e forma de aplicação dos tratamentos nas parcelas B, estão relacionados na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 - Tratamentos de fertilização adicional aplicados nas parcelas gêmeas (parcelas B)

Insumo	Dose (kg/ha)	Época de aplicação	Forma de aplicação
Calcário Dolomítico ¹	2.000		
Superfosfato Simples ²	1.000		
NPK 18:08:18	600	04/2004	Manual, a lanço
FTE BR12 ³	300		
NPK 18:08:18	600	02/2005	
NPK 18:08:18	600	04/2005	Manual, a lanço
NPK 18:08:18	600	04/2006	

Composições:

¹ 30% de CaO e 12% de MgO

² 18% de P₂O₅, 20% de Ca e 12% de S

³ 9,20% de Zn; 2,17% de B; 0,80% de Cu; 3,82% de Fe; 3,4% de Mn e 0,132% de Mo

As quantidades dos principais nutrientes aplicados são apresentadas na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Quantidades de nutrientes aplicados nas fertilizações adicionais das parcelas do tratamento B

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
		kg ha ⁻¹		
432	372	432	800	240

2.2.7 Estimativa da produtividade

As parcelas A e B foram avaliadas no momento inicial e continuaram a ser avaliadas aos 12 e 24 meses, após a instalação. Foram medidos todos os diâmetros a altura do peito (DAP) das árvores das parcelas. Os DAP, altura total (HT) de 15 árvores vivas e as alturas das quatro árvores dominantes (HDOM) foram medidas e utilizadas para a estimação dos parâmetros da equação hipsométrica. A equação hipsométrica (1) foi então utilizada para o cálculo das alturas estimadas (HEST) das árvores restantes das parcelas.

$$HEST = -41,25 + 1,73 \cdot MHDOM + 9,75 \cdot \ln(DAP) + 154,89 \cdot \left(\frac{1}{MHDOM} \right) - 0,02 \cdot (MHDOM^2) \quad (1)$$

Onde:

HEST: altura individual total estimada (m);

MHDOM: média das alturas dominantes da parcela (m)

DAP: diâmetro à altura do peito (cm);

Ln: logaritmo neperiano;

Os instrumentos utilizados nas medições dos DAP e das alturas totais foram a suta e o hipsômetro eletrônico.

Com base nos valores de DAP e HEST foram estimados os volumes individuais (VIND) de cada árvore, em cada parcela avaliada, utilizando-se o modelo (2) de Schumacker e Hall (1933).

$$\ln(VIND) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DAP) + \beta_2 \cdot \ln(HEST) \quad (2)$$

Onde:

Ln: logaritmo neperiano;

VIND: volume individual (m³);

DAP: diâmetro à altura do peito (cm);

HEST: altura total estimada (m).

Os coeficientes de regressão do modelo (1) de estimação do volume individual foram fornecidos pela empresa, cujas estimativas foram feitas baseando-se em dados coletados em cubagens rigorosas realizadas pelo Departamento de Inventário Florestal da mesma. Os coeficientes obtidos para cada clone deste estudo são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Coeficientes de regressão da equação (1) de volume individual fornecidos pela empresa, estimados por clone

Clone	Coeficientes de Regressão		
	β_0	β_1	β_2
A	-10,0495	1,863489	1,043579
C	-9,99096	1,801443	1,078608
E	-9,65097	1,952731	0,857065
I	-10,0381	1,874599	1,046778
B, D, F, G, H	-10,0832	1,908235	1,031053

Face ao produto final da empresa ser toneladas de madeira, e sendo este dependente da densidade básica, que por sua vez varia com o material genético e a idade da árvore, a produtividade dos plantios foi também calculada em biomassa de madeira.

A biomassa das árvores foi calculada com base no produto da densidade básica (DB) pelo volume individual (VIND). Para a estimativa da densidade básica em cada idade de avaliação, utilizou-se a equação de densidade básica da madeira em função da idade (3), fornecida pela empresa.

$$DB = \beta_0 + \beta_1 \cdot I \quad (3)$$

Onde:

DB: densidade básica da madeira (kg m^{-3});

I: idade da árvore (anos).

Os coeficientes da equação de densidade básica foram estimados para cada clone, através da regressão dos dados obtidos nos levantamentos de qualidade da madeira. Estes levantamentos são frequentemente realizados pela empresa na avaliação dos seus materiais genéticos, que são produzidos nos programas de melhoramento e clonagem da empresa e são recomendados para plantios comerciais.

A densidade média destes materiais, aos 2 anos de idade, é de 0,440 Mg m⁻³, podendo variar de 0,427 a 0,462 Mg m⁻³. Aos 7 anos, a média da densidade chega a 0,497 Mg m⁻³ e pode variar de 0,485 a 0,520 Mg m⁻³. Os coeficientes da equação de estimativa da densidade básica (3) são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Coeficientes da equação de estimativa da densidade básica em função da idade, para os materiais genéticos utilizados no estudo

Clone	Coeficientes	
	β_0	β_1
A	424	11,546
C	434	11,546
E	414	11,546
H	420	11,546
I	439	11,546
B, D, F, G	404	11,546

A estimativa do índice de sítio foi feita através do modelo (4) de Chapman e Richards (1959), que estima a média das alturas dominantes aos 7 anos de idade em função da média das alturas dominantes (MHDOM) e da idade (I) das parcelas no momento da avaliação.

$$IS7 = MHDOM \left\{ \frac{[1 - \exp(-\beta_1 \cdot 7)]}{[1 - \exp(-\beta_1 \cdot I)]} \right\}^{[1/(1-\beta_2)]} \quad (4)$$

Onde:

IS7: índice de sítio aos 7 anos (m);

MHDOM: média das alturas dominantes da parcela (m);

I: idade da parcela (anos).

Os coeficientes de regressão do modelo (4) de índice de sítio foram também fornecidos pela empresa, que os ajustou com base nos dados coletados de parcelas permanentes da rede de inventário florestal contínuo da empresa. Os coeficientes são apresentados na Tabela 7 a seguir.

Tabela 7 - Coeficientes da regressão do modelo de estimativa do índice de sítio

Coeficientes	Valores
β_0	30,20295
β_1	0,35585
β_2	0,20827

2.2.8 Dados climáticos e balanço hídrico

As médias mensais de temperatura (T) e precipitação (PPT) foram coletadas de 12 estações meteorológicas localizadas nas proximidades das áreas do estudo. Os períodos de coleta considerados para este estudo foram de março de 2004 a fevereiro de 2005 (Período 1) e março de 2005 a fevereiro de 2006 (Período 2). As estações meteorológicas e as médias dos dados coletados nos períodos são mostradas na Tabela 8 a seguir.

Tabela 8 - Estações meteorológicas e seus respectivos municípios, regiões de localização e médias dos dados coletados

Município	Região	Temperatura Média (T) (°C)		Precipitação Total (PPT) (mm)	
		Período 1	Período 2	Período 1	Período 2
Altinópolis ¹	São Simão	23,4	25,0	1.362	1.454
Sta. Rita do Passa Quatro ¹	São Simão	25,7	26,6	1.405	1.424
São Simão ¹	São Simão	22,7	23,6	1.216	1.470
Casa Branca ²	Mogi Guaçu	22,8	22,8	1.453	1.637
Vagem Grande do Sul ²	Mogi Guaçu	21,6	21,8	1.408	1.429
São Simão ²	São Simão	22,9	23,7	1.232	1.613
Espírito Santo do Pinhal ²	Mogi Guaçu	21,0	22,0	1.327	1.316
Jaú ²	Brotas	22,2	23,2	1.648	1.164
Mococa ²	Mogi Guaçu	22,2	23,2	1.648	1.164
Ribeirão Preto ²	São Simão	22,7	23,5	1.558	1.571
São Carlos ²	Brotas	21,1	22,1	1.528	1.607
Mogi Guaçu ³	Mogi Guaçu	21,2	20,8	1.395	1.652

Fontes:

¹ Estações meteorológicas da Votorantin Celulose e Papel

² CIIAGRO

³ Estação meteorológica da International Paper do Brasil, fábrica de Mogi Guaçu

Estimou-se o balanço hídrico de cada um dos blocos experimentais, em cada período, para que se pudesse compreender como os fatores climáticos estavam influenciando a capacidade de resposta à fertilização dos plantios.

O balanço hídrico de cada bloco experimental foi considerado como o balanço hídrico médio dos locais (estações meteorológicas) da mesma região do bloco experimental, calculado com base na capacidade de água disponível (CAD) estimada para os blocos.

Os valores da CAD de cada bloco experimental foram determinados com base nos resultados apresentados na Reunião de Classificação, Correlação de Solos e Interpretação de Aptidão Agrícola (1988), que determinou três níveis de CAD para três classes de argila do solo. Os valores considerados no estudo são apresentados na Tabela 9 a seguir.

Tabela 9 - Valores de CAD para diferentes teores de argila no solo

Argila ¹ (%)	CAD ² (mm)
≤ 15	100
16 a 35	150
> 35	200

¹ Teor de argila no solo; ² Capacidade de água disponível no solo até 200 cm de profundidade

A evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948). O balanço hídrico foi estimado através do método de Thornthwaite e Mather (1955) e calculado com o uso de planilhas eletrônicas desenvolvidas por Rolin e Sentelhas (1997).

As três regiões estudadas apresentaram características distintas quanto ao balanço hídrico. Um resumo das principais variáveis coletadas e calculadas do balanço hídrico de cada período e região é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Médias das variáveis do balanço hídrico em cada período e região de estudo

Período	Variável	Unidade	Região			Total
			Mogi Guaçu	Brotas	São Simão	
	CAD ¹	(mm)	165	101	106	130
Período 1	T	(°C)	21,3	21,7	25,2	22,7
	PPT		1.382	1.588	1.385	1.452
	ETP	(mm)	1.026	1.065	1.282	1.125
	ETR		959	955	1.081	991
	DEF		67	110	201	116
Período 2	T	(°C)	21,6	22,7	26,0	23,4
	PPT		1.473	1.385	1.480	1.446
	ETP	(mm)	1.150	1.286	1.560	1.332
	ETR		1.097	1.097	1.286	1.148
	DEF		53	189	273	153
Período 1+2	T	(°C)	21,4	22,2	25,6	23,1
	PPT		1.428	1.487	1.432	1.449
	ETP	(mm)	1.088	1.176	1.421	1.228
	ETR		1.028	1.026	1.184	1.069
	DEF		60	150	237	134

¹ CAD: capacidade de água disponível do solo a 200 cm de profundidade; T: temperatura do ar; PPT: precipitação; ETP: evapotranspiração potencial; ETR: evapotranspiração real; DEF: deficiência hídrica

A Região de Mogi Guaçu apresentou a maior média de CAD. Isso porque nestas regiões predominam os solos de textura argilosa e média-argilosa, que apresentam uma maior capacidade de retenção de água. Esta região também apresentou as menores médias de temperatura do ar e evapotranspiração potencial e real, o que contribuiu para uma menor média de deficiência hídrica.

O Período 1 apresentou a menor média de temperatura do ar e a maior média de precipitação, em relação ao Período 2. Estas médias influenciaram as médias de evapotranspiração potencial e real e a deficiência hídrica, que foram menores no Período 1.

Os balanços hídricos médios de cada região e período de estudo são representados graficamente nas Figuras 2, 3, e 4.

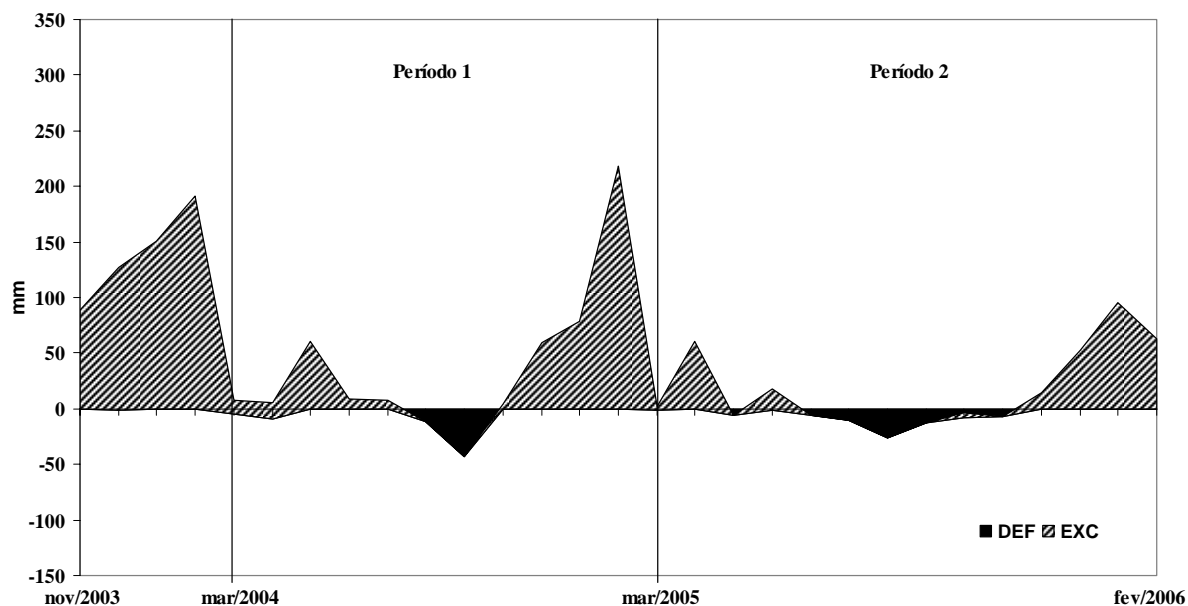


Figura 2 - Extrato do balanço hídrico seqüencial mensal da Região de Mogi Guaçu, para uma CAD média de 165 mm em 200 cm de profundidade de solo, mostrando os meses de excedente (EXC) e deficiência (DEF) hídrica de cada período de avaliação (Período 1 e 2)

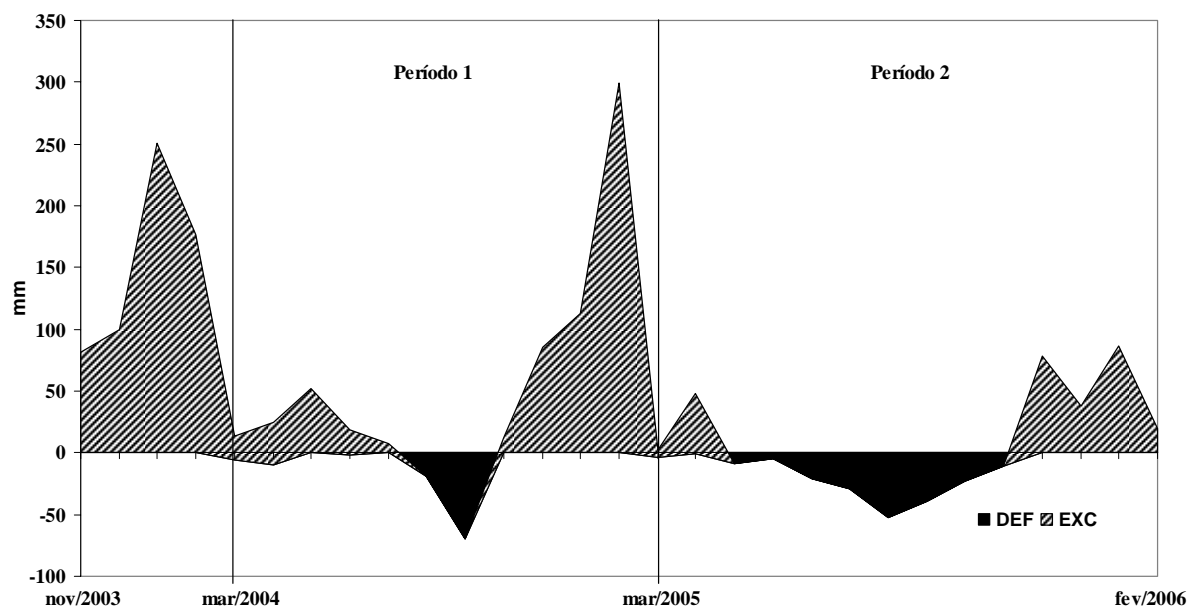


Figura 3 - Extrato do balanço hídrico seqüencial mensal da Região de Brotas, para uma CAD média de 101 mm em 200 cm de profundidade de solo, mostrando os meses de excedente (EXC) e deficiência (DEF) hídrica de cada período de avaliação (Período 1 e 2)

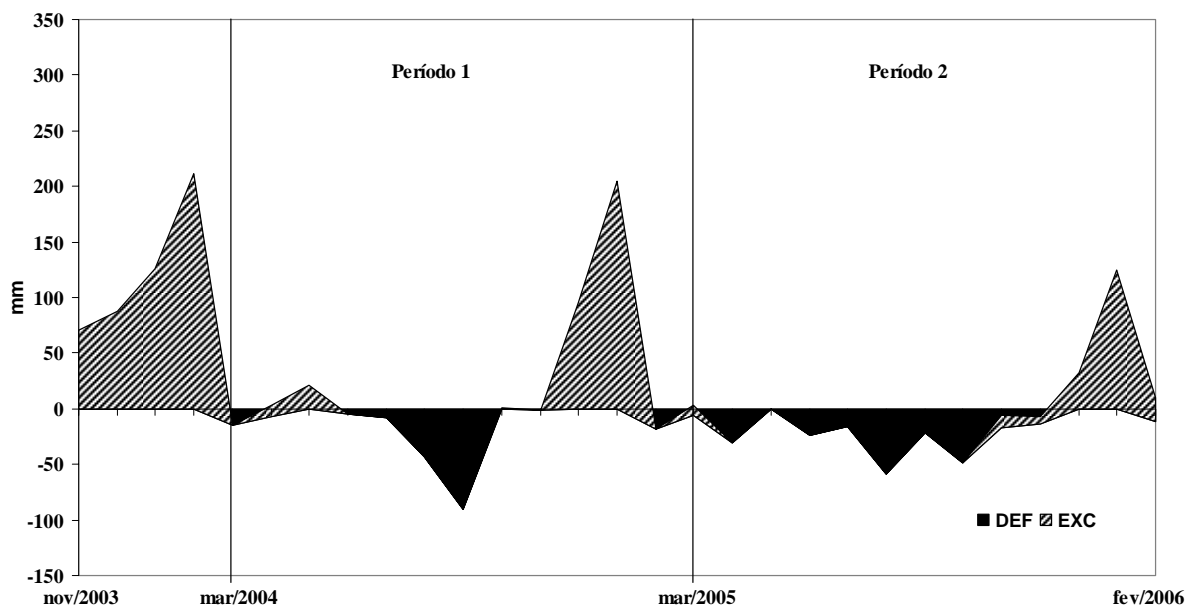


Figura 4 - Extrato do balanço hídrico sequencial mensal da região de São Simão, para uma CAD média de 106 mm em 200 cm de profundidade de solo, mostrando os meses de excedente (EXC) e deficiência (DEF) hídrica de cada período de avaliação (Período 1 e 2)

No Anexo F encontra-se a tabela que mostra os valores da capacidade de água disponível (CAD), os dados médios de temperatura (T) e precipitação (PPT) e os resultados dos cálculos de evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR) e deficiência hídrica (DEF) dos balanços hídricos de cada bloco experimental, em cada período de estudo.

2.2.9 Cálculo do crescimento das árvores e da resposta à fertilização

O crescimento das árvores dos tratamentos, em cada bloco experimental e período estudado, foi expresso através do incremento corrente anual de madeira (ICAM). O ICAM de cada parcela, para cada um dos dois períodos, foi calculado com base na equação que segue:

$$ICAM_p = \frac{BIOM_{fp} - BIOM_{ip}}{I_{fp} - I_{ip}} \quad (5)$$

Onde:

ICAM : incremento corrente anual de madeira (Mg ha⁻¹ ano⁻¹)

BIOM : biomassa de madeira (Mg ha⁻¹)

I : idade da árvore (anos)

f : final

i : inicial

p: período de avaliação (1, 2 e 1+2)

A resposta à fertilização de cada bloco foi a diferença entre o incremento da parcela fertilizada (B) menos o incremento da parcela testemunha (A). Como as parcelas A e B partiram de biomassas semelhantes, mas não iguais, fez-se o ajuste da resposta à fertilização de cada bloco considerando-se a biomassa média das parcelas. A equação, utilizada por Stape (2002), para tal ajuste, em estudo similar, é apresentada a seguir.

$$RF = \left(\frac{ICAM_B}{BIM_B} - \frac{ICAM_A}{BIM_A} \right) \cdot \left(\frac{BIM_B + BIM_A}{2} \right) \quad (6)$$

Onde:

RF : resposta à fertilização (Mg ha⁻¹ ano⁻¹)

ICAM : incremento corrente anual de madeira (Mg ha⁻¹ ano⁻¹)

BIM : biomassa inicial de madeira (Mg ha⁻¹)

A : tratamento A (testemunha)

B : tratamento B (fertilizado)

2.2.10 Análise das variáveis químicas e físicas do solo

Uma vez adequadamente instaladas todas as parcelas, foi realizada a coleta de solo nas parcelas A (testemunha) em todos os blocos experimentais. Foram coletadas amostras

compostas na linha e entrelinha de plantio, na profundidade de 00 a 20 cm, totalizando duas amostras por parcela.

