

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**Estado nutricional e produtividade de plantios de clones híbridos  
de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* submetidos a diferentes  
níveis de adubação no vale do Rio Jari, Pará e Amapá**

CARLOS ALBERTO DE SOUSA NOGUEIRA

BELÉM  
MARÇO DE 2005

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**Estado nutricional e produtividade de plantios de clones híbridos  
de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* submetidos a diferentes  
níveis de adubação no vale do Rio Jari, Pará e Amapá**

CARLOS ALBERTO DE SOUSA NOGUEIRA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, área de concentração Silvicultura, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Izildinha Souza Miranda

BELÉM  
MARÇO DE 2005

Nogueira, Carlos Alberto de Sousa

Estado Nutricional e produtividade de plantios de clones híbridos de eucalyptus grandis e E. urophylla submetidos a diferentes níveis de adubação no vale do Rio Jarí, Pará e Amapá / Carlos Alberto de Sousa Nogueira. – Belém, 2007.

60f.:il

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2005.

1. Eucalipto 2. Solo 3. Adubação 4. Produtividade 5. Monitoramento nutricional 6. Nutrientes I. Título

CDD – 634.97342

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

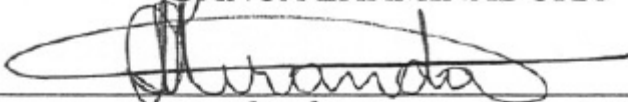
**Estado nutricional e produtividade de plantios de clones híbridos  
de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* submetidos a diferentes  
níveis de adubação no vale do Rio Jari, Pará e Amapá**

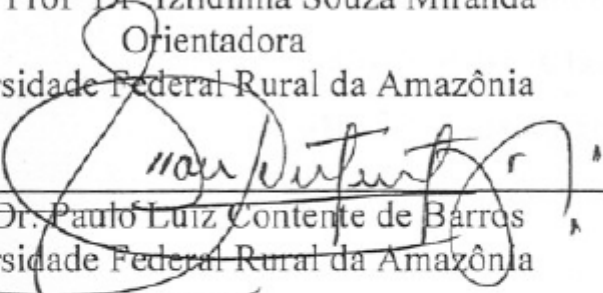
CARLOS ALBERTO DE SOUSA NOGUEIRA

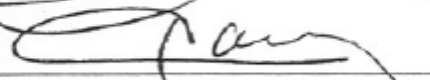
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, área de concentração Silvicultura, para obtenção do título de Mestre.

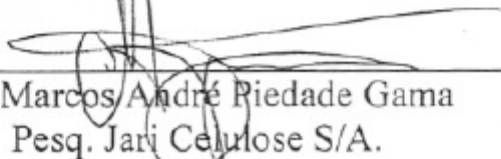
Aprovada em março de 2005

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Izildinha Souza Miranda  
Orientadora  
Universidade Federal Rural da Amazônia

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Paulo Luiz Contente de Barros  
Universidade Federal Rural da Amazônia

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jorge Alberto Gazel Yared  
Pesq. Embrapa Amazônia Oriental

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Marcos André Riedade Gama  
Pesq. Jari Celulose S/A.

À **DEUS**, que sempre me deu forças para seguir adiante. Aos meus pais, **Clodomir** (*in memorian*) e **Graça**, pelo esforço em possibilitar aos filhos o acesso à educação. À minha irmã **Ruth** e aos meus irmãos **Claudemir, Nogueira e Márcio**. Que apesar da distância estão sempre perto de mim.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À DEUS, pois sem Ele nada disso teria sido possível.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia, pela oportunidade de realizar este curso e adquirir novos conhecimentos.

À Jari Celulose S/A, por ter permitido a execução deste estudo dentro de suas áreas, bem como por todo o apoio logístico durante a permanência em Monte Dourado e pelo apoio financeiro na execução do experimento.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos durante o período do curso.

À Prof<sup>a</sup> Dra. Izildinha Souza Miranda, pela orientação nessa importante etapa profissional, apoio e por suas exigências sempre buscando produzir um trabalho de qualidade.

Ao Dr. Marcos André Piedade Gama, da Coordenadoria de Pesquisa e Desenvolvimento Florestal da Jari Celulose S/A, pelo inestimável apoio e orientação durante a execução de todo este trabalho.

Aos demais componentes da Coordenadoria de Pesquisa e Desenvolvimento Florestal: Dr. Júpiter Israel Muro Abad, Dra. Dênora Gomes de Araújo, MSc. Mário César Gomes Ladeira e Vânia Maria Rayol, pela agradável companhia, amizade e por toda disponibilidade para viabilizar este trabalho.

Ao Engenheiro Florestal Osvaldo Navegante Cância, coordenador de Pesquisa e Desenvolvimento Florestal na época da implantação do experimento, que muito contribuiu para que o mesmo fosse viabilizado.

Aos técnicos da Coordenadoria de Pesquisa e Desenvolvimento Florestal: Odilávio Gomes, Neildo Ornelas, Valter Saito e Arnaldo, que estiveram presentes durante todo o período de execução deste trabalho; ao José Vicente e “Seu” Gonzaga (*in memoriam*), pessoas de participação decisiva no início deste trabalho; a todos os assistentes de campo que fizeram as coletas de solo e material vegetal e com sua maneira simples, tiveram participação inestimável para a produção deste trabalho.