Após a coleta, as amostras de solo foram enviadas ao laboratório Unithal, em Campinas-SP, para posterior análise química e física. Nas análises químicas, foram determinados: o pH em CaCl₂ pelo método potenciométrico, a % de matéria orgânica (M.O.) e os teores de P-resina pelo método colorimétrico, os teores de Ca, Mg e K por absorção atômica e o teor de Al por titulometria. A metodologia das análises químicas é descrita por Silva et al. (1999). As variáveis do solo calculadas foram: soma de bases (SB) pela fórmula: $SB = K + Mg + Ca$, capacidade de troca catiônica (CTC) pela fórmula: $CTC = [SB + (H + Al)]$, saturação de bases (V) pela fórmula: $V = [(SB/T) \times 100]$. As análises físicas do solo foram realizadas segundo o método proposto pelo Serviço Americano de Levantamento de Solos (USDA - NRCS - NSSC, 1996).

2.2.11 Análise do crescimento das árvores

Antes da aplicação dos fertilizantes nas parcelas B, as médias de biomassa de madeira das parcelas experimentais foram testadas quanto à diferença estatística, a fim de se verificar a igualdade inicial entre os tratamentos. Após a aplicação dos tratamentos, as médias do crescimento das parcelas A e B foram também testadas. Para isso, foram realizados testes de comparação de médias para a biomassa inicial de madeira (BIM_A e BIM_B). Também foram testadas as médias dos incrementos correntes anuais de madeira dos tratamentos ($ICAM_A$ e $ICAM_B$) para cada período de avaliação. Para isso, foi utilizado o teste t pareado processado pelo programa Statistica 7.1 (STATSOFT, 2005).

2.2.12 Análise da resposta à fertilização por critério de estratificação

Visando uma melhor compreensão do comportamento da resposta à fertilização, as médias foram agrupadas por critérios de análise e foram realizadas análises de variância e testes de média para se verificar as diferenças entre estes critérios de estratificação. Para a análise de variância foi considerado o delineamento inteiramente ao acaso. O teste de média utilizado foi o teste de Tukey, com nível de significância de 0,05 e as análises de variância foram processadas no programa estatístico Statistica 7.1 (STATSOFT, 2005).

Os grupos, dentro de cada critério analisado, são mostrados na Tabela 11. Dentro de cada critério, foram selecionados os grupos que apresentaram um número mínimo de blocos experimentais ($N > 8$).

Tabela 11 - Critérios, grupos e número de blocos experimentais (N) utilizados na análise da resposta à fertilização

Critério	Grupo	N
Solos	RQo	67
	LV	17
	LVA	38
Clone	A	76
	C	37
Região	Mogi Guaçu	60
	Brotas	39
	São Simão	36
Fazenda	1	17
	2	11
	8	22
	16	10
	17	23
	821	10
	883	9
Classe de idade no início do experimento (anos)	I (2,1-3,0)	46
	II (3,1-4,0)	51
	III (4,1-5,0)	16
	IV (5,1-6,0)	22
Classe de índice de sítio do tratamento A no início do experimento (m)	I ($\leq 24,0$)	26
	II (24,1-27,0)	42
	III (27,1-30,0)	45
	IV (30,1-33,0)	22

2.2.13 Relação da resposta à fertilização com variáveis edafoclimáticas e silviculturais

As relações entre a resposta à fertilização e as variáveis edáficas, climáticas e silviculturais foram determinadas através do coeficiente de correlação de Pearson e modeladas através de regressões lineares múltiplas, processadas pelo programa Statistica 7.1 (STATSOFT, 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise das variáveis químicas e físicas do solo

As três regiões apresentaram características distintas quanto aos seus atributos químicos e físicos. Quanto aos atributos químicos, observa-se na Tabela 12 que a Região de Mogi Guaçu apresentou os maiores níveis de nutrientes no solo, principalmente Ca, Mg e K. Ainda, apresentou os maiores teores de matéria orgânica, argila e silte, que conferiu a estes solos maiores níveis de fertilidade e capacidade de armazenamento de água.

Tabela 12 - Médias das variáveis químicas e físicas dos solos predominantes das regiões de estudo

Região	Grupo de solo predominante	N	pH CaCl ₂	P mg dm ⁻³	Ca	Mg	K	Al	MO	ARE	ARG	SIL
					mmol _c dm ⁻³				%			
Mogi Guaçu	LV	14	4,9	13,8	23,3	4,7	1,0	5,0	2,5	61,8	32,0	6,2
	LVA	33	4,6	15,3	20,0	4,2	0,7	5,3	2,4	62,0	31,9	6,2
Brotas	RQo	39	4,0	9,0	6,4	2,9	0,4	7,8	2,2	90,6	7,9	1,6
São Simão	RQo	26	4,1	18,3	6,4	2,8	0,4	6,4	2,1	93,2	5,5	1,4

N: número de blocos experimentais; P: fósforo em resina; Ca: cálcio trocável; Mg: magnésio trocável; K: potássio trocável; Al: alumínio trocável; MO: matéria orgânica; ARE: areia; ARG: argila; SIL: silte

Os solos das Regiões de Brotas e São Simão apresentaram-se semelhantes quanto às variáveis químicas e físicas. Os níveis nutricionais e os teores de argila e silte foram inferiores aos dos solos da Região de Mogi Guaçu, o que conferiu a estes solos menores níveis de fertilidade e capacidade de armazenamento de água.

Os resultados das análises químicas e físicas dos solos de cada bloco experimental são apresentados no Anexo G.

3.2 Análise do crescimento das árvores e da resposta à fertilização

A Tabela 13 apresenta uma síntese dos dados calculados de crescimento (ICAM) e resposta à fertilização (RF) das parcelas dos tratamentos A e B. Também, ilustra o comportamento destas variáveis em relação aos períodos de estudo, grupos de solo

predominantes, materiais genéticos e regiões de estudo, cujas diferenças e semelhanças serão discutidas mais adiante.

Tabela 13 - Síntese das médias do incremento corrente anual em madeira (ICAM) dos tratamentos A e B e da resposta à fertilização (RF) para cada período de estudo, grupo de solo, clone e região

Critério	Grupo	N	Período 1			Período 2		
			ICAM _A	ICAM _B	RF	ICAM _A	ICAM _B	RF
			Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹			Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹		
Grupo de Solo	RQo	66	24,4	27,4	2,9	26,0	34,4	8,5
	LV	16	25,2	27,2	2,0	25,8	30,8	5,0
	LVA	37	33,0	33,7	0,7	29,5	33,1	3,6
Clone	A	74	28,7	31,0	2,3	26,3	32,3	6,0
	C	36	32,2	33,3	1,2	31,0	34,2	3,2
Região	Mogi Guaçu	57	31,8	32,5	0,7	28,6	32,0	3,4
	Brotas	39	23,3	26,2	2,8	28,0	36,9	8,9
	São Simão	35	27,6	31,0	3,4	22,7	29,8	7,1
Total Geral		131	28,2	30,2	2,0	26,9	32,9	6,0

Os resultados dos cálculos da biomassa e do índice de sítio de cada bloco experimental, tratamento e medição são apresentados no Anexo H. Os resultados dos cálculos dos incrementos correntes anuais de madeira (ICAM_A e ICAM_B) e da respostas à fertilização (RF) de cada parcela, bloco experimental e período de estudo são apresentados no Anexo I.

Como esperado, os tratamentos não foram diferentes entre si quanto à biomassa de madeira no início do experimento ($P = 0,1712$). Os tratamentos A e B apresentaram médias de biomassa inicial de $56,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ ($121,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e $57,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ ($123,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), respectivamente, para uma densidade média de $0,469 \text{ Mg m}^{-3}$. A figura 5 mostra a dispersão da relação entre as biomassas de madeira dos tratamentos A e B, no início do experimento, e os resultados estatísticos desta relação.

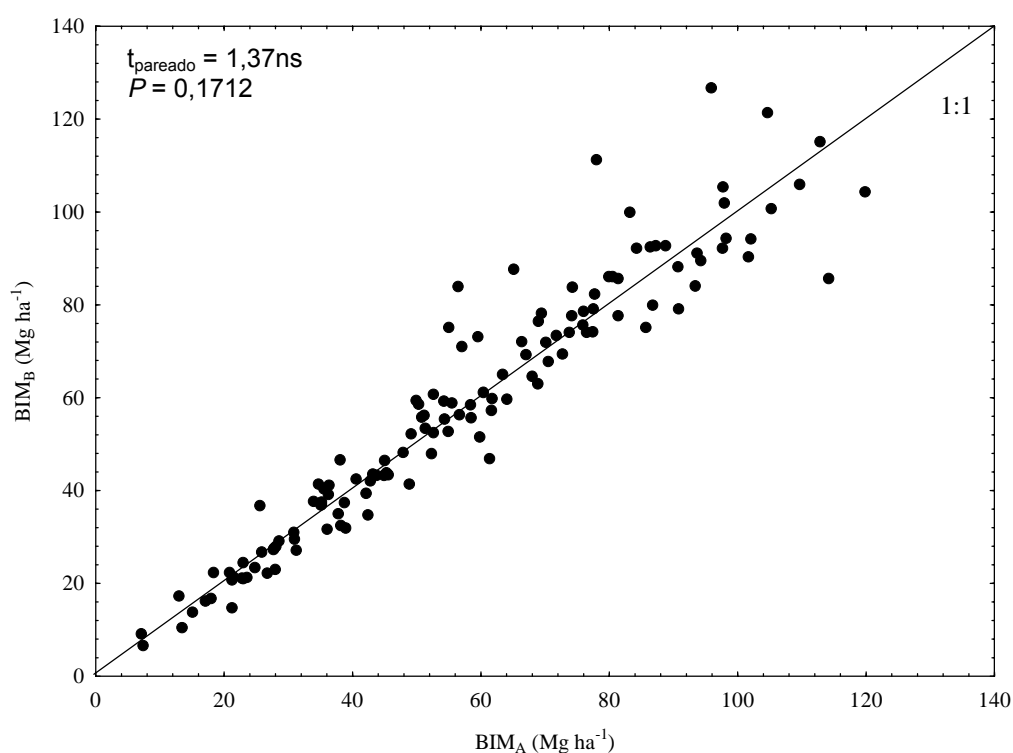


Figura 5 - Relação entre a biomassa de madeira do tratamento A (BIM_A) e do tratamento B (BIM_B) no início do experimento (ns: não significativo)

No Período 1 de avaliação das parcelas foi possível observar uma diferença no crescimento dos tratamentos, em função da fertilização aplicada nas parcelas do tratamento B. O tratamento B apresentou um crescimento 7% superior ao tratamento A ($P < 0,0001$). O ICAM médio observado no tratamento B foi de $30,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($62,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) enquanto que no tratamento A foi de $28,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($58,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) (Figura 6), revelando uma resposta à fertilização média, no período, de $2,0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Considerando-se uma densidade média de $0,481 \text{ Mg m}^{-3}$, esta resposta à fertilização foi equivalente a $4,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

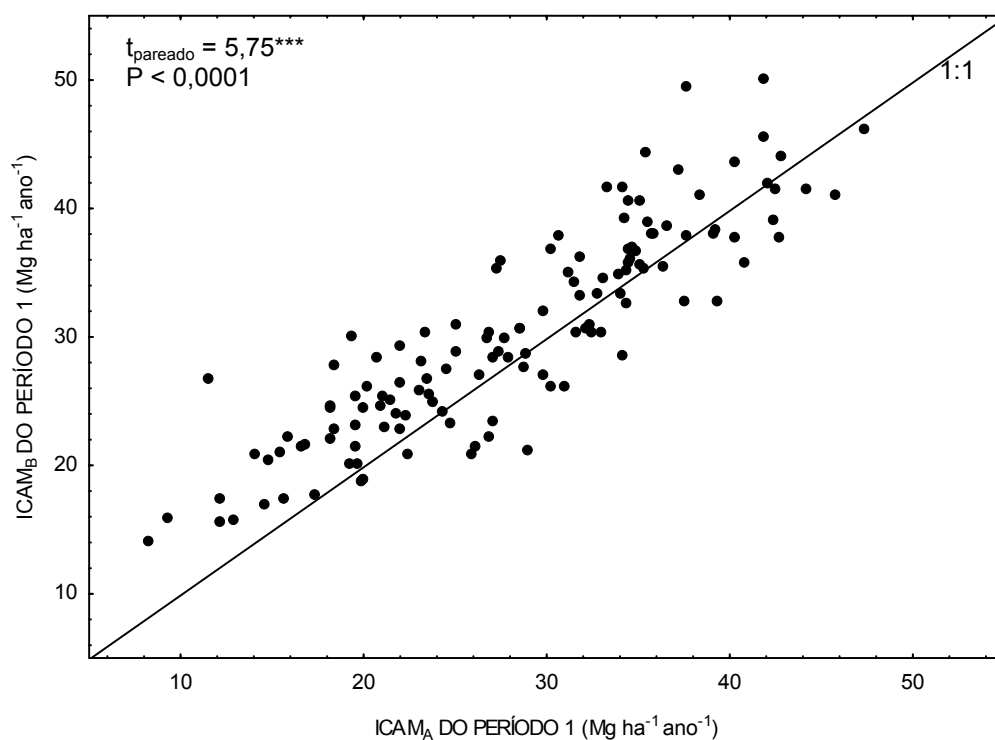


Figura 6 - Relação entre os incrementos correntes anuais de madeira do tratamento A (ICAM_A) e do tratamento B (ICAM_B) no Período 1. *** Significativo a 0,1% de probabilidade

No Período 2 de avaliação foi possível observar uma diferença ainda maior no crescimento dos tratamentos. O tratamento B apresentou um crescimento 22% maior do que o tratamento A ($P < 0,0001$). ICAM médio observado no tratamento B foi de $32,9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($66,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), enquanto que no tratamento A foi de $26,9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($54,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) (Figura 7), revelando uma resposta à fertilização média, no período, de $6,0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Considerando-se uma densidade média de $0,492 \text{ Mg m}^{-3}$, esta resposta foi equivalente a $12,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

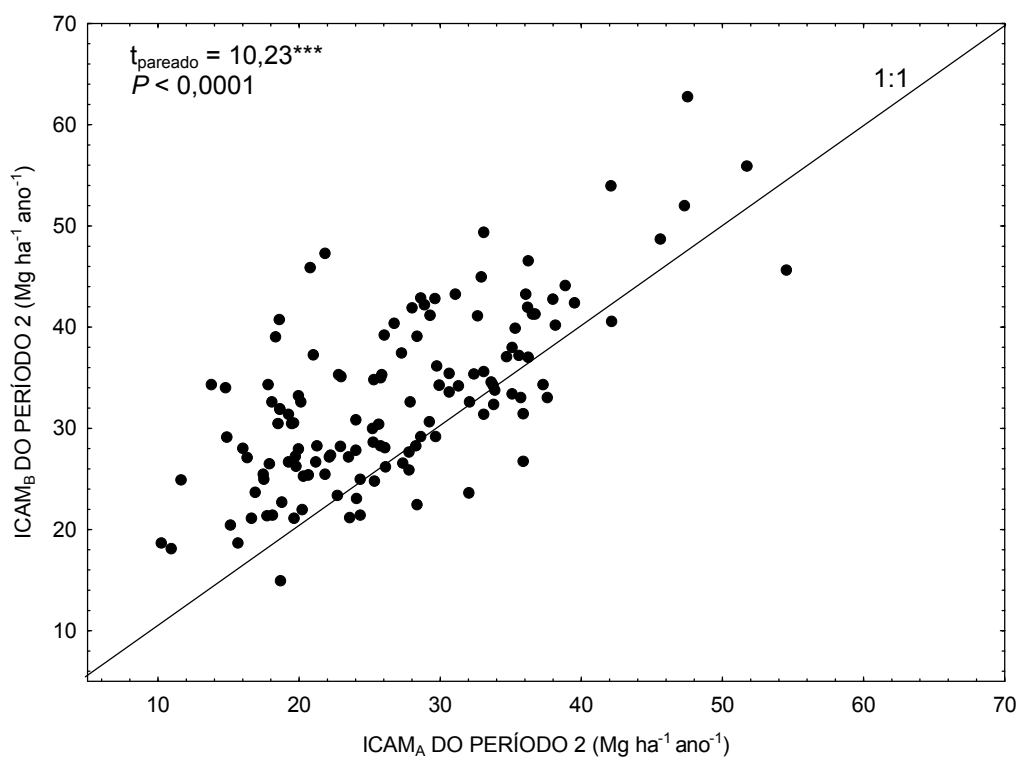


Figura 7 - Relação entre os incrementos correntes anuais de madeira do tratamento A (ICAM_A) e do tratamento B (ICAM_B) no Período 2. *** Significativo a 0,1% de probabilidade

No período total de avaliação (Período 1+2) o tratamento B apresentou um crescimento médio 15% superior ao tratamento A ($P < 0,0001$). ICAM médio (Figura 8) observado no tratamento B foi de $31,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($64,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) enquanto que no tratamento A foi de $27,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($56,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), revelando uma resposta à fertilização média, no período, de $4,0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($8,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Considerando-se uma densidade média de $0,492 \text{ Mg m}^{-3}$, esta resposta foi equivalente a $8,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Stape et al. (2006) reportaram resultados de resposta à fertilização semelhantes em um estudo realizado em solos arenosos. Os autores observaram crescimentos de $19,6$ e $24,4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ nas parcelas testemunha e fertilizada respectivamente, que produziram uma resposta à fertilização de $4,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

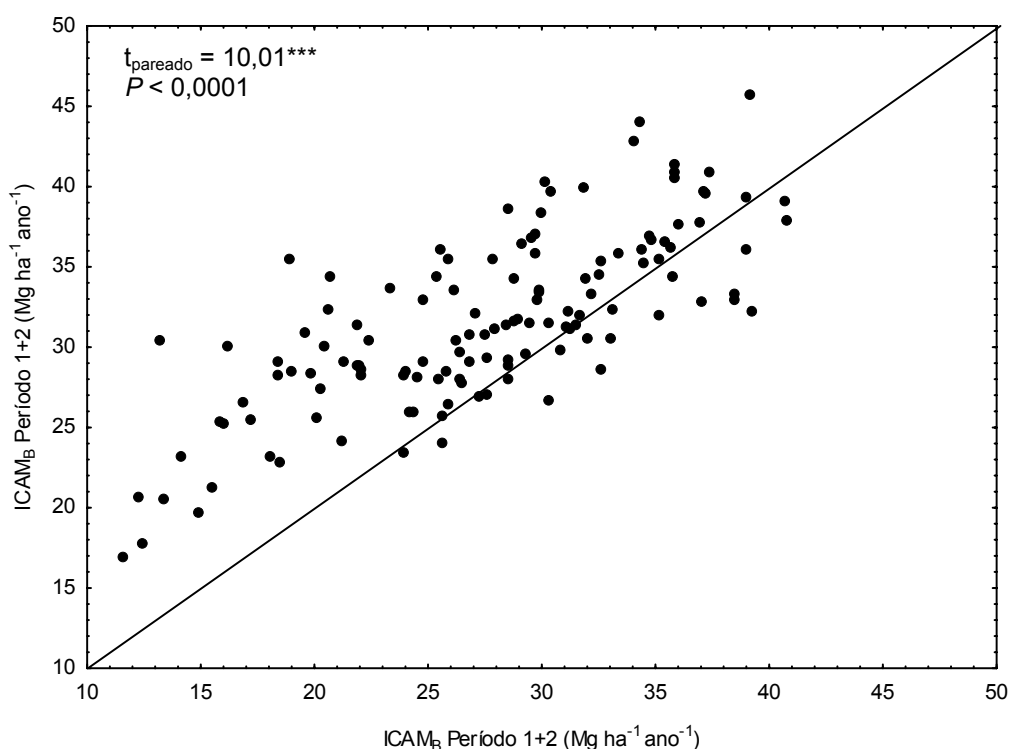


Figura 8 - Relação entre os incrementos correntes anuais de madeira do tratamento A (ICAM_A) e do tratamento B (ICAM_B) no período total de avaliação (Período 1+2). *** Significativo a 0,1% de probabilidade

Comparando-se os resultados da resposta à fertilização dos Períodos 1, 2 e 1+2, nota-se que a resposta à fertilização do Período 2 ($12,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foi superior a ambos o Período 1 ($4,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e o Período 1+2 ($8,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Isso ocorreu pelo fato de

que o início da fertilização do tratamento B aconteceu no início do inverno, em abril de 2005 (Figuras 2, 3 e 4), quando há uma diminuição da precipitação e aumento da deficiência hídrica. Sendo assim, a resposta a esta fertilização somente foi significativamente detectada no período seguinte de avaliação (Período 2). Os dados de resposta à fertilização do Período 2 foram então selecionados para o processamento das análises de relação com as variáveis edafoclimáticas e silviculturais, por estarem a mais tempo sob o efeito dos tratamentos.

3.3 Análise da probabilidade de resposta à fertilização

A distribuição das respostas à fertilização do plantio estudado se assemelhou à distribuição normal. Nota-se, pela Figura 9, que 31% dos 131 blocos experimentais apresentaram o dobro da resposta à fertilização ($\geq 12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) em relação à média. Esta porcentagem foi superior aos 20% encontrado por Stape et al. (2006) e mostra que a nutrição é um fator limitante à produção em quase um terço da população estudada. Estes resultados também indicam que podem existir oportunidades de investimentos em fertilização com retornos em produtividade.

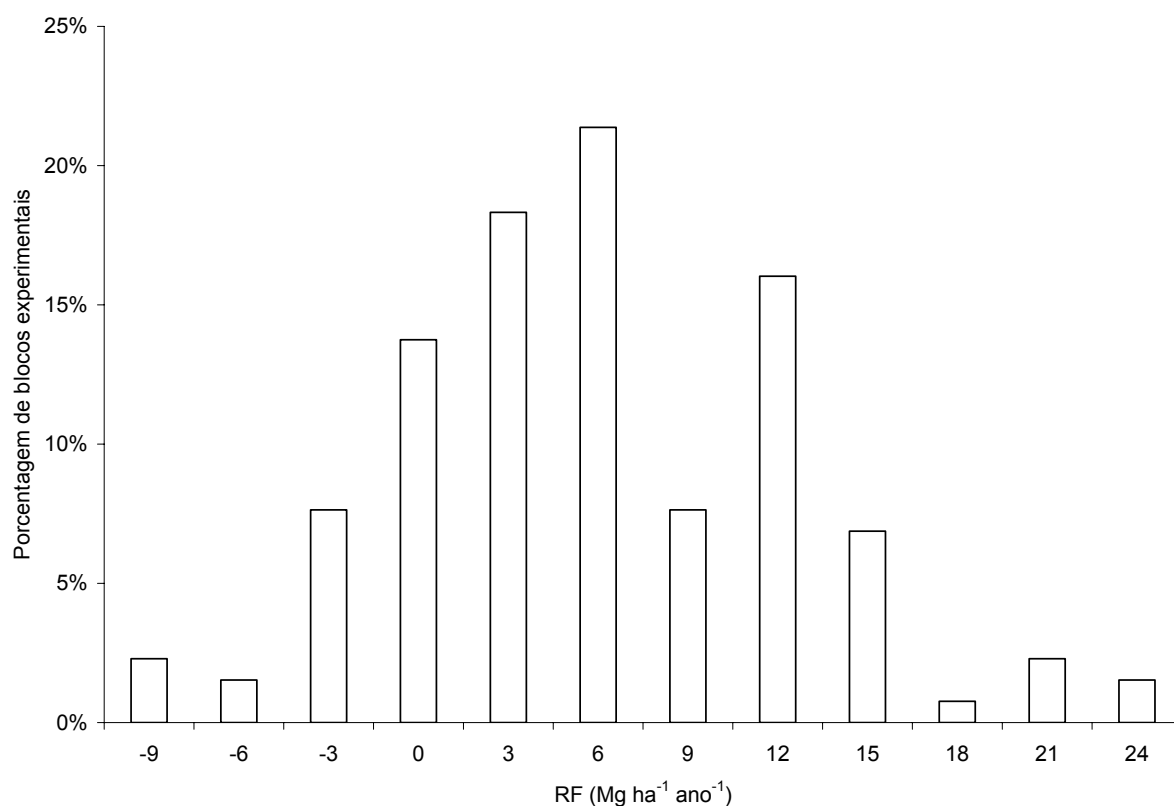


Figura 9 - Distribuição da resposta à fertilização (RF), do Período 2 de avaliação, entre os 131 blocos experimentais

O conhecimento da probabilidade de resposta à fertilização do local estudado pode ser utilizado nas tomadas de decisão quanto ao investimento em fertilização. Como exposto por Fisher e Binkley (2000), pode-se definir de um nível crítico de resposta à fertilização que será usado na classificação das plantações em responsáveis e não responsáveis. O cálculo deste nível crítico depende do custo relativo da fertilização e o valor da resposta. Por exemplo, se a fertilização é barata e a resposta é de alto valor, então o custo de fertilizar plantações não responsivas será mais do que compensado pela resposta das plantações responsivas.

3.4 Análise da resposta à fertilização por critério de estratificação

A análise da resposta à fertilização por critério de estratificação foi importante para o conhecimento da resposta à fertilização em diferentes estratos, ou níveis de detalhe do plantio. Pode-se determinar a resposta à fertilização e utilizá-la em um nível de

detalhamento compatível com as informações disponíveis em uma determinada área ou plantio.

a. Grupos de solos

Nos diferentes grupos de solos, a resposta à fertilização foi distinta quanto à média e distribuição. Na Tabela 14 pode-se observar que o grupo dos neossolos quartzarênicos (RQo) foi o que apresentou a maior média de resposta, seguido do grupo dos latossolos vermelhos (LV) e dos latossolos vermelho-amarelos (LVA). Os resultados apresentados, similares aos encontrados por Stape et al. (2006), indicam que solos mais férteis e mais argilosos tendem a apresentar respostas menores do que solos menos férteis e menos argilosos.

Tabela 14 - Número de blocos experimentais (N) e médias da resposta à fertilização (RF) por grupo de solo predominante (LVA, LV e RQo)

Grupo de Solo	N	RF	
		m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹
RQo	66	16,9 a	8,5 a
LV	16	10,0 ab	5,0 ab
LVA	37	7,2 b	3,6 b

Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $P = 0,05$).

As Figuras 10, 11 e 12 ilustram as distribuições das respostas à fertilização nos principais solos das áreas de estudo.

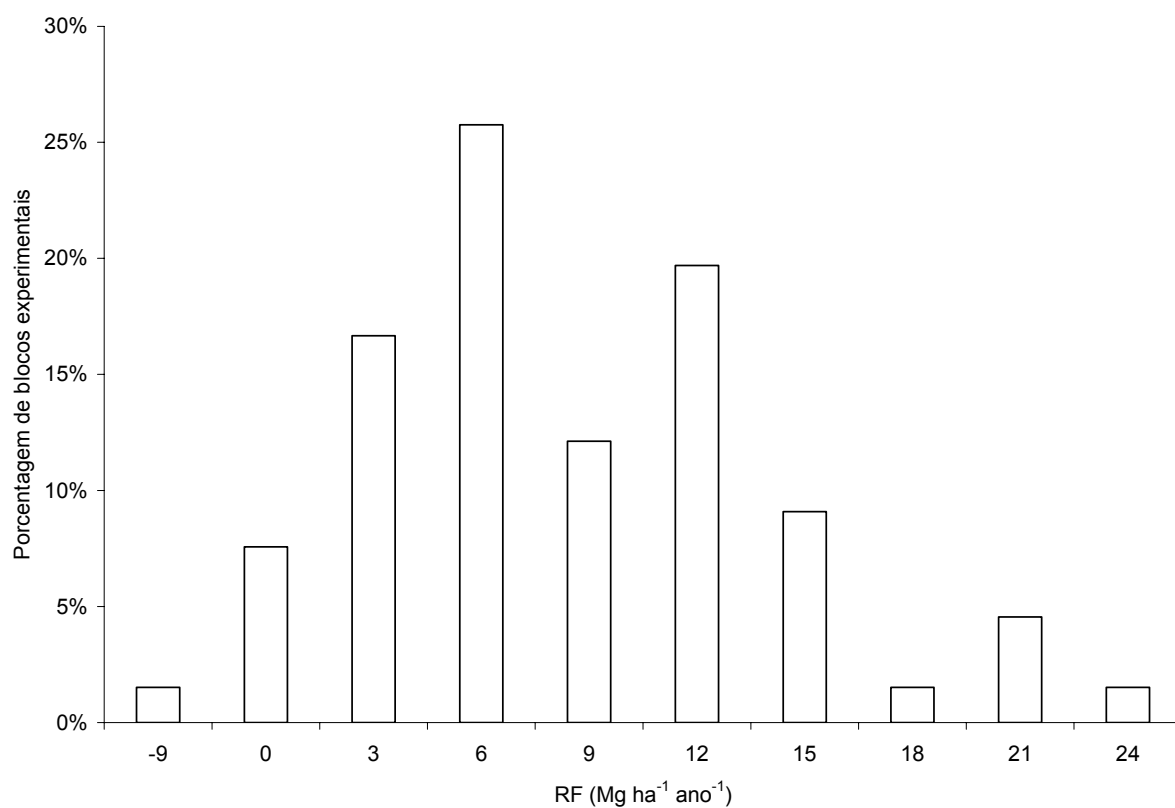
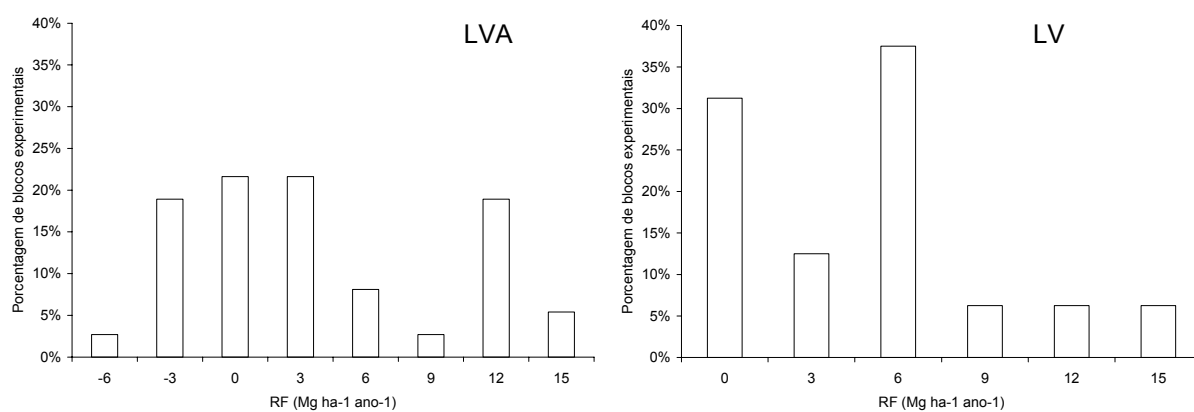


Figura 10 - Distribuição da resposta à fertilização (RF) em 66 blocos experimentais, localizados em Neossolos Quartzarênicos (RQo)



Figuras 11 e 12 - Distribuição da resposta à fertilização (RF) em 37 blocos experimentais localizados em Latossolos Vermelhos (LV) e 16 blocos localizados em Latossolos Vermelho Amarelos (LVA)

b. Material genético

No nível de material genético, os clones considerados na análise foram os materiais A e C, predominantes nas áreas de estudo. Para a comparação das médias de resposta à fertilização, foram selecionados os blocos experimentais de ambos os materiais que estavam localizados nos mesmos grupos de solo e com idades de plantio semelhantes. Observa-se na Tabela 15 que, nestas condições, não houve diferença entre as médias de resposta à fertilização destes materiais.

Tabela 15 - Número de blocos experimentais (N) e média da resposta à fertilização (RF) em volume e biomassa de madeira, dos materiais genéticos predominantes (A e C)

Clone	N	RFAJ	
		m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹
A	37	15,4 a	7,6 a
C	14	15,2 a	7,5 a

Valores seguidos da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $P = 0,05$).

Stape e Moreira (2004) chegaram às mesmas conclusões quando observaram respostas semelhantes à omissão de nutrientes, para quatro diferentes materiais genéticos.

Numa abordagem mais prática, o comportamento semelhante destes materiais genéticos quanto à resposta à fertilização, torna plausível o desenvolvimento de um único programa de manejo nutricional, para ambos os clones.

c. Região

Dentre as três regiões estudadas, a Região de Mogi Guaçu apresentou um comportamento diferenciado em relação a ambas as Regiões de Brotas e São Simão. Observa-se na Tabela 16 que a Região de Mogi Guaçu foi a que apresentou a menor média de resposta à fertilização, enquanto que as Regiões de Brotas e São Simão apresentaram médias semelhantes e superiores. Sendo as Regiões de Brotas e São Simão as mais arenosas e menos férteis (ver Tabela 12), observa-se novamente que os sítios menos férteis tendem a apresentar uma maior resposta à fertilização.

A média de resposta à fertilização observada na Região de São Simão ($7,3 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), mesma região utilizada no estudo de Stape et al. (2006), foi superior à observada pelos autores ($4,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Provavelmente, esta diferença de resposta indica que os plantios da Região de São Simão apresentaram uma limitação nutricional superior aos plantios estudados pelo autor.

Tabela 16 - Número de blocos experimentais (N) e média da resposta à fertilização (RF) em volume e biomassa de madeira, de cada região de estudo (Mogi Guaçu, Brotas e São Simão)

Região	N	RF	
		$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$	$\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$
Brotas	39	17,5 a	8,8 a
São Simão	35	14,5 a	7,3 a
Mogi Guaçu	57	6,5 b	3,2 b

Valores seguidos da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $P = 0,05$).

De modo prático, estes resultados podem ser utilizados pela empresa na tomada de decisão sobre quais regiões deverão ser consideradas prioritárias nas análises de investimento em fertilização. Do mesmo modo, a empresa pode direcionar melhor os recursos de experimentação para as regiões que apresentaram maiores respostas à fertilização, conhecendo melhor os fatores que influenciaram estas respostas.

d. Fazenda

As fazendas apresentaram médias distintas quanto à resposta à fertilização. De modo geral, as fazendas que continham parcelas predominantemente locadas em solos do grupo RQo (fazendas 8, 16, 883 e 17), apresentaram as maiores médias de resposta. Pelo mesmo motivo, as fazendas localizadas nas Regiões de Brotas e São Simão apresentaram médias superiores as da Região de Mogi Guaçu. Os resultados são apresentados na Tabela 17 a seguir.

Tabela 17 - Número de blocos experimentais (N) e média da resposta à fertilização (RF) em volume e biomassa de madeira, de sete fazendas (1, 2, 8, 16, 17, 821 e 883) localizadas nas três regiões de estudo (Mogi Guaçu, Brotas e São Simão)

Fazenda	Região	N	RF	
			m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹
8	Brotas	22	21,8 a	11,1a
16	São Simão	9	18,8 a	9,6 a
883	Mogi Guaçu	9	15,5 ab	7,8 a
17	São Simão	23	14,5 ab	7,1 ab
2	Mogi Guaçu	11	10,4 abc	5,2 abc
821	Mogi Guaçu	9	3,0 bc	1,4 bc
1	Mogi Guaçu	16	0,2 c	0,1 c

Valores seguidos da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $P = 0,05$).

Em um nível maior de detalhe, estes resultados podem ser utilizados pela empresa na tomada de decisão sobre quais fazendas, dentro de cada região, poderão ser adubadas prioritariamente.

e. Classe de idade

A idade foi um dos fatores que mais afetaram a resposta à fertilização do plantio. Quanto maior a idade do plantio, maior foi a sua resposta à fertilização. Observa-se na Tabela 18 que a fertilização de plantios com idade superior a 4 anos (classes de idade III e IV) produziu médias de resposta superiores às de plantios mais novos, com idades inferiores a 4 anos (classes de idade I e II). A média de aumento da resposta à fertilização para cada ano adicional de idade do plantio (1,7 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) foi superior ao dobro do encontrado por Stape et al. (2006) (0,6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹), indicando provavelmente que o plantio apresenta limitação nutricional, mesmo em idades mais avançadas.

Tabela 18 - Número de blocos experimentais (N) e média da resposta à fertilização (RF) em volume e biomassa de madeira, para quatro classes de idade do plantio no início do experimento (I, II, III e IV)

Classe de idade (anos)	N	RF	
		m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹
III (4,0-4,9)	22	21,2 a	10,8 a
IV (5,0-5,9)	16	19,4 ab	9,8 a
II (3,0-3,9)	51	11,2 bc	5,6 b
I (2,0-2,9)	46	6,2 c	3,1 b

Valores seguidos da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $P = 0,05$).

A idade dos plantios está também relacionada ao nível tecnológico e ao histórico de fertilização da empresa. Plantios mais velhos foram estabelecidos sob um nível tecnológico mais baixo do que os plantios mais novos e, ainda, receberam uma quantidade de nutrientes menor. Provavelmente por estes motivos os plantios mais velhos apresentaram uma média maior de resposta à fertilização, fato que pode não mais se repetir em plantios futuros.

Contrários às afirmações de Gonçalves et al. (2000), estes resultados indicam que existe resposta à fertilização em todos os estágios de crescimento do plantio estudado, provavelmente pelo fato de que este plantio esteja limitado nutricionalmente por todo o ciclo da floresta, sobretudo no final do ciclo. Esta limitação nutricional pode ter causado um crescimento deficiente das copas das árvores, mantendo-as em índices de área foliar inferiores aos considerados ideais. Assim, o plantio estudado pode não ter chegado ao estágio de fechamento das copas.

Operacionalmente, estes resultados podem também ser aplicados na tomada de decisão de fertilização dos plantios, de forma a direcionar esta operação para os plantios mais velhos.

f. Classe de índice de sítio

As maiores classes de índice de sítio do tratamento A, no início do experimento, foram as que apresentaram as menores respostas à fertilização nos blocos experimentais estudados. Observa-se na Tabela 19 que os blocos experimentais da classe de índice de

sítio I ($\leq 24,0$ metros) apresentaram uma média de resposta à fertilização superior ao triplo da classe IV (30,1 a 33,0 metros). Sendo o índice de sítio uma variável que representa a capacidade produtiva do local (COILE, 1952; CASTAÑOS, 1962; SPURR, 1964), os resultados observados indicam que sítios de maior capacidade produtiva, apresentam respostas médias inferiores aos sítios de menor capacidade produtiva.

Tabela 19 - Número de blocos experimentais (N) e média da resposta à fertilização (RF) em volume e biomassa de madeira, para quatro classes de índice de sítio do tratamento A (IS7_A), no início do experimento

Classe de IS7 _A (m)	N	RF	
		m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹
I ($\leq 24,0$)	26	17,8 a	8,9 a
II (24,1-27,0)	42	13,4 ab	6,7 ab
III (27,1-30,0)	45	10,3 ab	5,2 ab
IV (30,1-33,0)	22	5,4 b	2,7 b

Valores seguidos da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $P = 0,05$).

Uma vez medido o plantio, a empresa pode utilizar operacionalmente os resultados de resposta à fertilização, por classe de índice de sítio, na tomada de decisão quanto à fertilização deste plantio. Plantios com índices de sítio inferiores, deverão ser prioritariamente fertilizados e investigados, quanto as suas limitações nutricionais. A possibilidade de se utilizar dados de inventário nas tomadas de decisão de fertilização, estreita as relações entre as áreas de inventário e nutrição da empresa.

3.5 Relação da resposta à fertilização com as variáveis edáficas, climáticas e silviculturais

A grande maioria das variáveis edáficas correlacionou-se negativamente com a resposta à fertilização, indicando uma relação inversa desta variável com a fertilidade do solo.

Dentre os parâmetros químicos do solo, os relacionados às bases do solo (Ca, Mg, K, SB e V) foram os que apresentaram as maiores correlações com a resposta à fertilização. Isso provavelmente indica que boa parte da limitação nutricional do plantio estudado está relacionada ao teor destes elementos no solo. Relações do K com ganhos de produtividade

foram também observadas por Carvalho et al. (1978), Barros et al. (1981) e Bellote e Ferreira (1993).

O fósforo, o alumínio e a matéria orgânica, entretanto, foram as variáveis que apresentaram as menores correlações com a resposta à fertilização, indicando pouca relação com a limitação nutricional do plantio. Estes resultados foram diferentes dos encontrados por Gonçalves (1990), provavelmente por influência dos diferentes métodos de amostragem utilizados nos estudos. Utilizando uma única parcela amostral por local, o autor encontrou relações com atributos do solo que, na verdade, são intimamente relacionados com as diferentes características climáticas das regiões estudadas. No caso do método utilizado no presente estudo (parcelas gêmeas), este efeito do clima é anulado pela repetição dos mesmos tratamentos nos diversos locais e tipos climáticos, revelando assim a verdadeira expressão das variáveis estudadas.

A Tabela 20 apresenta os resultados dos coeficientes de correlação de Pearson de cada parâmetro com a resposta à fertilização.

Tabela 20 - Correlação (coeficiente de correlação de Pearson) entre a resposta à fertilização, em volume de madeira ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), e os parâmetros químicos do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, ordenados pelo coeficiente de correlação

Parâmetro	Coefficiente de Correlação (r)
SB ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	- 0,4081**
Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	- 0,4056**
V (%)	- 0,3656**
Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	- 0,3538**
K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	- 0,3404**
CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	- 0,3361**
pH CaCl_2	- 0,3195**
MO (%)	- 0,1923*
Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,1792*
P resina (mg dm^{-3})	- 0,1679 ^{ns}

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns Não significativo; Al: alumínio, Ca: cálcio, Mg: magnésio, K: potássio, P: fósforo em resina, MO: matéria orgânica, SB: soma de bases, CTC: capacidade de troca catiônica, V: saturação de bases

As variáveis físicas do solo apresentaram correlações semelhantes quanto ao valor, porém distintas quanto ao sentido. As variáveis argila e silte correlacionaram-se

inversamente com a resposta à fertilização, enquanto que a areia correlacionou-se positivamente (Tabela 21). Este é mais um indicativo de que, provavelmente, os solos de textura mais arenosa, conseqüentemente menos férteis, tendem a apresentar maiores respostas à fertilização.

Tabela 21 - Correlação (coeficiente de correlação de Pearson) entre resposta à fertilização em volume de madeira ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e os parâmetros físicos do solo, na profundidade de 0 a 20 cm

Parâmetro	Coefficiente de Correlação (r)
Silte (%)	- 0,4870**
Areia (%)	0,4701**
Argila (%)	- 0,4586**

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Dentre as variáveis climáticas, a precipitação (PPT) e a deficiência hídrica (DEF) foram as que apresentaram as maiores correlações com a resposta à fertilização. A precipitação correlacionou-se inversamente com a resposta à fertilização, enquanto que a deficiência hídrica correlacionou-se positivamente. Isso ocorreu porque os locais com maior precipitação e, conseqüentemente menor deficiência hídrica, foram coincidentemente os locais mais férteis, com tendência a uma menor resposta à fertilização. Os resultados dos coeficientes de Pearson das correlações entre a resposta à fertilização e as variáveis climáticas, são apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 - Correlação (coeficiente de correlação de Pearson) entre a resposta à fertilização (RF) em volume de madeira ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e as variáveis climáticas

Variável	Coefficiente de Correlação (r)
DEF (mm)	0,3718**
PPT (mm)	- 0,3106**
ETP (mm)	0,2546**
T (°C)	0,2308**
ETR (mm)	0,0368 ^{ns}

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; T: temperatura média do ar, PPT: precipitação total, ETP: evapotranspiração potencial, ETR: evapotranspiração real, DEF: deficiência hídrica

As variáveis silviculturais que mais se correlacionaram com a resposta à fertilização foram a idade do plantio no início do experimento (IDI) e o incremento corrente anual de

madeira do tratamento A ($ICAM_A$). Os resultados das correlações da resposta à fertilização com as variáveis silviculturais são apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 - Correlação (coeficiente de correlação de Pearson) entre a resposta à fertilização (RF) em volume de madeira ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) e as variáveis silviculturais

Variável	Coefficiente de Correlação (r)
$ICAM_A$ ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$)	- 0,3863**
IDI (anos)	0,3801**
$IS7I_A$ (m)	- 0,2831**
$VOLI_A$ ($m^3 ha^{-1}$)	0,1490 ^{ns}

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ns Não significativo; $ICAM_A$: Incremento corrente anual em madeira do tratamento A; $IS7I_A$: Índice de sítio na idade base 7, do tratamento A, no início do experimento; $VOLI_A$: Volume de madeira do tratamento A no início do experimento; IDI: Idade do plantio no início do experimento

As Figuras 13, 14, 15 e 16 ilustram as relações da resposta à fertilização com as principais variáveis edafoclimáticas e silviculturais.

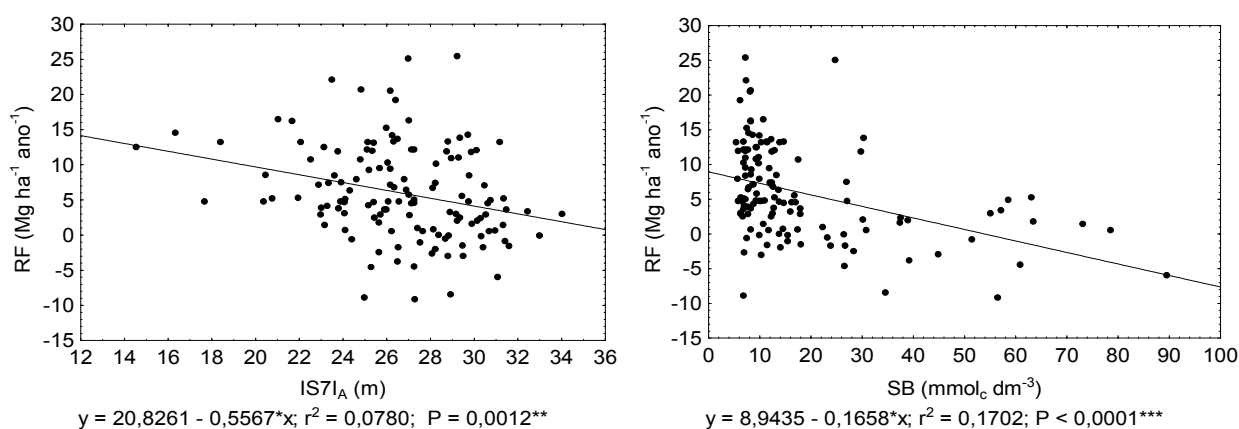


Figura 13 e 14 - Relação da resposta à fertilização (RF) com o índice de sítio na base 7 anos, do tratamento A, no início do experimento ($IS7I_A$) e a soma de bases do solo (SB), na profundidade de 0-20 cm. *** Significativo a 0,1% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade

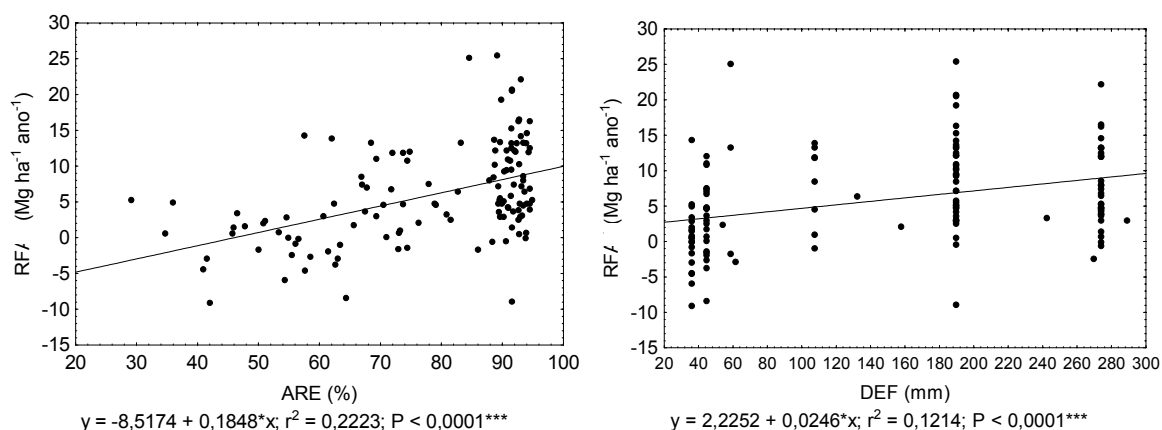


Figura 15 e 16 - Relação da resposta à fertilização (RF) com o teor de areia no solo (ARE), na profundidade de 0-20 cm e com a deficiência hídrica (DEF). *** Significativo a 0,1% de probabilidade

Observa-se nas Figuras 13, 14, 15 e 16 que os coeficientes de determinação das estimativas (r^2) apresentam-se baixos para as quatro variáveis analisadas isoladamente. Isso indica que as variáveis devem ser agrupadas em modelos multivariados para uma melhor estimativa da resposta à fertilização. A regressão múltipla das variáveis edafoclimáticas e silviculturais será realizada no item 3.6 a seguir.

3.6 Índice de resposta à fertilização

Foram elaborados cinco modelos de predição, tendo a resposta à fertilização como variável dependente e as variáveis silviculturais e edáficas como variáveis independentes. As Tabelas 24 e 25 mostram os coeficientes e as estatísticas dos modelos obtidos para a estimativa de resposta à fertilização em volume e biomassa de madeira, respectivamente.

Tabela 24 - Coeficientes e estatísticas dos modelos utilizados para estimar a resposta à fertilização em volume de madeira ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)

Modelo	Coeficientes							Estatística		
	Intercepto	SB	MO	P	IDI	IS7I	ARE	F	r ²	N
1	26,34938	-0,29732	-3,29968	-0,10585	-	-	-	10,08**	0,19	131
2	9,16797	-0,27784	-3,18474	-	4,18098	-	-	17,82**	0,30	131
3	25,53363	-0,20746	-2,81417	-	4,60332	-0,75038	-	15,05**	0,32	131
4	-13,5015	-	-	-	4,3285	-0,4506	0,2778	20,82**	0,33	131
5	-16,8927	-	-	-	-	-	0,3675	36,59**	0,22	131

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; SB: soma de bases em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; MO: matéria orgânica do solo em %; P: fósforo em resina do solo em mg dm^{-3} ; ARE: areia do solo em %; IDI: idade do plantio, em anos, no início do experimento; IS7I: índice de sítio do plantio no início do experimento em metros

Tabela 25 - Coeficientes e estatísticas dos modelos utilizados para estimar a resposta à fertilização em biomassa de madeira ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)

Modelo	Coeficientes							Estatística		
	Intercepto	SB	MO	P	IDI	IS7I	ARE	F	r ²	N
1	13,35445	-0,15005	-1,67725	-0,05843	-	-	-	10,40**	0,18	131
2	4,37881	-0,14045	-1,61336	-	2,17276	-	-	18,87**	0,31	131
3	12,36983	-0,10608	-1,43242	-	2,37898	-0,36640	-	15,79**	0,33	131
4	-7,27492	-	-	-	2,24525	-0,21929	0,14002	21,65**	0,34	131
5	-8,51737	-	-	-	-	-	0,18485	36,86**	0,22	131

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; SB: soma de bases em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; MO: matéria orgânica do solo em %; P: fósforo em resina do solo em mg dm^{-3} ; ARE: areia do solo em %; IDI: idade do plantio, em anos, no início do experimento; IS7I: índice de sítio do plantio no início do experimento em metros

Analisando-se os coeficientes de determinação dos modelos, pode-se discutir sobre a importância das variáveis edáficas e silviculturais na predição da resposta à fertilização. Observa-se que as variáveis químicas do solo que melhor explicaram as variações na resposta a fertilização foram a soma de bases (SB) e a matéria orgânica (MO). Dentre as variáveis físicas do solo, o teor de areia (ARE) foi a que melhor explicou a resposta a fertilização. A variável silvicultural idade do plantio (IDI) foi importante para todos os modelos e melhorou consideravelmente as predições.

A idade e o teor de areia do solo foram as únicas variáveis cujos coeficientes dos modelos apresentaram sinais positivos, sendo o coeficiente da idade o de maior valor

absoluto. Isso demonstra, novamente, que a resposta à fertilização é diretamente proporcional ao aumento do valor destas variáveis e é fortemente relacionada a idade do plantio

Em geral, os modelos apresentaram baixos coeficientes de determinação. Os modelos que melhor explicaram as variações de resposta à fertilização foram os modelos 2 ($r^2 = 0,31$), 3 ($r^2 = 0,33$) e 4 ($r^2 = 0,34$). Estes resultados foram inferiores aos encontrados por Stape et al. (2004) ($r^2 = 0,56$). Isso indica que outros fatores, não estudados, podem estar influenciando a resposta à fertilização dos plantios.

Estes modelos podem ser utilizados, em conjunto com sistemas de informações geográficas, na elaboração de mapas de resposta à fertilização. Estes mapas podem ser úteis na visualização de zonas de maior e menor resposta à fertilização, em uma escala regional. Deste modo, podem ser utilizados no planejamento do investimento em fertilização mineral e na elaboração de estratégias de experimentação nutricional para a área como um todo.

4 CONCLUSÕES

O estudo da resposta de plantios clonais de *Eucalyptus urophylla* à fertilização mineral por um período de 24 meses, através do método das parcelas gêmeas, permitiu concluir que:

O incremento corrente anual médio de madeira, observado nos plantios intensivamente fertilizados, foi de $31,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, enquanto que nos plantios fertilizados no padrão da empresa o incremento foi de $27,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A diferença destes incrementos revelou uma resposta à fertilização média, no período, de $4,0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Considerando-se uma densidade média de $0,492 \text{ Mg m}^{-3}$, esta resposta foi equivalente a $8,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, o que representou um ganho de 15% no crescimento.

Plantios situados em solos arenosos e menos férteis foram os que apresentaram as maiores médias de resposta à fertilização, de $8,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($16,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Os dois clones predominantes não diferiram na resposta à fertilização mineral.

As regiões de Brotas e São Simão apresentaram respostas semelhantes à fertilização, de $8,8$ e $7,3 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($17,5$ e $14,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Estas respostas foram superiores às da região de Mogi Guaçu, que foi de $3,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($6,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

A resposta à fertilização correlacionou-se positivamente com a idade dos plantios. Plantios com idade superior a 4 anos responderam acima de $9,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($19,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e plantios com idade inferior a 4 anos responderam abaixo de $5,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($11,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

A resposta à fertilização correlacionou-se negativamente com o índice de sítio. A classe de índice de sítio I ($\leq 24,0 \text{ m}$) respondeu $8,9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($17,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), enquanto que a classe de índice de sítio IV ($30,1\text{-}33,0 \text{ m}$) respondeu $2,7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($5,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Dentre as variáveis climáticas, a deficiência hídrica foi a que mais se correlacionou, e de forma negativa, com a resposta à fertilização.

A metodologia das parcelas gêmeas possibilitou discriminar a necessidade, ou não, de fertilização mineral para níveis categóricos distintos, como região, fazenda, solo e talhão.

Foi possível desenvolver modelos de predição da resposta à fertilização em função de variáveis edáficas e silviculturais. A soma de bases e o teor de matéria orgânica do solo foram as variáveis químicas que melhor explicaram as variações na resposta à fertilização, enquanto o teor de areia do solo e o índice de sítio foram as variáveis física e silvicultural de maior correlação. A variável silvicultural idade do plantio foi importante para todos os modelos e melhorou consideravelmente as predições.

Finalmente, retomando as hipóteses iniciais do estudo, verifica-se que:

A Hipótese i (a fertilização de plantios clonais de *Eucalyptus* gera ganhos de produtividade) foi corroborada;

A Hipótese ii (a resposta à fertilização de plantios clonais de *Eucalyptus* é maior em solos menos férteis) foi corroborada;

A Hipótese iii (a resposta à fertilização não difere entre clones) também foi corroborada; e

A Hipótese iv (a resposta à fertilização é menor quanto maior a idade do plantio) foi rejeitada para as condições do estudo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.C.; LANDSBERG, J.J.; SANDS, P.J.. Parameterisation of 3-PG model for fast growing *Eucalyptus grandis* plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p. 179–195, 2004
- BARROS, N.F.; BRAGA, J.M.; BRANDI, R.M.; DEFELIPO, B.V. Produção de eucalipto em solo de Cerrados em resposta a aplicação de NPK, B e Zn. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 5, n. 1, p. 90-103, 1981.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 127-181.
- BELLOTE, A.F.J.; FERREIRA, C.A. Nutrientes minerais e crescimento de árvores adubadas de *Eucalyptus grandis*, na região do cerrado, no Estado de São Paulo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 26/27, p. 17-28, 1993.
- CAMPINHOS JR.,E. Sustainable plantations of high-yield *Eucalyptus* trees for production of fiber: the Aracruz case. **New Forests**, Netherlands, v.17, n.1/3, p.129-143, 1999.
- CARVALHO, C.M.; BAENA,E.S.; COUTINHO,C.J.; FREITAS,M.; FERREIRA,C.A. Estudo das relações B/K e B/Ca na cultura de *Eucalyptus saligna* Smith. (Resultados preliminares). **Silvicultura**, São Paulo, n.13, p. 264-266, 1978.
- CASTAÑOS, M.L. **Evaluation de la calidad de estacion de pino Patula em el norte de Oaxaca**. México: INIE, 1962. 32 p. (Boletim Técnico INIE, v. 2).
- CLUTTER, J.L. **Timber management: a quantitative approach**. New York: John Wiley, 1983. 333 p.
- COILE, T. S. Soil and growth of forests. **Advances in Agronomy**, New York, v. 4, p. 330-398, 1952
- DEMATTÊ, J.A.M. **Levantamento semi-detalhado dos solos da Champion Papel e Celulose**. Mogi Guaçu, Champion Papel e Celulose, 2000. 85 p.
- FISHER, R.F.; BINKLEY, D. **Ecology and management of forest soils**. New York: Wiley, 2001. 489 p.
- GONÇALVES, J.L.M. **Interações genótipo-ambiente e relações entre produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com propriedades de alguns solos de textura arenosa e média no Estado de São Paulo**. 1990. 135 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GONÇALVES, J.L.M.; BARROS, N.F.; NAMBIAR, E.K.S.; NOVAIS, R.F. Soil and stand management for short-rotation plantations. In: NAMBIAR, E.K.S.; BROWN, A.G.

Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests. Melbourne: ACIAR, 1997. chap. 11, p. 379-411.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A.G.; GAVA, J.L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M., BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2000. cap. 1, p. 3 – 55

GONÇALVES, J.L.M.; COUTO, H.T.Z.; KAGEYAMA, P.Y.; DEMATTE, J.L.I. Interações genótipo solo em sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* em alguns solos de baixo potencial produtivo do estado de São Paulo. **IPEF**, n.43/44, p.40-9, 1990.

HERBERT, M.A.; SCHÖNAU, A.P.G. Fertilizing eucalypts at plantation establishment. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 29, p. 221-244, 1989.

LANDSBERG, J.J. Physiology in forest models: history and the future. **FBMIS**, v. 1, p. 49-63, 2003

LANDSBERG, J.J.; WARING, R.H. A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 95, p. 209-228, 1997.

MORA, A.L. **Interação com espaçamentos e locais em clones de *Eucalyptus* spp. no norte do Estado da Bahia.** 1986. 101 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

MORAES, M.H.; CARVALHO, A.M. de; ZIMBACK, C.R.L.; LIMA, S.L. de. **Levantamento semidetalhado dos solos de parte do Horto Mogi Guaçu.** Botucatu: FEPAF; FCA, 1993a. 121 p.

MORAES, M.H.; CARVALHO, A.M. de; ZIMBACK, C.R.L.; LIMA, S.L. de. **Levantamento semidetalhado dos solos de parte do Horto Nossa Senhora Aparecida.** Botucatu: FEPAF; FCA, 1993b. 115 p.

MORAES, M.H.; CARVALHO, A.M. de; ZIMBACK, C.R.L.; LIMA, S.L. de. **Levantamento semidetalhado dos solos de parte do Horto Santa Terezinha.** Botucatu: FEPAF; FCA, 1993c. 121 p.

MORAES, M.H.; CARVALHO, A.M. de; ZIMBACK, C.R.L.; LIMA, S.L. de. **Levantamento semidetalhado dos solos do Horto Gigante I.** Botucatu: FEPAF; FCA, 1993d. 183 p.

MORAES, M.H.; CARVALHO, A.M. de; ZIMBACK, C.R.L.; LIMA, S.L. de. **Levantamento semidetalhado dos solos de parte do Horto Santa Fé - B.** Botucatu; FEPAF; FCA, 1993e. 161 p.

- MORAES, M.H.; CARVALHO, A.M. de; ZIMBACK, C.R.L.; LIMA, S.L. de. **Levantamento semidetalhado dos solos do Horto Mogi Guaçu (Parte II)**. Botucatu: FEPAF; FCA, 1994a. 133 p.
- MORAES, M.H.; CARVALHO, A.M. de; ZIMBACK, C.R.L.; LIMA, S.L. de. **Levantamento semidetalhado dos solos do Horto Mogi Guaçu (Parte III)**. Botucatu: FEPAF; FCA, 1994b. 103 p.
- MORAES, M.H.; CARVALHO, A.M. de; ZIMBACK, C.R.L.; LIMA, S.L. de. **Levantamento semidetalhado dos solos do Horto Santa Fé – B (Parte II)**. Botucatu: FEPAF; FCA, 1994c. 85 p.
- MORAES, M.H.; CARVALHO, A.M. de; ZIMBACK, C.R.L.; LIMA, S.L. de. **Levantamento semidetalhado dos solos do Horto Santa Terezinha (Parte II)**. Botucatu: FEPAF; FCA, 1994d. 86 p.
- MORAES, M.H.; CARVALHO, A.M. de; ZIMBACK, C.R.L.; LIMA, S.L. de. **Levantamento semidetalhado dos solos do Horto Santa Terezinha (Parte III)**. Botucatu: FEPAF; FCA, 1994e. 75 p.
- MORAES, M.H.; CARVALHO, A.M. de; ZIMBACK, C.R.L.; LIMA, S.L. de. **Levantamento semidetalhado dos solos do Horto São Benedito**. Botucatu: FEPAF; FCA, 1994f. 110 p.
- MORAES, M.H.; CARVALHO, A.M. de; ZIMBACK, C.R.L.; LIMA, S.L. de. **Levantamento semidetalhado dos solos do Horto São Benedito (Parte II)**. Botucatu: FEPAF; FCA, 1994 g. 123 p.
- MORAES, M.H.; CARVALHO, A.M. de; ZIMBACK, C.R.L.; LIMA, S.L. de. **Levantamento semidetalhado dos solos do Horto Mogi Guaçu**. Botucatu: FEPAF; FCA, 1995. 293 p.
- PHILIP, M.S. **Measuring trees and forests**. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 1994. 310 p.
- REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., 1988, **Anais ...** Rio de Janeiro: EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1988. 425 p
- SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; COMERFORD, N.B. Above-ground biomass, nutrient content, and nutrient use efficiency of eucalypt plantations growing in different sites in Brazil. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 30, p. 225-236, 2000.
- SCHUMACHER, F.X.; HALL, F.S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.7, n., p.19-734, 1933.
- SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; ALFONSI, R.R.; CARAMORI, P.H.; SWART, S. **Balances Hídricos Climatológicos de 500 localidades**

brasileiras. Piracicaba: Núcleo de Monitoramento Agroclimático. Disponível em: <http://ce.esalq.usp.br/dce/nurma.htm>, 2001. Acesso em: 12 set. 2006.

SGARBI, F. **Produtividade de *Eucalyptus* spp. em função do estado nutricional e da fertilidade do solo em diferentes regiões do estado de São Paulo**. 2002. 101 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA, F.C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

SPURR, S.H. **Forest ecology**. New York: Ronald Press, 1964. 354 p.

STAPE, J.L. **Production ecology of clonal *Eucalyptus* plantations in Northeastern Brazil**. 2002. 265 p. Thesis (PhD) - Colorado State University, Fort Collins, 2002.

STAPE, J.L.; ALVEZ, J.M.; TAKAHASHI, E.; FRANCISCATE, W.; JACOB, W. Assessing nutritional and climate limitations to the productivity of *Eucalyptus* plantations at larger spatial and temporal scales using a simple paired-plot design coupled to traditional inventory network. In: BORRALHO, N.M.G.; PEREIRA, J.S.; MARQUES, C.; COUTINHO, J.; MADEIRA, M.; TOMÉ, M. ***Eucalyptus in a changing world***. Aveiro: IUFRO, 2004. p. 68-69.

STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; JACOB, W.S.; TAKAHASHI, E.N. A twin-plot approach to determine nutrient limitation and potential productivity in *Eucalyptus* plantations as landscape scales in Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, New York, v. 223, p. 358-362, 2006.

STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.G. *Eucalyptus* production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p. 17-31, 2004.

STAPE, J.L.; GONÇALVES, J.L.M.; GONÇALVES, A.N. Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brazil: a historical overview and its increasing importance. **New Forests**, Dordrecht, v. 22, p. 19-41, 2001.

STAPE, J.L.; MOREIRA, R.M. Similarity of nutrient limitation ranking effects on forest productivity among distinct *Eucalyptus* genetic materials in a sandy soil in Brazil. In: BORRALHO, N.M.G.; PEREIRA, J.S.; MARQUES, C.; COUTINHO, J.; MADEIRA, M.; TOMÉ, M. ***Eucalyptus in a changing world***. Aveiro: IUFRO, 2004. p.11-15, 2004.

STATSOFT. **STATISTICA (sistema de análise de dados)**: versão 7.1, 2005. Disponível em: <<http://www.statsoft.com>>. Acesso: 12 set. 2005.

USDA - NRCS - NSSC. **Soil Survey Laboratory Methods Manual**. Soil Survey Investigations Report No. 42, Estados Unidos, 3.ed. 1996.

ANEXOS

Anexo A - Área das parcelas dos tratamentos A e B, em cada bloco experimental (1 a 131), Região (Mogi Guaçu, Brotas e São Simão), clone (A a I), idade das parcelas no início do experimento

(continua)

Bloco	Área da Parcela (m ²)		Região	Fazenda	Material Genético	Idade (anos)
	A	B				
1	457,6	499,5	Mogi Guaçu	883	B	5,1
2	420,2	428,5	Mogi Guaçu	883	F	5,5
3	451,6	447,3	Mogi Guaçu	883	F	5,5
4	457,9	455,8	Mogi Guaçu	883	F	5,5
5	355,3	340,4	Mogi Guaçu	883	C	3,7
6	349,7	342,2	Mogi Guaçu	883	A	3,2
7	344,1	329,4	Mogi Guaçu	883	A	3,5
8	418,2	460,1	Mogi Guaçu	883	A	3,3
9	372,4	353,4	Mogi Guaçu	883	A	3,3
10	353,1	345,9	Mogi Guaçu	25	C	2,6
11	418,2	412,1	Mogi Guaçu	25	A	2,5
12	331,2	445,2	São Simão	17	A	3,7
13	342,3	334,9	São Simão	17	A	2,7
14	416,2	359,1	São Simão	17	A	2,6
15	342,2	351,5	São Simão	17	G	2,4
16	412,1	422,0	São Simão	17	A	2,5
17	325,8	357,1	São Simão	17	A	2,5
18	406,0	409,9	São Simão	17	A	3,3
19	347,7	334,9	São Simão	17	A	2,4
20	338,6	344,1	São Simão	17	A	3,5
21	438,7	442,9	São Simão	17	A	3,5
22	438,8	424,3	São Simão	17	A	3,4
23	426,3	436,8	São Simão	17	A	3,5
24	455,7	420,0	São Simão	17	A	3,2
25	447,2	515,2	São Simão	17	A	2,9
26	372,5	351,5	São Simão	17	A	2,3
27	386,1	314,8	São Simão	17	A	2,5
28	349,7	347,8	São Simão	17	A	2,4
29	412,1	403,9	São Simão	17	A	2,4
30	424,4	424,4	São Simão	17	A	2,5
31	428,4	426,4	São Simão	17	A	3,2
32	398,0	384,1	São Simão	17	A	3,4
33	447,1	422,3	São Simão	17	A	3,5
34	434,7	409,9	Mogi Guaçu	17	A	3,5
35	434,7	418,1	Mogi Guaçu	1	C	2,3
36	449,4	434,7	Mogi Guaçu	1	C	2,3
37	431,5	435,8	Mogi Guaçu	1	A	5,1
38	364,8	372,5	Mogi Guaçu	1	C	2,5
39	368,6	336,7	Mogi Guaçu	1	C	2,5
40	345,9	345,9	Mogi Guaçu	1	C	2,5
41	402,0	405,9	Mogi Guaçu	1	C	2,6
42	372,5	403,9	Mogi Guaçu	1	C	2,6
43	393,9	382,2	Mogi Guaçu	1	C	2,6

Anexo A - Área das parcelas dos tratamentos A e B, em cada bloco experimental (1 a 131), Região (Mogi Guaçu, Brotas e São Simão), clone (A a I), idade das parcelas no início do experimento

(continuação)

Bloco	Área da Parcela (m ²)		Região	Fazenda	Material Genético	Idade (anos)
	A	B				
44	404,0	384,2	Mogi Guaçu	1	C	2,6
45	372,5	366,7	Mogi Guaçu	1	C	2,6
46	362,8	357,2	Mogi Guaçu	1	C	2,7
47	376,4	414,1	Mogi Guaçu	1	C	2,7
48	361,0	374,1	Mogi Guaçu	1	C	2,7
49	447,3	473,0	Mogi Guaçu	1	C	2,6
50	351,5	331,2	Mogi Guaçu	1	A	3,5
51	318,6	325,8	Mogi Guaçu	3	E	4,9
52	445,2	457,9	Mogi Guaçu	3	C	5
53	390,1	441,0	Mogi Guaçu	3	A	4,6
54	407,9	407,7	Mogi Guaçu	821	A	3,6
55	355,3	357,2	Mogi Guaçu	821	A	3,7
56	438,9	402,0	Mogi Guaçu	821	A	3,6
57	378,3	366,6	Mogi Guaçu	821	C	3,6
58	396,0	376,3	Mogi Guaçu	821	C	3,5
59	364,8	357,2	Mogi Guaçu	821	A	3,6
60	382,1	392,0	Mogi Guaçu	821	A	3,5
61	420,2	410,1	Mogi Guaçu	821	A	3,5
62	370,6	364,8	Mogi Guaçu	24	A	3,2
63	447,3	436,8	Mogi Guaçu	24	A	3,1
64	490,6	477,4	Mogi Guaçu	24	A	3,3
65	349,7	391,9	Mogi Guaçu	24	C	2,6
66	374,4	464,4	Mogi Guaçu	24	C	2,5
67	364,6	399,4	São Simão	24	C	2,6
68	449,3	428,4	São Simão	16	A	4,9
69	344,3	344,1	São Simão	16	A	4,7
70	313,3	418,2	São Simão	16	H	3,8
71	404,0	424,4	São Simão	16	A	4,8
72	414,1	424,3	São Simão	16	A	4,8
73	424,4	412,1	São Simão	16	A	3,7
74	329,4	336,7	São Simão	16	A	4,9
75	430,5	434,7	São Simão	16	A	5
76	459,2	444,7	Brotas	16	A	3,9
77	416,0	424,4	Brotas	7	C	2,5
78	434,6	460,1	Brotas	7	C	2,5
79	331,2	347,8	Brotas	7	A	2,3
80	351,6	342,3	Brotas	7	A	2,3
81	322,2	436,8	Brotas	7	A	2,3
82	351,4	344,0	Brotas	7	C	2,4
83	344,1	355,3	Brotas	7	C	2,4
84	436,8	434,7	Brotas	7	C	2,4
85	351,6	368,6	Brotas	7	C	2,5
86	366,1	375,2	Brotas	8	E	5,5
87	378,5	363,6	Brotas	8	E	5,5

Anexo A - Área das parcelas dos tratamentos A e B, em cada bloco experimental (1 a 131), Região (Mogi Guaçu, Brotas e São Simão), clone (A a I), idade das parcelas no início do experimento (conclusão)

Bloco	Área da Parcela (m ²)		Região	Fazenda	Material Genético	Idade (anos)
	A	B				
88	385,1	346,9	Brotas	8	E	5,5
89	348,4	338,9	Brotas	8	E	5,1
90	358,9	317,0	Brotas	8	E	5,1
91	360,6	339,5	Brotas	8	E	5,5
92	441,0	451,6	Brotas	8	E	5,5
93	375,0	366,9	Brotas	8	D	4,9
94	350,6	358,3	Brotas	8	D	4,9
95	351,9	354,6	Brotas	8	B	5,6
96	449,0	465,7	Brotas	8	B	5,6
97	462,2	473,1	Brotas	8	C	4
98	461,2	453,1	Brotas	8	A	3,9
99	374,2	353,0	Brotas	8	A	3,9
100	432,4	437,9	Brotas	8	A	3,5
101	340,4	345,0	Brotas	8	A	3,7
102	341,0	340,0	Brotas	8	A	3,6
103	325,4	377,4	Brotas	8	A	3,6
104	450,5	447,5	Brotas	8	A	3,5
105	471,3	445,2	Brotas	8	I	4,8
106	449,9	328,3	Brotas	8	C	4,8
107	358,9	364,0	Brotas	8	C	4,8
108	355,3	325,8	Brotas	9	C	3,8
109	368,6	389,9	Brotas	21	A	2,6
110	374,3	378,2	Brotas	21	C	2,7
111	416,1	424,2	Brotas	21	C	2,7
112	416,2	422,2	Brotas	22	C	3,2
113	384,2	414,1	Brotas	22	A	3,2
114	422,1	443,1	Brotas	22	C	3,4
115	430,6	416,2	Mogi Guaçu	22	A	3,4
116	374,4	416,1	Mogi Guaçu	2	A	3,5
117	353,3	329,3	Mogi Guaçu	2	A	3,5
118	401,3	408,1	Mogi Guaçu	2	A	5,7
119	416,2	416,1	Mogi Guaçu	2	F	5,7
120	447,1	374,4	Mogi Guaçu	2	A	3,8
121	455,8	447,2	Mogi Guaçu	2	F	5,2
122	382,2	372,4	Mogi Guaçu	2	F	5,2
123	381,9	329,4	Mogi Guaçu	2	A	5,2
124	401,9	434,7	Mogi Guaçu	2	A	4,3
125	368,6	353,2	Mogi Guaçu	2	A	3,9
126	424,3	420,2	São Simão	2	A	3,8
127	401,9	414,1	São Simão	18	A	2,3
128	380,2	430,3	São Simão	18	A	2,3
129	403,6	412,1	Mogi Guaçu	18	A	2,3
130	416,0	378,3	Mogi Guaçu	811	A	3,6
131	486,2	342,0	Mogi Guaçu	811	A	3,7

Anexo B - Tipo de solo, espaçamento na entrelinha e linha de plantio e histórico de fertilização (1, 2, 3 e 4) anterior ao início do experimento, em cada bloco experimental (par de parcelas A e B)

(continua)

Bloco	Tipo de Solo ¹	Espaçamento (m)		Histórico de Fertilização ²
		Entrelinha	Linha	
1	LVA2-5	3,6	2,5	1
2	LVA3-5	3	3	1
3	RQo3-5	3	3	1
4	LV2-5	3	3	1
5	LVA2-5	3	3	2
6	LVA2-5	3,75	3	2
7	LV1-5	3	3	2
8	LV1-5	3	2,75	2
9	LVA2-5	3	2,75	2
10	PVA2-2	3	2,75	2
11	PVA2-2	3	2,75	2
12	RQo2-5	3	2,5	4
13	LVA3-5	3	2,5	4
14	RQo2-5	3	2,5	4
15	LV3-5	3	2,5	4
16	RQo1-5	3	2,5	4
17	RQo1-5	3	2,5	4
18	RQo1-5	3	2,5	4
19	RQo2-5	3	2,5	4
20	RQo2-5	3	2,5	4
21	RQo2-5	3	2,5	4
22	RQo2-5	3	2,5	4
23	RQo1-5	3	2,5	4
24	RQo1-5	3	2,5	4
25	LVA3-5	3	2,5	4
26	LVA3-5	3	2	4
27	RQo2-5	3	2,5	4
28	RQo2-5	3	2,5	4
29	RQo2-5	3	2,5	4
30	RQo1-5	3	2,5	4
31	RQo2-5	3	2,5	4
32	RQo1-5	3	2,5	4
33	RQo2-5	3	2,5	4
34	LVA3-5	3	2,5	4
35	LVA1-5	3	2,75	2
36	LVA1-5	3	2,75	2
37	LVA2-5	3	3	1
38	LVA1-5	3	2,75	2
39	LVA1-5	3	2,75	2
40	LVA1-5	3	2,75	2
41	LVA1-5	3	2,75	2
42	LVA1-5	3	2,75	2
43	LVA1-5	3	2,75	2
44	LVA1-5	3	2,75	2

Anexo B - Tipo de solo, espaçamento na entrelinha e linha de plantio e histórico de fertilização (1, 2, 3 e 4) anterior ao início do experimento, em cada bloco experimental (par de parcelas A e B)

(continuação)

Bloco	Tipo de Solo ¹	Espaçamento (m)		Histórico de Fertilização ²
		Entrelinha	Linha	
45	LVA1-5	3	2,75	2
46	LVA2-5	3	2,75	2
47	LVA2-5	3	2,75	2
48	LVA2-5	3	2,75	2
49	GX4-5	3	2,75	2
50	LVA1-5	3	2,75	2
51	LVA2-5	3	3	1
52	LVA2-5	3	3	1
53	LVA3-5	3	3	1
54	LV1-2	3,6	2,5	2
55	LV1-2	3,6	2,5	2
56	LV1-2	3,6	2,5	2
57	LV2-2	3,6	2,5	2
58	LVA1-2	3,6	2,5	2
59	PVA7-2	3,6	2,5	2
60	LVA1-2	3,6	2,5	2
61	LVA1-2	3,6	2,5	2
62	LVA2-5	3	2,75	2
63	PVA3-5	3	2,75	2
64	PVA7-5	3	2,75	2
65	PVA3-3	3	2,75	2
66	PVA3-3	3	2,75	2
67	PVA3-3	3	2,75	2
68	RQo1-5	3	3	3
69	RQo1-5	3	3	3
70	RQo1-5	3	3	4
71	RQo1-5	3	3	3
72	RQo1-5	3	3	3
73	RQo1-5	3	2,5	4
74	RQo2-5	3	3	3
75	RQo1-5	3	3	3
76	RQo1-5	3	3	3
77	RQo2-5	3	2,75	4
78	RQo2-5	3	2,75	4
79	RQo2-5	3	2,75	4
80	RQo2-5	3	2,75	4
81	RQo2-5	3	2,75	4
82	RQo2-5	3	2,75	4
83	RQo2-5	3	2,75	4
84	RQo2-5	3	2,75	4
85	RQo2-5	3	2,75	4
86	RQo2-5	3	3	3
87	RQo2-5	3	3	3
88	RQo2-5	3	3	3
89	RQo2-5	3	3	3

Anexo B - Tipo de solo, espaçamento na entrelinha e linha de plantio e histórico de fertilização (1, 2, 3 e 4) anterior ao início do experimento, em cada bloco experimental (par de parcelas A e B)

(conclusão)

Bloco	Tipo de Solo ¹	Espaçamento (m)		Histórico de Fertilização ²
		Entrelinha	Linha	
90	RQo2-5	3	3	3
91	RQo2-5	3	3	3
92	RQo2-5	3	3	3
93	RQo2-5	3	3	3
94	RQo2-5	3	3	3
95	RQo2-5	3	3	3
96	RQo2-5	3	3	3
97	RQo2-5	3,6	2,5	3
98	RQo2-5	3,6	2,5	3
99	RQo2-5	3,6	2,5	3
100	RQo1-5	3	2,5	4
101	RQo1-5	3	2,5	4
102	RQo1-5	3,6	2,5	4
103	RQo1-5	3,6	2,5	4
104	RQo1-5	3,6	2,5	4
105	RQo2-5	3	3	3
106	RQo2-5	3	3	3
107	RQo2-5	3	3	3
108	RQo2-5	3,6	2,5	4
109	RQo1-5	3,3	2,5	4
110	RQo1-5	3,3	2,5	4
111	RQo1-5	3,3	2,5	4
112	RQo2-5	3	2,75	4
113	RQo2-5	3	2,75	4
114	RQo2-5	3	2,75	4
115	RQo2-5	3	2,75	4
116	LVA2-5	3	3	2
117	LVA2-5	3	3	2
118	LV3-4	3	3	1
119	LV2-4	3	3	1
120	LV2-5	3	2	2
121	LV3-4	3	3	1
122	LV3-4	3	3	1
123	LV3-4	3	3	1
124	LVA2-5	3	2	1
125	LV2-5	3,6	2,5	1
126	LVA2-5	3	2	2
127	LVf1-5	3	2,5	4
128	LVf1-5	3	2,5	4
129	LVf1-5	3	2,5	4
130	LVA2-3	3	2,75	4
131	LVA2-3	3	2,75	4

¹ Baseado no levantamento pedológico fornecido pela empresa, que se encontra no Anexo D

² Regimes de fertilização de plantio e manutenção apresentados no Anexo C

Anexo C - Insumo, dose do insumo, época de aplicação e forma de aplicação de fertilizantes e resíduos industriais em cada regime nutricional

Regime	Insumo	Dose (kg/ha)	Época de aplicação	Forma de aplicação
1	NPK 08:32:16 + 0,6% Zn	200	Plantio	Filete contínuo, no preparo de solo
	Cinza da Caldeira ¹	3.500	3-6 meses	A lanço em área total
	Resíduo ¹	10.000	15-18 meses	A lanço em área total
2	Cinza da Caldeira ¹	6.000	0-5 meses	A lanço em área total
	NPK 10:30:10 + 0,7% Zn + 0,2% Cu	260	Plantio	Filete contínuo, no preparo de solo
	NPK 00:00:54 + 1% B	140	5-9 meses	A lanço em área total
3	Calcário Dolomítico ²	900	0-5 meses	A lanço em área total
	NPK 10:30:10 + 0,7% Zn + 0,2% Cu	110	Plantio	Filete contínuo, no preparo de solo
	NPK 10:30:10 + 0,7% Zn + 0,2% Cu	130	3-6 meses	Filete contínuo, incorporado, em cobertura
	NPK 14:00:28	166	18 meses	A lanço em área total
4	Calcário Dolomítico ²	1.500	0-5 meses	A lanço em área total
	NPK 10:30:10 + 0,7% Zn + 0,2% Cu	200	Plantio	Filete contínuo, no preparo de solo
	NPK 10:30:10 + 0,7% Zn + 0,2% Cu	160	5-9 meses	Filete contínuo, incorporado, em cobertura
	NPK 00:00:54 + 1% B	140	12-16 meses	A lanço em área total
	NPK 00:00:54 + 1% B	140	18-22 meses	A lanço em área total

Composições:

¹ Tabela no Anexo E

² PRNT = 60-70%; 25-35% de CaO e 10-14% de MgO

Anexo D - Classificação pedológica dos tipos de solo encontrados nas áreas estudadas e a quantidade de blocos experimentais presentes em cada tipo de solo. (Levantamentos fornecidos pela empresa: MORAES et al., 1993a., 1993b, 1993c, 1993d, 1993e, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f., 1994g, 1995 e DEMATTÊ, 2000)

(continua)

Código	Níveis Taxonômicos	Blocos Experimentais
RQo1-5	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Ortico típico, textura muito arenosa; A fraco; álico	24
RQo2-5	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, Ortico típico, A fraco; álico	43
RQo3-5	NEOSSOLO QUERTZARÊNICO, Ortico típico, textura médio arenosa, álico	1
GX1-1	GLEISSOLO HÁPLICO, Tb Eutrófico, textura argilosa, A moderado	1
LV1-2	LATOSSOLO VERMELHO, Distrófico típico, textura argilosa, mesoférica, A moderado, epi-eutrófico	4
LV1-5	LATOSSOLO VERMELHO, Distrófico típico, textura argilosa, mesoférica, A moderado, álico	2
LV2-2	LATOSSOLO VERMELHO, Distrófico típico, textura média argilosa, A moderado, epi-eutrófico	1
LV2-4	LATOSSOLO VERMELHO, Distrófico típico, textura média argilosa, A moderado, endo-álico	1
LV2-5	LATOSSOLO VERMELHO, Distrófico típico, textura média-argilosa, A moderado, álico	3
LV3-4	LATOSSOLO VERMELHO, Distrófico típico, textura média arenosa, A fraco, endo-álico	4
LV3-5	LATOSSOLO VERMELHO, Distrófico típico, textura média-arenosa, A fraco, álico	1
LVf1-5	LATOSSOLO VERMELHO, Aluminoférrico típico, textura argilosa, A moderado	3
LVA1-2	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, Distrófico típico, textura argilosa; A moderado, epi-eutrófico	3

Anexo D - Classificação pedológica dos tipos de solo encontrados nas áreas estudadas e a quantidade de pares de parcelas presentes em cada tipo de solo. (Levantamentos fornecidos pela empresa: MORAES et al., 1993a., 1993b, 1993c, 1993d, 1993e, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f., 1994g, 1995 e DEMATTÊ, 2000)

(conclusão)

Código	Níveis Taxonômicos	Pares de Parcelas
LVA1-5	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, Distrófico típico, textura argilosa; A moderado, álico	12
LVA2-3	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, Distrófico típico, textura média-argilosa; A moderado	2
LVA2-5	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, Distrófico típico, textura média-argilosa; A moderado; álico	15
LVA3-5	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, Distrófico típico, textura média-arenosa; A fraco; álico	7
PVA2-2	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, Distrófico, típico, textura areia-média; A fraco; epi-eutrófico	2
PVA3-3	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, Distrófico típico, textura média/argila/argila, A moderado	3
PVA3-5	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, Alumínico típico, textura média/argila/argila, A moderado	1
PVA7-2	ALISSOLO CRÔMICO, Argilúvico Típico, textura argila/argila, A moderado, epi-eutrófico	1
PVA7-5	ALISSOLO CRÔMICO, Argilúvico Típico, textura argila/argila, A moderado, álico	1

Anexo E - Análise química da cinza da caldeira de biomassa e dos resíduos industriais, produzidos pela fábrica da International Paper de Mogi Guaçu e aplicados como fertilizantes nos plantios da empresa.

Parâmetro	Unidade	Cinza da Caldeira			Resíduos			Total Resíduos
			Casca de Eucalipto	Grits	Lodo Primário	Dregs+Lama de Cal		
Umidade a 65°C	g/kg	724,1	696,6	129,6	677,9	444,0	653,9	
pH em água		11,0	5,3	12,5	9,3	12,2	10,0	
Mat. Orgânica Total	g/kg	537,8	911,9	11,9	439,1	78,5	484,2	
Carbono Oxidável	g/kg	421,6	430,0	-	199,3	48,0	301,7	
Nitrogênio kjeldahl	g/kg	1,9	2,9	0,1	0,6	0,1	1,4	
N inorgânico	mg/kg	-	-	-	-	-	-	
Relação C/N		222,0	149,0	-	322,0	369,0	211,0	
P	g/kg	5,5	-	1,1	0,7	2,9	3,1	
K	g/kg	17,1	3,1	1,1	1,0	2,5	8,6	
Ca	g/kg	65,5	5,7	396,6	138,4	182,0	95,8	
Mg	g/kg	7,7	1,3	1,9	0,6	8,4	5,3	
Relação Ca/Mg		9	5	205	216	22	18,1	
S	g/kg	3,6	0,3	8,7	3,5	12,2	4,7	
Na	g/kg	2,8	0,5	21,6	2,6	75,3	16,3	
Al	g/kg	7,8	1,0	0,4	4,9	1,3	4,8	
Fe	g/kg	3,3	0,4	0,2	3,2	1,0	2,4	
B	mg/kg	16,0	-	-	-	-	-	
Zn	mg/kg	54,0	11,2	3,4	33,6	115,0	54,3	
Cu	mg/kg	25,5	6,2	2,3	15,0	61,5	27,0	
Produção média	t/dia	96	34	1	48	42		

Anexo F - Variáveis coletadas e calculadas do balanço hídrico dos blocos experimentais em cada período de estudo

(continua)

Bloco	CAD	Período 1					Período 2				
		T	PPT	ETP	ETR	DEF	T	PPT	ETP	ETR	DEF
1	150	22,2	1.503	1.093	981	112	22,6	1.410	1.233	1.088	145
2	150	22,2	1.503	1.093	976	117	22,6	1.410	1.233	1.083	150
3	100	22,2	1.503	1.093	959	135	22,6	1.410	1.233	1.065	168
4	150	22,2	1.503	1.093	974	119	22,6	1.410	1.233	1.081	152
5	150	22,2	1.503	1.093	989	104	22,6	1.410	1.233	1.097	136
6	150	22,2	1.503	1.093	978	116	22,6	1.410	1.233	1.084	148
7	150	22,2	1.503	1.093	983	110	22,6	1.410	1.233	1.090	143
8	150	22,2	1.503	1.093	987	106	22,6	1.410	1.233	1.094	139
9	150	22,2	1.503	1.093	974	120	22,6	1.410	1.233	1.080	153
10	200	21,1	1.361	1.015	943	72	21,4	1.484	1.135	1.088	47
11	150	21,1	1.361	1.015	920	95	21,4	1.484	1.135	1.074	61
12	100	25,2	1.385	1.282	997	286	26,0	1.480	1.560	1.231	329
13	100	25,2	1.385	1.282	1.017	266	26,0	1.480	1.560	1.244	316
14	100	25,2	1.385	1.282	998	285	26,0	1.480	1.560	1.232	328
15	100	25,2	1.385	1.282	1.002	280	26,0	1.480	1.560	1.235	325
16	100	25,2	1.385	1.282	995	288	26,0	1.480	1.560	1.230	330
17	100	25,2	1.385	1.282	998	284	26,0	1.480	1.560	1.232	328
18	100	25,2	1.385	1.282	996	286	26,0	1.480	1.560	1.231	329
19	100	25,2	1.385	1.282	1.007	275	26,0	1.480	1.560	1.239	321
20	100	25,2	1.385	1.282	1.000	282	26,0	1.480	1.560	1.234	326
21	100	25,2	1.385	1.282	1.001	282	26,0	1.480	1.560	1.234	326
22	100	25,2	1.385	1.282	996	286	26,0	1.480	1.560	1.231	329
23	100	25,2	1.385	1.282	996	287	26,0	1.480	1.560	1.231	329
24	100	25,2	1.385	1.282	998	284	26,0	1.480	1.560	1.232	328
25	100	25,2	1.385	1.282	1.006	276	26,0	1.480	1.560	1.238	322
26	100	25,2	1.385	1.282	1.010	273	26,0	1.480	1.560	1.240	320
27	100	25,2	1.385	1.282	996	286	26,0	1.480	1.560	1.231	329
28	100	25,2	1.385	1.282	1.001	282	26,0	1.480	1.560	1.234	326
29	100	25,2	1.385	1.282	998	284	26,0	1.480	1.560	1.232	328
30	100	25,2	1.385	1.282	1.002	280	26,0	1.480	1.560	1.235	325
31	100	25,2	1.385	1.282	1.014	268	26,0	1.480	1.560	1.243	317
32	100	25,2	1.385	1.282	999	283	26,0	1.480	1.560	1.233	327
33	100	25,2	1.385	1.282	997	286	26,0	1.480	1.560	1.231	329
34	100	25,2	1.385	1.282	1.000	282	26,0	1.480	1.560	1.234	326
35	200	21,1	1.361	1.015	932	82	21,4	1.484	1.135	1.082	54
36	150	21,1	1.361	1.015	919	95	21,4	1.484	1.135	1.074	62
37	150	21,1	1.361	1.015	911	104	21,4	1.484	1.135	1.069	67
38	200	21,1	1.361	1.015	939	75	21,4	1.484	1.135	1.086	49
39	200	21,1	1.361	1.015	931	83	21,4	1.484	1.135	1.081	54
40	200	21,1	1.361	1.015	926	89	21,4	1.484	1.135	1.078	58
41	200	21,1	1.361	1.015	924	90	21,4	1.484	1.135	1.077	59
42	200	21,1	1.361	1.015	927	87	21,4	1.484	1.135	1.079	57
43	200	21,1	1.361	1.015	929	86	21,4	1.484	1.135	1.080	56
44	200	21,1	1.361	1.015	944	71	21,4	1.484	1.135	1.089	46

Anexo F - Variáveis coletadas e calculadas do balanço hídrico dos blocos experimentais em cada período de estudo

(continuação)

Bloco	CAD	Período 1					Período 2				
		T	PPT	ETP	ETR	DEF	T	PPT	ETP	ETR	DEF
45	200	21,1	1.361	1.015	939	76	21,4	1.484	1.135	1.086	50
46	150	21,1	1.361	1.015	904	110	21,4	1.484	1.135	1.064	71
47	150	21,1	1.361	1.015	922	93	21,4	1.484	1.135	1.075	60
48	150	21,1	1.361	1.015	906	109	21,4	1.484	1.135	1.065	70
49	150	21,1	1.361	1.015	925	89	21,4	1.484	1.135	1.077	58
50	200	21,1	1.361	1.015	935	79	21,4	1.484	1.135	1.083	52
51	200	21,1	1.361	1.015	925	90	21,4	1.484	1.135	1.077	58
52	150	21,1	1.361	1.015	903	112	21,4	1.484	1.135	1.063	72
53	150	21,1	1.361	1.015	895	119	21,4	1.484	1.135	1.059	77
54	200	21,1	1.361	1.015	948	67	21,4	1.484	1.135	1.091	44
55	200	21,1	1.361	1.015	944	71	21,4	1.484	1.135	1.089	46
56	150	21,1	1.361	1.015	921	94	21,4	1.484	1.135	1.075	61
57	200	21,1	1.361	1.015	937	78	21,4	1.484	1.135	1.084	51
58	200	21,1	1.361	1.015	936	79	21,4	1.484	1.135	1.084	51
59	200	21,1	1.361	1.015	929	86	21,4	1.484	1.135	1.079	56
60	200	21,1	1.361	1.015	927	88	21,4	1.484	1.135	1.078	57
61	200	21,1	1.361	1.015	936	79	21,4	1.484	1.135	1.084	51
62	100	21,1	1.361	1.015	883	132	21,4	1.484	1.135	1.051	84
63	150	21,1	1.361	1.015	897	118	21,4	1.484	1.135	1.060	76
64	100	21,1	1.361	1.015	886	128	21,4	1.484	1.135	1.053	82
65	150	21,1	1.361	1.015	920	94	21,4	1.484	1.135	1.074	61
66	150	21,1	1.361	1.015	917	98	21,4	1.484	1.135	1.072	63
67	150	21,1	1.361	1.015	898	116	21,4	1.484	1.135	1.061	75
68	100	25,2	1.385	1.282	1.005	278	26,0	1.480	1.560	1.237	323
69	100	25,2	1.385	1.282	999	284	26,0	1.480	1.560	1.233	327
70	100	25,2	1.385	1.282	1.003	280	26,0	1.480	1.560	1.236	324
71	100	25,2	1.385	1.282	1.001	281	26,0	1.480	1.560	1.235	325
72	100	25,2	1.385	1.282	1.003	280	26,0	1.480	1.560	1.236	324
73	100	25,2	1.385	1.282	1.008	274	26,0	1.480	1.560	1.240	321
74	100	25,2	1.385	1.282	1.004	279	26,0	1.480	1.560	1.237	323
75	100	25,2	1.385	1.282	1.018	264	26,0	1.480	1.560	1.245	315
76	100	25,2	1.385	1.282	1.004	279	26,0	1.480	1.560	1.236	324
77	100	21,7	1.588	1.065	894	172	22,7	1.385	1.286	1.043	244
78	100	21,7	1.588	1.065	897	168	22,7	1.385	1.286	1.045	241
79	100	21,7	1.588	1.065	897	168	22,7	1.385	1.286	1.046	241
80	100	21,7	1.588	1.065	900	165	22,7	1.385	1.286	1.047	239
81	100	21,7	1.588	1.065	899	167	22,7	1.385	1.286	1.046	240
82	100	21,7	1.588	1.065	898	167	22,7	1.385	1.286	1.046	241
83	100	21,7	1.588	1.065	898	167	22,7	1.385	1.286	1.046	241
84	100	21,7	1.588	1.065	901	164	22,7	1.385	1.286	1.048	238
85	100	21,7	1.588	1.065	902	163	22,7	1.385	1.286	1.049	237
86	100	21,7	1.588	1.065	898	167	22,7	1.385	1.286	1.046	241
87	100	21,7	1.588	1.065	903	163	22,7	1.385	1.286	1.049	237
88	100	21,7	1.588	1.065	894	171	22,7	1.385	1.286	1.043	243

Anexo F - Variáveis coletadas e calculadas do balanço hídrico dos blocos experimentais em cada período de estudo

(conclusão)

Bloco	CAD	Período 1					Período 2				
		T	PPT	ETP	ETR	DEF	T	PPT	ETP	ETR	DEF
89	100	21,7	1.588	1.065	900	166	22,7	1.385	1.286	1.047	239
90	100	21,7	1.588	1.065	897	168	22,7	1.385	1.286	1.045	241
91	100	21,7	1.588	1.065	898	168	22,7	1.385	1.286	1.046	241
92	100	21,7	1.588	1.065	898	167	22,7	1.385	1.286	1.046	241
93	100	21,7	1.588	1.065	897	168	22,7	1.385	1.286	1.045	241
94	100	21,7	1.588	1.065	903	162	22,7	1.385	1.286	1.049	237
95	100	21,7	1.588	1.065	906	160	22,7	1.385	1.286	1.052	235
96	100	21,7	1.588	1.065	903	162	22,7	1.385	1.286	1.050	237
97	100	21,7	1.588	1.065	898	168	22,7	1.385	1.286	1.046	241
98	100	21,7	1.588	1.065	901	164	22,7	1.385	1.286	1.048	238
99	100	21,7	1.588	1.065	895	170	22,7	1.385	1.286	1.044	243
100	100	21,7	1.588	1.065	904	161	22,7	1.385	1.286	1.051	236
101	100	21,7	1.588	1.065	895	170	22,7	1.385	1.286	1.044	243
102	100	21,7	1.588	1.065	902	164	22,7	1.385	1.286	1.049	238
103	100	21,7	1.588	1.065	894	171	22,7	1.385	1.286	1.043	243
104	100	21,7	1.588	1.065	902	163	22,7	1.385	1.286	1.049	237
105	100	21,7	1.588	1.065	899	166	22,7	1.385	1.286	1.047	240
106	100	21,7	1.588	1.065	902	163	22,7	1.385	1.286	1.049	238
107	100	21,7	1.588	1.065	904	162	22,7	1.385	1.286	1.050	236
108	150	21,7	1.588	1.065	929	136	22,7	1.385	1.286	1.071	216
109	100	21,7	1.588	1.065	903	162	22,7	1.385	1.286	1.050	237
110	100	21,7	1.588	1.065	894	172	22,7	1.385	1.286	1.043	244
111	100	21,7	1.588	1.065	895	170	22,7	1.385	1.286	1.044	243
112	100	21,7	1.588	1.065	900	165	22,7	1.385	1.286	1.047	239
113	100	21,7	1.588	1.065	902	163	22,7	1.385	1.286	1.049	237
114	100	21,7	1.588	1.065	905	161	22,7	1.385	1.286	1.051	236
115	100	21,7	1.588	1.065	904	161	22,7	1.385	1.286	1.050	236
116	150	21,1	1.361	1.015	914	101	21,4	1.484	1.135	1.070	65
117	150	21,1	1.361	1.015	906	109	21,4	1.484	1.135	1.065	70
118	150	21,1	1.361	1.015	907	108	21,4	1.484	1.135	1.066	70
119	150	21,1	1.361	1.015	904	111	21,4	1.484	1.135	1.064	71
120	150	21,1	1.361	1.015	908	107	21,4	1.484	1.135	1.067	69
121	150	21,1	1.361	1.015	914	101	21,4	1.484	1.135	1.070	65
122	100	21,1	1.361	1.015	888	126	21,4	1.484	1.135	1.055	81
123	150	21,1	1.361	1.015	913	101	21,4	1.484	1.135	1.070	65
124	150	21,1	1.361	1.015	902	112	21,4	1.484	1.135	1.063	72
125	200	21,1	1.361	1.015	929	86	21,4	1.484	1.135	1.079	56
126	150	21,1	1.361	1.015	891	123	21,4	1.484	1.135	1.056	79
127	150	25,2	1.385	1.282	1.036	247	26,0	1.480	1.560	1.254	306
128	200	25,2	1.385	1.282	1.086	197	26,0	1.480	1.560	1.290	270
129	150	25,2	1.385	1.282	1.062	221	26,0	1.480	1.560	1.271	289
130	150	21,1	1.361	1.015	919	95	21,4	1.484	1.135	1.074	62
131	200	21,1	1.361	1.015	932	83	21,4	1.484	1.135	1.081	54

Anexo G - Resultados das análises químicas e físicas do solo dos blocos experimentais

(continua)

Bloco	pH CaCl ₂	P resina mg dm ⁻³	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	K mmol _c dm ⁻³	Al	MO	ARE %	ARG %	SIL
1	4,1	7,0	8,0	3,0	0,5	7,5	2,4	68,6	26,5	5,0
2	4,2	7,5	8,0	4,0	0,4	6,5	2,4	72,1	23,9	4,1
3	4,5	5,0	9,5	4,0	0,3	2,0	1,7	82,7	14,8	2,5
4	4,7	6,0	17,0	5,0	0,4	1,0	2,8	73,3	22,7	4,1
5	5,2	9,5	26,5	3,5	0,4	3,5	2,5	62,1	31,9	6,1
6	4,7	7,5	12,5	3,5	0,3	1,5	2,1	70,6	25,6	3,9
7	4,4	8,0	10,0	3,0	0,4	4,0	2,1	66,9	28,1	5,0
8	4,2	10,0	12,0	3,0	0,6	7,0	2,9	63,5	31,6	5,0
9	5,1	15,5	25,0	4,5	0,4	0,0	2,3	73,8	22,2	4,1
10	4,9	14,5	42,0	10,5	4,0	1,5	2,8	42,1	38,6	19,4
11	4,5	12,5	25,0	7,5	2,1	4,0	2,4	64,5	26,5	9,1
12	4,1	22,5	5,5	2,5	0,4	6,5	1,7	94,5	4,2	1,4
13	3,9	14,0	5,0	2,0	0,5	10,5	2,3	88,4	9,6	2,0
14	4,0	19,0	4,0	1,5	0,4	8,0	2,2	94,1	4,8	1,2
15	4,0	14,5	4,0	2,0	0,4	9,5	2,3	93,0	5,6	1,5
16	4,0	16,5	4,0	2,0	0,3	7,0	1,8	94,9	4,0	1,1
17	3,9	30,5	3,5	1,5	0,4	8,5	2,8	94,0	4,8	1,3
18	4,4	8,0	5,0	2,5	0,3	2,0	1,3	94,5	4,4	1,1
19	4,2	35,0	7,0	3,5	0,3	6,0	2,5	91,7	6,6	1,8
20	4,4	15,5	10,0	4,5	0,3	2,5	2,3	93,5	5,1	1,4
21	4,3	23,5	10,0	4,5	0,3	5,5	3,3	93,5	4,9	1,7
22	4,0	19,5	4,5	2,0	0,2	7,0	1,8	94,6	4,4	1,1
23	4,1	20,0	9,5	3,0	0,2	7,0	2,7	94,6	4,4	1,1
24	4,0	18,0	5,5	2,5	0,3	7,0	2,6	94,0	4,8	1,3
25	3,9	11,5	5,5	2,5	0,3	8,0	2,3	91,9	6,5	1,7
26	3,9	12,0	4,5	2,0	0,3	9,5	2,4	90,8	7,5	1,8
27	4,1	33,0	6,0	3,0	0,5	6,0	2,3	94,5	4,3	1,3
28	4,1	36,5	5,0	3,0	0,4	6,0	1,9	93,5	5,1	1,5
29	4,0	25,5	5,0	2,5	0,4	6,5	2,2	94,1	4,6	1,3
30	4,0	15,5	6,0	3,0	0,3	6,5	2,4	92,9	5,7	1,5
31	4,2	15,0	9,0	3,5	0,4	4,0	1,5	89,6	8,0	2,5
32	4,0	20,0	5,0	2,5	0,3	6,0	1,2	93,7	5,2	1,2
33	3,9	12,0	4,0	1,5	0,3	10,0	1,7	94,4	4,6	1,1
34	4,0	14,5	4,0	1,5	0,2	8,5	1,7	93,5	5,2	1,3
35	4,7	13,5	19,0	4,5	0,4	6,0	2,9	50,1	41,3	8,7
36	4,1	25,0	8,0	2,5	0,5	8,0	2,4	62,4	32,0	5,7
37	4,0	6,0	6,5	3,0	0,4	10,0	2,5	69,4	25,8	4,9
38	3,9	5,0	6,5	3,0	0,9	11,0	2,7	41,6	48,5	10,0
39	4,8	7,5	33,0	5,5	0,6	2,5	2,9	50,8	41,9	7,4
40	4,2	26,0	11,5	3,5	0,5	7,5	1,9	56,6	36,5	6,9
41	4,8	31,0	21,5	4,5	0,6	1,5	2,2	57,7	36,5	5,9
42	4,1	46,5	14,0	3,5	0,5	9,0	2,6	54,6	39,3	6,2
43	4,1	9,5	11,0	3,0	0,7	8,5	2,4	53,4	39,5	7,2
44	4,5	15,5	27,0	3,5	0,4	5,0	2,6	34,8	54,1	11,2
45	5,5	12,0	56,0	4,5	0,5	3,0	3,2	41,0	50,9	8,2
46	4,4	7,0	13,5	4,0	0,6	5,0	2,3	74,5	20,8	4,8
47	4,0	10,5	9,5	3,5	1,2	11,0	2,3	61,5	31,0	7,6
48	3,9	16,0	8,0	3,0	0,6	9,5	1,7	73,0	22,6	4,5
49	3,5	13,0	4,5	2,0	0,5	26,5	7,2	58,6	32,8	8,6
50	5,1	11,0	33,5	3,5	0,4	4,0	2,8	47,9	41,5	10,7
51	4,1	9,5	5,5	2,5	0,7	8,0	2,2	57,6	35,8	6,7

Anexo G - Resultados das análises químicas e físicas do solo dos blocos experimentais

(continuação)

Bloco	pH CaCl ₂	P resina mg dm ⁻³	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	K mmol _c dm ⁻³	Al	MO	ARE	ARG %	SIL
52	4,1	8,5	6,5	2,5	0,3	8,0	2,2	74,5	22,5	3,0
53	4,1	7,0	13,0	3,5	0,5	7,5	1,9	79,2	18,3	2,6
54	6,5	16,0	49,5	10,0	3,6	0,0	2,3	29,2	57,6	13,3
55	6,4	27,0	48,0	9,0	1,7	0,0	2,7	36,1	51,0	13,0
56	6,5	18,0	46,0	7,5	1,7	0,0	2,1	60,7	33,9	5,4
57	6,6	30,5	68,0	8,0	2,7	0,0	1,8	45,8	43,9	10,4
58	6,6	44,5	59,0	11,0	3,1	0,0	1,9	46,0	44,6	9,5
59	7,0	22,0	79,5	7,5	2,6	0,0	2,5	54,4	37,4	8,3
60	5,8	24,5	39,0	10,0	2,5	0,0	1,9	56,1	36,3	7,7
61	6,1	11,5	45,5	10,0	1,7	0,0	2,1	46,5	43,3	10,2
62	5,0	43,5	21,0	5,0	0,7	0,0	1,8	86,1	11,9	2,1
63	4,6	21,5	20,0	5,5	1,6	2,0	1,9	79,0	17,6	3,5
64	4,8	11,5	16,5	7,0	1,3	0,0	1,8	84,6	12,5	2,9
65	4,5	21,0	30,0	7,0	2,3	3,5	3,3	62,7	30,0	7,3
66	4,7	21,5	52,5	8,5	2,5	1,0	3,5	65,7	27,7	6,7
67	4,4	11,5	19,0	6,5	1,5	4,0	2,4	78,0	18,5	3,6
68	4,0	14,5	8,0	3,5	0,5	7,5	2,2	91,9	7,0	1,2
69	4,2	11,5	6,5	3,0	0,5	5,5	1,5	93,9	5,0	1,2
70	4,0	10,5	7,0	3,5	0,3	7,5	2,3	92,8	5,8	1,5
71	4,0	10,0	4,5	2,5	0,4	7,0	1,8	93,1	5,6	1,4
72	4,3	10,0	10,0	2,5	0,3	4,0	2,0	92,7	6,1	1,3
73	4,1	14,0	5,5	3,0	0,4	7,5	1,8	91,0	7,6	1,5
74	4,1	11,0	9,5	4,0	0,5	8,0	2,7	92,4	6,2	1,5
75	4,0	10,0	6,5	3,0	0,4	6,5	1,8	88,0	10,0	2,1
76	4,1	16,5	4,5	2,5	0,3	6,5	2,2	92,2	6,7	1,1
77	3,9	14,0	4,0	2,0	0,4	8,0	2,0	93,3	5,5	1,3
78	3,9	11,5	4,0	2,5	0,4	9,5	1,7	91,7	7,1	1,3
79	4,0	9,5	4,5	2,5	0,5	7,5	1,8	91,6	7,2	1,3
80	4,0	15,5	5,5	2,5	0,5	9,5	1,9	90,3	8,5	1,2
81	3,9	10,5	4,0	2,5	0,5	9,5	2,3	91,0	7,8	1,3
82	4,4	12,5	11,0	6,0	0,5	4,5	1,8	91,4	7,5	1,2
83	4,0	10,5	6,0	3,0	0,4	7,0	1,9	91,4	7,3	1,3
84	3,8	8,5	4,5	2,0	0,5	11,5	2,2	90,2	8,3	1,6
85	4,0	12,0	5,0	2,5	0,3	7,0	1,9	89,7	8,6	1,8
86	3,8	12,0	6,5	3,5	0,3	11,0	2,6	91,6	7,0	1,5
87	3,8	7,5	4,5	2,0	0,4	11,0	2,4	89,5	8,7	1,8
88	3,9	8,0	6,5	3,0	0,4	7,5	2,2	93,1	5,8	1,2
89	3,9	12,0	8,0	3,5	0,4	8,5	2,8	90,8	7,8	1,5
90	4,0	9,5	5,5	2,5	0,4	8,0	2,7	91,6	7,2	1,3
91	3,9	6,5	6,5	2,5	0,3	8,0	2,5	91,5	7,2	1,4
92	3,9	12,5	5,5	2,5	0,2	8,5	2,6	91,6	6,9	1,5
93	3,9	7,5	5,5	2,0	0,3	9,0	2,8	92,0	6,5	1,5
94	3,8	8,0	4,5	2,0	0,3	9,5	2,5	89,7	8,3	2,1
95	3,9	5,0	5,0	2,0	0,2	9,0	2,2	88,6	9,0	2,5
96	4,0	4,0	5,5	3,0	0,2	7,0	2,2	89,4	8,8	1,9
97	3,9	6,5	5,0	2,0	0,3	11,0	2,4	91,5	7,3	1,3
98	3,8	7,5	4,5	1,5	0,4	13,0	2,7	90,3	7,9	1,9
99	3,9	8,5	4,5	2,0	0,3	9,0	2,7	92,7	6,1	1,2
100	3,8	12,5	4,5	2,5	0,3	10,5	2,8	88,9	9,0	2,2
101	4,0	7,5	5,5	2,5	0,3	7,5	2,5	92,7	6,2	1,2
102	4,1	9,0	7,0	3,0	0,4	6,5	2,4	90,0	8,2	1,8

Anexo G - Resultados das análises químicas e físicas do solo dos blocos experimentais

(conclusão)

Bloco	pH CaCl ₂	P resina mg dm ⁻³	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	K mmol _c dm ⁻³	Al	MO	ARE	ARG %	SIL
103	4,2	11,0	8,5	3,0	0,2	6,0	2,7	92,8	6,1	1,2
104	3,9	7,5	5,0	2,0	0,3	10,0	2,8	89,8	8,4	1,9
105	4,1	7,0	5,0	2,0	0,3	7,0	2,0	91,0	7,7	1,4
106	3,9	12,0	4,0	2,0	0,2	8,5	1,8	89,9	8,4	1,8
107	3,8	5,0	5,0	2,0	0,3	9,0	2,3	89,2	9,0	1,9
108	4,8	5,5	23,0	6,5	0,8	0,5	2,7	76,3	20,3	3,4
109	4,1	5,5	6,5	3,0	0,4	6,5	1,8	89,4	8,8	1,9
110	4,2	5,5	6,0	2,5	0,4	5,5	1,6	93,2	5,7	1,2
111	4,0	8,0	4,5	2,0	0,3	7,5	1,7	92,8	5,9	1,3
112	5,3	5,5	15,5	7,5	0,2	1,0	1,4	90,7	7,7	1,7
113	4,6	6,5	11,5	5,0	0,3	3,0	2,0	89,7	8,6	1,8
114	4,5	6,5	8,0	4,0	0,3	4,0	2,1	88,7	9,5	1,9
115	4,0	9,5	6,5	3,0	0,4	8,5	2,2	88,8	9,7	1,5
116	4,2	15,0	14,0	3,5	0,5	7,5	2,8	67,6	27,1	5,4
117	4,4	16,5	14,0	3,0	0,4	4,5	2,2	73,1	22,4	4,6
118	3,9	7,0	5,5	2,0	0,4	12,5	2,7	71,8	24,9	3,3
119	4,2	6,0	10,5	3,0	0,3	7,5	2,5	73,8	23,3	3,0
120	4,4	16,0	10,5	3,0	0,4	9,5	2,8	71,0	25,3	3,8
121	4,0	22,5	9,5	2,5	0,4	9,0	2,6	67,1	28,4	4,6
122	4,0	10,5	8,5	2,5	0,4	8,0	2,1	83,2	14,4	2,4
123	4,2	11,0	9,5	2,5	0,4	7,0	2,4	67,8	27,0	5,2
124	4,1	5,5	9,5	3,0	0,4	8,0	3,0	74,8	22,3	3,0
125	4,5	4,5	21,0	5,0	0,5	4,0	3,4	55,0	36,2	8,9
126	4,0	11,5	9,0	3,0	0,3	8,5	2,8	81,6	15,9	2,5
127	4,5	16,0	10,5	5,0	0,6	2,0	2,1	80,9	16,9	2,2
128	4,8	6,0	19,0	9,0	0,5	1,0	3,2	55,5	37,5	7,0
129	4,0	13,0	8,5	3,5	0,5	9,5	3,3	69,4	26,6	4,1
130	5,5	7,5	39,5	5,0	0,5	0,0	2,5	63,1	30,7	6,3
131	5,2	6,5	31,5	5,5	0,6	1,0	2,9	51,2	40,2	8,7

P: fósforo em resina; Ca: cálcio trocável; Mg: magnésio trocável; K: potássio trocável; Al: alumínio trocável; MO: matéria orgânica; ARE: areia; ARG: argila; SIL: silte

Anexo H - Resultados dos cálculos da biomassa (BIOM) e do índice de sítio (IS7) para cada bloco experimental, tratamento (A e B) e medição (1ª, 2ª e 3ª)

(continua)

Bloco	BIOM (Mg ha ⁻¹)						IS7 (m)					
	1ª medição		2ª medição		3ª medição		1ª medição		2ª medição		3ª medição	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	119,9	104,3	151,5	133,3	171,1	163,5	31,2	31,3	34,3	33,4	35,6	35,7
2	93,4	84,0	115,5	107,9	142,6	144,3	29,9	28,7	32,0	30,6	34,1	33,2
3	52,6	60,7	78,2	91,6	104,0	129,3	24,3	25,5	27,7	27,8	29,6	31,8
4	86,4	92,4	122,8	132,5	154,7	167,0	27,4	28,0	30,7	31,0	32,5	33,2
5	77,5	74,1	126,0	125,4	153,3	166,9	29,4	29,1	34,5	34,1	39,4	41,2
6	69,0	76,4	115,0	133,0	150,4	176,1	30,6	31,1	37,4	38,5	42,9	44,0
7	73,8	74,1	122,5	132,5	154,7	171,6	29,8	30,1	35,0	36,3	40,2	42,3
8	55,6	58,8	100,8	108,3	123,0	131,5	27,5	28,2	33,9	35,0	39,2	40,6
9	67,1	69,2	123,8	126,5	152,3	168,3	28,8	29,3	37,5	36,7	41,0	43,5
10	38,1	46,6	81,6	95,3	114,4	125,8	27,3	28,8	38,4	38,2	44,4	42,7
11	35,6	40,2	78,9	90,6	108,2	115,5	28,9	29,6	40,2	42,5	49,1	48,4
12	39,0	31,9	67,6	58,1	94,4	90,7	21,7	22,1	27,4	27,0	33,9	34,0
13	31,3	27,0	82,2	76,4	110,2	103,2	24,4	23,5	33,5	34,9	40,4	40,9
14	13,0	17,2	46,9	67,8	71,3	108,7	17,7	19,2	31,7	33,9	37,9	41,0
15	21,3	20,6	66,4	68,7	99,3	104,5	23,0	23,5	33,5	34,5	38,8	39,6
16	18,0	16,8	50,8	52,8	75,6	82,1	20,8	19,9	32,3	32,2	38,9	39,2
17	13,5	10,4	45,3	43,6	73,3	83,4	18,4	17,0	29,3	29,5	36,1	39,5
18	35,2	37,5	63,8	73,0	81,6	98,9	23,0	24,1	32,0	34,1	34,9	36,9
19	20,9	22,3	62,4	67,0	91,3	100,8	23,2	24,0	36,4	36,2	43,1	43,4
20	42,4	34,7	77,9	71,9	99,2	103,9	25,1	21,7	32,3	31,7	35,0	35,3
21	51,3	53,4	92,1	96,7	109,4	121,6	27,1	28,0	36,0	36,6	37,4	38,9
22	54,9	52,7	92,3	88,0	120,8	120,1	26,6	26,6	33,2	32,8	39,1	38,2
23	50,9	55,8	80,1	88,6	105,2	124,9	26,3	26,5	31,6	32,3	37,0	39,5
24	34,7	41,3	76,9	91,3	96,8	115,0	24,1	25,7	33,1	34,0	37,2	38,3
25	38,2	32,4	75,6	66,4	94,1	89,4	25,9	25,3	35,4	36,5	38,9	41,0
26	28,1	27,9	65,6	73,2	87,0	106,2	27,3	26,1	37,2	37,6	44,3	46,5
27	7,1	9,1	28,2	42,3	49,2	81,6	14,5	15,5	26,3	26,7	34,6	35,9
28	17,2	16,1	65,3	65,8	85,9	93,0	20,5	20,8	36,4	34,6	40,4	39,9
29	7,4	6,5	31,5	33,6	49,1	62,2	16,3	16,0	29,6	29,8	33,3	35,8
30	15,1	13,7	49,3	51,4	76,3	82,8	20,4	19,0	31,4	33,2	39,2	40,0
31	25,6	36,6	42,3	71,6	55,3	98,3	22,0	24,9	27,4	34,2	30,3	37,1
32	49,9	59,3	88,8	106,2	110,3	137,8	26,9	28,2	35,5	37,1	37,9	40,1
33	36,4	41,0	59,6	78,4	78,0	112,8	23,8	23,3	29,0	30,6	33,6	36,4
34	44,9	43,2	82,9	88,5	103,0	115,7	24,6	23,0	31,6	31,6	35,4	35,4
35	25,9	26,6	79,3	82,8	111,2	113,3	26,5	25,6	39,4	41,2	47,2	47,6
36	27,7	27,3	82,2	79,3	110,7	113,3	26,1	26,7	40,2	39,9	46,0	47,4
37	105,3	100,6	133,5	134,7	152,6	161,4	29,3	29,4	31,9	32,9	33,7	35,7
38	42,2	39,3	103,8	93,4	140,2	125,2	28,8	29,3	41,4	41,5	48,6	48,1
39	45,0	46,5	100,8	108,7	125,2	136,0	30,1	29,1	42,3	42,5	47,6	48,1
40	47,9	48,1	103,6	109,5	128,7	135,3	30,3	30,7	41,5	42,3	46,6	46,4
41	35,2	37,0	84,4	83,0	117,3	115,5	25,3	26,0	36,9	37,3	44,6	45,3
42	45,4	43,7	92,8	91,4	130,4	130,0	27,1	28,0	35,3	37,6	44,7	45,6
43	43,2	43,5	85,7	88,8	118,4	124,0	28,2	28,8	36,6	37,4	44,9	46,7

Anexo H - Resultados dos cálculos da biomassa (BIOM) e do índice de sítio (IS7) para cada bloco experimental, tratamento (A e B) e medição

(continuação)

Bloco	BIOM (Mg ha ⁻¹)						IS7 (m)					
	1ª medição		2ª medição		3ª medição		1ª medição		2ª medição		3ª medição	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
44	40,6	42,5	83,5	85,4	114,5	119,3	27,6	27,6	38,4	36,5	46,2	44,8
45	42,8	42,0	87,9	85,3	120,6	114,4	27,3	27,1	36,1	36,8	44,6	44,3
46	51,2	56,2	100,0	109,6	131,1	140,8	29,5	30,1	39,8	40,5	45,3	45,1
47	45,6	43,4	96,0	98,0	122,7	121,2	28,2	28,0	39,4	39,6	42,7	42,9
48	68,1	64,6	117,2	115,1	157,4	152,9	31,6	32,9	40,5	41,8	46,4	46,9
49	36,3	39,1	76,3	81,6	107,7	113,6	28,1	30,9	38,5	40,6	46,4	48,7
50	81,4	85,6	128,2	131,9	159,6	168,4	29,9	30,8	36,3	36,1	40,8	40,6
51	114,2	85,7	137,7	106,4	168,4	134,8	29,7	27,5	34,4	32,0	36,9	34,3
52	64,1	59,6	75,4	77,9	92,1	104,6	24,8	24,7	26,3	27,0	28,1	29,7
53	98,3	94,2	123,5	120,1	159,7	156,2	27,3	27,9	29,7	30,7	33,1	33,3
54	97,6	92,2	147,3	139,9	186,7	182,4	31,4	31,2	40,0	38,6	44,9	44,9
55	84,3	92,1	130,1	132,7	147,9	161,3	30,8	30,9	38,5	37,4	41,7	41,5
56	88,8	92,6	129,4	131,4	167,6	173,2	34,0	33,7	38,9	37,8	48,5	49,2
57	87,3	92,6	130,9	136,6	157,5	174,2	30,7	30,7	36,4	38,4	39,1	40,9
58	81,4	77,5	125,5	119,2	148,9	144,3	31,3	31,0	38,6	36,9	40,9	40,1
59	77,5	79,1	121,2	122,6	154,4	149,3	31,1	31,9	36,5	37,3	40,5	40,9
60	72,7	69,3	123,0	117,9	151,3	147,2	31,4	30,9	37,9	36,8	43,4	43,1
61	77,7	82,3	129,8	134,6	152,5	163,0	32,5	32,5	38,6	38,1	41,5	40,8
62	68,9	63,0	112,7	103,0	147,6	132,9	30,4	30,4	36,3	35,1	42,2	39,7
63	34,0	37,7	90,5	107,9	124,8	145,9	23,9	23,7	33,3	33,8	40,5	39,8
64	43,8	43,2	77,9	68,3	96,8	106,2	27,0	27,6	32,5	32,8	37,5	37,5
65	48,9	41,4	117,4	98,2	135,0	110,3	26,5	26,8	40,1	39,0	40,1	39,0
66	28,6	29,1	70,6	64,8	88,5	84,2	25,6	25,8	33,2	33,3	37,7	38,7
67	28,0	23,0	79,3	64,3	100,7	87,1	23,9	23,3	33,2	32,9	37,5	37,5
68	59,6	73,0	86,2	108,3	105,7	138,7	23,3	24,3	27,7	28,4	30,0	31,6
69	104,7	121,4	144,4	165,8	181,4	205,0	28,9	29,6	31,9	32,2	37,8	36,0
70	35,1	36,8	68,1	73,9	88,0	108,7	21,1	21,3	26,5	27,4	30,2	32,2
71	61,4	46,8	84,6	74,4	107,0	112,3	23,5	21,0	25,7	24,8	28,8	30,0
72	65,2	87,6	94,4	123,1	116,2	156,4	23,8	25,5	28,7	30,5	31,4	33,7
73	54,3	59,2	80,6	92,6	110,3	129,8	25,2	25,6	31,0	31,3	35,0	36,4
74	90,8	79,1	126,1	116,7	160,5	159,4	25,4	25,1	28,4	27,9	31,2	31,3
75	90,8	88,2	130,1	125,3	153,1	154,9	26,8	26,6	32,3	31,1	34,2	34,3
76	50,3	58,6	78,8	95,6	96,5	125,7	25,3	26,2	32,2	33,2	35,3	37,8
77	23,0	24,5	49,7	55,2	93,9	104,3	24,1	25,0	32,1	32,1	40,3	41,7
78	23,5	21,3	49,9	48,1	96,9	92,8	25,0	24,7	31,7	32,0	40,1	40,6
79	24,8	23,3	54,6	55,1	105,6	116,7	26,0	25,8	34,0	35,1	45,2	46,1
80	23,0	21,0	69,5	72,2	96,5	105,9	25,2	24,3	36,5	36,9	45,9	46,6
81	21,3	14,7	55,6	42,6	115,2	89,9	23,3	23,1	35,2	35,5	46,6	48,2
82	18,4	22,3	56,6	70,2	82,8	110,6	22,5	23,0	31,9	32,9	39,2	44,1
83	26,7	22,2	74,4	72,4	110,7	113,0	27,0	24,6	34,8	36,6	42,2	45,9
84	21,5	21,4	61,8	66,5	83,5	94,3	24,1	24,4	33,9	34,4	39,2	40,2
85	31,0	29,5	76,5	74,5	111,2	110,9	25,7	26,0	33,1	33,9	39,9	41,2
86	71,8	73,4	93,9	101,2	105,5	125,7	22,1	21,6	25,4	25,6	25,8	26,4

Anexo H - Resultados dos cálculos da biomassa (BIOM) e do índice de sítio (IS7) para cada bloco experimental, tratamento (A e B) e medição

(conclusão)

Bloco	BIOM (Mg há ⁻¹)						IS7 (m)					
	1ª medição		2ª medição		3ª medição		1ª medição		2ª medição		3ª medição	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
87	112,8	115,0	146,7	143,2	169,1	167,2	26,0	26,4	30,6	30,5	31,8	31,7
88	83,3	99,8	105,4	132,2	119,7	164,7	26,3	26,2	29,0	30,0	31,6	32,9
89	94,3	89,5	118,3	117,8	145,2	152,8	26,2	26,0	27,5	28,3	32,8	33,3
90	80,6	86,0	99,3	115,6	118,8	156,2	24,8	24,6	27,4	27,3	28,9	34,1
91	80,0	86,0	111,7	119,5	132,2	152,4	23,2	23,6	26,2	25,9	29,5	28,4
92	76,1	78,5	103,1	103,9	116,8	137,7	26,2	26,7	28,8	27,4	29,8	31,6
93	76,5	74,0	104,6	103,7	128,6	135,9	25,1	25,0	27,5	27,6	30,5	30,8
94	109,7	105,8	149,1	134,1	178,8	176,5	26,3	27,3	29,4	29,7	31,6	32,6
95	63,4	64,9	82,2	88,5	92,0	108,0	23,6	23,7	25,2	24,6	25,4	25,9
96	56,7	56,2	72,9	76,9	83,7	94,5	22,9	23,9	23,8	24,5	24,6	25,6
97	52,7	52,4	78,1	81,7	103,6	115,1	25,7	25,4	28,9	30,1	34,3	35,8
98	57,1	70,9	84,3	107,2	112,5	146,1	30,6	30,9	31,5	32,5	37,5	39,1
99	49,2	52,2	92,3	100,0	117,9	129,2	25,5	26,3	30,9	31,5	36,0	36,9
100	61,7	57,2	88,5	88,6	120,0	128,9	27,1	26,9	32,0	33,1	37,9	38,0
101	58,4	58,4	87,9	87,5	118,8	130,0	27,0	27,9	31,6	31,5	35,6	35,7
102	70,6	67,8	100,0	99,2	137,9	141,2	29,8	30,0	33,0	34,4	37,7	38,3
103	52,4	47,9	80,7	73,7	114,8	105,5	26,2	28,3	30,4	31,9	35,2	36,9
104	59,9	51,5	89,0	87,7	111,0	112,8	27,3	27,0	33,2	33,8	37,0	37,9
105	70,2	71,9	90,1	100,2	109,7	129,6	28,9	28,3	29,6	29,6	31,2	32,7
106	56,5	83,8	70,6	122,2	83,5	155,1	26,4	26,0	28,5	29,3	29,3	31,1
107	93,7	91,1	121,1	118,4	143,4	163,5	29,2	29,6	30,2	29,7	33,0	33,4
108	97,8	105,4	128,2	136,8	161,6	181,7	29,2	30,4	33,0	32,3	37,5	39,8
109	36,1	31,6	69,4	60,2	118,2	109,4	25,4	25,1	35,5	32,7	43,9	44,1
110	38,7	37,3	67,2	69,8	103,9	112,2	26,2	25,2	32,8	32,6	39,8	39,5
111	37,8	34,9	68,5	67,9	107,4	111,6	26,0	25,4	35,7	35,8	43,8	44,7
112	61,8	59,7	109,0	111,5	139,2	140,1	28,7	28,4	32,8	34,0	39,3	39,6
113	58,5	55,6	104,6	101,5	126,0	127,8	29,4	30,1	37,0	37,5	40,2	41,7
114	54,4	55,3	95,9	102,4	123,2	140,8	26,5	27,8	32,9	32,1	37,6	38,1
115	60,4	61,1	102,5	108,7	129,2	145,3	28,3	28,3	33,2	34,4	39,5	41,8
116	75,9	75,6	112,5	114,3	135,6	141,3	31,5	31,8	38,5	39,1	41,5	42,5
117	66,4	72,1	103,8	116,3	127,2	142,2	31,0	31,4	38,0	38,4	40,9	42,3
118	98,0	101,9	110,6	117,6	126,1	139,6	28,1	28,9	28,2	29,2	29,5	30,2
119	69,4	78,2	84,2	100,5	102,3	125,3	24,1	24,9	24,8	25,3	27,3	27,5
120	55,1	75,1	85,5	121,3	108,2	151,8	28,4	29,9	34,7	37,0	38,8	40,5
121	86,8	79,9	100,1	99,7	117,7	119,5	28,2	28,6	29,3	30,6	31,2	32,2
122	101,7	90,3	119,6	112,6	133,1	141,5	28,8	27,8	30,2	29,4	33,2	32,8
123	95,9	126,6	114,7	153,6	132,9	184,7	30,5	31,5	30,9	31,6	31,6	32,4
124	85,8	75,0	115,2	97,9	147,7	137,6	30,1	31,3	32,3	33,3	38,7	38,0
125	102,1	94,1	141,9	129,3	170,3	155,7	33,0	32,2	37,2	37,4	42,0	41,0
126	74,2	77,6	106,3	114,9	139,5	150,3	29,3	28,7	36,7	37,5	43,2	42,7
127	27,8	27,5	80,9	89,1	99,4	108,0	28,9	28,3	43,5	44,0	47,4	46,8
128	22,8	21,1	71,3	70,3	94,8	87,8	25,6	25,4	38,9	39,4	45,8	44,1
129	30,9	31,0	83,1	87,8	97,6	105,0	29,2	29,2	42,3	43,5	45,8	45,9
130	74,3	83,7	115,8	125,0	143,1	153,1	29,5	29,7	34,7	34,3	38,6	38,9
131	78,0	111,1	111,5	157,9	143,2	206,4	30,3	30,4	35,1	34,8	40,1	40,3

Anexo I - Incrementos correntes anuais de madeira de ambos os tratamentos (ICAM_A e ICAM_B) e a resposta à fertilização (RF) para cada bloco experimental, em cada período do estudo

(continua)

BLOCO	Período 1			Período 2		
	ICAM _A	ICAM _B	RF Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹	ICAM _A	ICAM _B	RF
1	22,0	22,8	0,8	18,7	31,8	13,2
2	17,4	17,6	0,2	42,1	53,9	11,8
3	19,3	20,1	0,7	29,8	36,1	6,3
4	27,1	28,3	1,2	33,6	34,6	0,9
5	35,7	37,9	2,2	28,0	41,9	13,8
6	35,1	40,5	5,4	36,7	41,3	4,5
7	35,5	44,4	8,9	32,6	41,1	8,4
8	34,6	36,0	1,4	24,1	23,1	-1,0
9	42,5	41,5	-1,0	29,3	41,1	11,8
10	42,7	37,6	-5,1	35,9	26,7	-9,2
11	42,1	41,9	-0,1	32,1	23,6	-8,5
12	18,2	24,4	6,2	21,0	37,2	16,2
13	37,7	37,8	0,1	25,4	24,7	-0,6
14	31,8	33,2	1,3	27,9	32,6	4,7
15	34,7	37,0	2,3	30,6	33,6	2,9
16	25,1	28,8	3,6	22,9	28,1	5,2
17	23,5	26,6	3,1	26,0	39,2	13,2
18	23,6	25,5	1,9	18,8	22,7	3,9
19	34,1	33,3	-0,7	29,3	30,6	1,4
20	25,1	30,8	5,7	18,7	31,9	13,2
21	32,2	30,6	-1,6	16,7	21,1	4,4
22	26,4	27,0	0,6	25,2	29,9	4,7
23	28,9	28,6	-0,3	24,0	30,8	6,8
24	34,4	35,1	0,7	22,7	23,4	0,6
25	37,5	32,7	-4,9	17,7	21,4	3,6
26	27,5	35,9	8,4	19,3	31,4	12,1
27	18,2	24,6	6,4	22,8	35,3	12,5
28	34,5	40,6	6,1	17,9	26,5	8,5
29	20,1	24,4	4,3	18,1	32,6	14,5
30	26,9	30,3	3,5	25,6	30,4	4,8
31	15,8	22,1	6,3	15,2	20,4	5,2
32	29,8	31,9	2,1	19,8	26,2	6,4
33	18,4	27,8	9,4	18,5	30,4	11,9
34	27,3	35,2	7,9	17,5	25,4	7,9
35	38,4	41,0	2,6	33,1	31,4	-1,7
36	40,3	37,6	-2,7	30,6	35,4	4,8
37	20,2	26,1	5,8	19,5	30,5	11,0
38	44,2	41,4	-2,9	37,3	34,3	-3,0
39	42,8	44,1	1,2	26,1	28,1	2,0
40	41,9	45,6	3,6	27,8	27,6	-0,2
41	39,3	32,7	-6,7	37,6	33,0	-4,6
42	34,9	36,6	1,8	39,5	42,3	2,8
43	32,8	33,4	0,6	36,2	37,0	0,7

Anexo I - Incrementos correntes anuais de madeira de ambos os tratamentos (ICAM_A e ICAM_B) e a resposta à fertilização (RF) para cada bloco experimental, em cada período do estudo

(continuação)

BLOCO	Período 1			Período 2		
	ICAM _A	ICAM _B	RF Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹	ICAM _A	ICAM _B	RF
44	32,5	30,3	-2,2	33,8	34,3	0,5
45	34,4	32,5	-1,9	35,9	31,4	-4,5
46	36,6	38,6	2,0	33,8	32,3	-1,5
47	37,2	43,0	5,8	27,8	25,8	-2,0
48	35,9	38,0	2,1	42,2	40,6	-1,6
49	42,4	39,1	-3,3	35,7	33,0	-2,7
50	45,8	40,9	-4,9	35,6	37,2	1,6
51	23,2	28,0	4,8	28,6	42,9	14,2
52	8,3	14,1	5,8	16,4	27,1	10,7
53	19,9	18,7	-1,2	35,3	39,9	4,6
54	35,4	35,2	-0,1	38,9	44,1	5,2
55	34,2	28,5	-5,7	20,3	25,2	4,9
56	29,8	27,0	-2,9	32,4	35,4	3,0
57	33,0	30,2	-2,7	28,7	29,2	0,5
58	31,6	30,3	-1,3	19,7	21,1	1,4
59	32,4	30,9	-1,5	28,4	22,4	-6,0
60	35,2	35,6	0,5	27,4	26,5	-0,9
61	39,2	37,9	-1,2	25,3	28,6	3,3
62	36,4	35,4	-1,0	35,1	33,4	-1,8
63	41,9	50,1	8,2	36,6	41,3	4,7
64	30,3	26,1	-4,2	20,8	45,8	25,0
65	47,4	46,1	-1,4	18,7	14,9	-3,8
66	31,0	26,1	-4,9	20,2	22,0	1,7
67	34,5	36,8	2,3	19,7	27,2	7,5
68	21,0	24,5	3,5	19,3	26,6	7,4
69	28,6	30,6	2,0	33,9	33,7	-0,1
70	23,4	30,4	7,0	17,8	34,3	16,5
71	19,3	30,1	10,7	18,6	40,7	22,1
72	24,3	24,1	-0,2	24,1	27,8	3,8
73	27,1	23,3	-3,7	30,0	34,2	4,2
74	30,7	37,8	7,1	29,6	42,8	13,1
75	27,9	28,4	0,5	20,0	27,9	7,9
76	20,8	28,4	7,6	16,0	28,0	12,0
77	21,1	22,9	1,8	45,6	48,7	3,0
78	22,4	20,8	-1,6	54,6	45,6	-8,9
79	21,1	25,3	4,2	47,5	62,8	15,2
80	34,2	41,6	7,4	25,8	35,0	9,2
81	23,0	25,8	2,8	51,8	55,9	4,1
82	31,2	34,9	3,8	28,4	39,1	10,7
83	35,6	38,9	3,3	36,2	42,0	5,8
84	31,5	34,3	2,8	22,2	27,3	5,1
85	34,5	35,8	1,3	35,1	37,9	2,8
86	16,7	21,4	4,7	11,7	24,8	13,2

Anexo I - Incrementos correntes anuais de madeira de ambos os tratamentos (ICAM_A e ICAM_B) e a resposta à fertilização (RF) para cada bloco experimental, em cada período do estudo

(conclusão)

BLOCO	Período 1			Período 2		
	ICAM _A	ICAM _B	RF Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹	ICAM _A	ICAM _B	RF
87	26,2	21,4	-4,8	21,8	25,4	3,6
88	16,9	21,6	4,7	14,9	29,1	14,2
89	18,3	22,0	3,7	25,9	35,3	9,4
90	14,1	20,9	6,8	18,4	39,0	20,7
91	23,8	24,9	1,1	20,1	32,6	12,4
92	20,0	18,8	-1,2	13,8	34,3	20,5
93	19,6	23,0	3,4	23,0	35,1	12,1
94	29,0	21,2	-7,9	28,9	42,2	13,3
95	14,6	16,8	2,2	10,3	18,7	8,4
96	12,2	15,6	3,3	11,0	18,1	7,1
97	18,5	22,8	4,3	25,3	34,8	9,5
98	22,4	23,9	1,5	31,3	34,2	2,9
99	33,2	34,6	1,4	25,8	28,2	2,4
100	19,6	25,4	5,7	31,1	43,2	12,1
101	27,7	29,9	2,2	33,1	49,4	16,3
102	21,8	24,0	2,2	38,0	42,7	4,7
103	19,7	20,1	0,4	32,1	32,6	0,5
104	22,0	29,3	7,2	22,2	27,2	5,0
105	14,8	20,3	5,5	19,6	30,5	10,9
106	11,6	26,6	15,0	14,8	34,0	19,2
107	19,6	21,4	1,8	21,8	47,2	25,4
108	26,0	20,9	-5,1	38,2	40,2	2,0
109	24,7	23,3	-1,5	47,3	52,0	4,7
110	21,5	25,1	3,6	36,1	43,2	7,1
111	22,0	26,4	4,3	36,3	46,5	10,2
112	34,3	39,2	4,9	29,7	29,2	-0,5
113	33,9	34,8	0,9	21,2	26,7	5,5
114	30,3	36,7	6,4	26,8	40,4	13,6
115	31,9	36,2	4,3	27,3	37,4	10,1
116	27,4	28,8	1,5	23,5	27,2	3,6
117	28,6	30,6	2,0	24,3	24,9	0,6
118	13,0	15,7	2,7	16,9	23,6	6,7
119	15,5	21,0	5,5	20,7	25,3	4,7
120	26,7	29,8	3,1	26,2	26,2	0,0
121	9,3	15,9	6,6	17,5	24,9	7,4
122	12,2	17,3	5,1	19,9	33,2	13,2
123	15,7	17,4	1,7	21,3	28,3	7,0
124	26,9	22,1	-4,8	32,9	44,9	12,0
125	28,8	27,7	-1,2	28,3	28,2	-0,1
126	24,6	27,5	2,9	33,1	35,6	2,5
127	37,7	49,5	11,8	18,1	21,4	3,2
128	33,3	41,6	8,3	23,6	21,1	-2,5
129	40,3	43,5	3,3	15,7	18,6	3,0
130	40,8	35,7	-5,1	24,4	21,4	-3,0
131	39,2	38,3	-0,9	34,7	37,1	2,3