Ao pessoal do Laboratório Central da Jari Celulose: Cláudio, Robson, Adirson e especialmente ao Sr. João Pantoja, que com toda a sua experiência e paciência foi essencial para a conclusão das análises químicas de solo e material vegetal.

Ao Prof. Luiz Gonzaga da Silva Costa, que me convidou para este trabalho e com quem tenho trabalhado desde o Programa Especial de Treinamento e em inúmeros projetos de pesquisa, pela amizade e por todo o estímulo para que eu continue sempre a avançar no meio científico.

Ao meu grande amigo e contador de histórias, MSc. Marcelo Melo, por toda a ajuda prestada nas análises estatísticas, pela amizade e pelas conversas interessantes sobre as “coisas incríveis” que só acontecem em Altamira, bem como à Lia Oliveira, sua esposa, minha professora no curso de graduação e hoje uma estimada amiga.

Ao Eng<sup>o</sup> Florestal Marcos Holanda, grande amigo desde os tempos de PET durante o curso de graduação em Engenharia Florestal.

Ao Eng<sup>o</sup> Florestal José de Souza Teixeira Júnior, amigo que muito me ajudou durante o curso de graduação em Engenharia Florestal.

À querida amiga Daniella Mônica (mulher-maravilha), que esteve próxima a mim em todas as fases desse curso de pós-graduação, me ajudando a superar os momentos difíceis e suportando, por vezes, meu mau humor e minha impaciência.

À estimada amiga Elaine Cristina (Barbie), pela amizade, a agradável companhia e pelos bons momentos de convívio durante o nosso Curso de pós-graduação.

À Sra. Shirley Costa (secretária da Coordenadoria do Doutorado) e a Renata Barreiros (secretária da Coordenadoria do Mestrado) pela sua amizade e por toda a ajuda prestada à minha pessoa durante o Curso.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho deixo meu “muito obrigado” e lembro que sem elas esse trabalho nunca teria sido possível.

“Deixar de cometer erros está  
fora do alcance do homem.  
Entretanto, de seus erros e  
enganos, o sábio e o homem  
racional adquirem experiência  
para o futuro.”

**(Plutarco)**



## RESUMO

Na Amazônia, os plantios de eucalipto estão sendo implantados em áreas anteriormente ocupadas por florestas, que apresentam solos pobres. Apesar dos ganhos em produtividade obtidos com novas técnicas silviculturais nesta região, é necessário obter produtividades que correspondam ao potencial esperado com a utilização de uma adubação adequada. Por esse motivo, estudos relacionando a adubação com a produtividade são cada vez mais necessários. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência de um programa de monitoramento nutricional na recomendação de aplicação de fertilizantes em plantios de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. A área de estudo pertence à Jari Celulose S/A e localiza-se no distrito industrial de Monte Dourado, município de Almeirim, oeste do Pará. Este trabalho foi desenvolvido em quatro áreas de plantio de eucalipto com diferentes solos, sendo, portanto composto de quatro experimentos distintos. O delineamento para todos os experimentos foi o de blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram os seguintes: T1: testemunha (sem a última adubação de manutenção); T2: a última adubação de manutenção foi feita de acordo com o procedimento operacional utilizado pela empresa; T3: a última adubação de manutenção foi recomendada pelo programa de monitoramento nutricional; T4: a última adubação de manutenção foi o dobro da adubação recomendada pelo programa de monitoramento nutricional; T5: a última adubação de manutenção foi a metade da adubação recomendada pelo programa de monitoramento nutricional. Foram realizadas as análises de solo (pH em CaCl<sub>2</sub>, teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio; soma de bases, acidez potencial, CTC e V), análise química vegetal (fósforo, potássio, cálcio e magnésio) e inventário florestal (volume e incremento médio anual). Os resultados encontrados demonstraram que não houve alterações nas propriedades do solo, nos teores de nutrientes do material vegetal e na produtividade, em função dos tratamentos realizados nas áreas de estudo. O nutriente mais limitante para a produtividade dos plantios foi o potássio, pois seus teores foram considerados deficientes pela análise de solo e foliar em todas as áreas estudadas. O magnésio foi elemento limitante ao desenvolvimento dos plantios nas áreas de solo arenoso, pois tanto os resultados obtidos pela análise de solo quanto os obtidos pela análise foliar apresentaram valores considerados abaixo dos níveis adequados para a manutenção da cultura do eucalipto. A aplicação de fertilizantes aos 24 meses de idade, com base no programa de monitoramento nutricional, não proporcionou resposta positiva em termos de produtividade dos plantios de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. Os resultados desse trabalho sugerem que novos estudos sejam realizados levando-se em consideração as possíveis causas de não ter ocorrido resposta dos plantios às adubações. A falta de resposta pode ter acontecido por: a) idade do plantio na época das aplicações de fertilizantes, b) recomendação subestimada pelo monitoramento nutricional, e c) época de realização do monitoramento que pode estar acontecendo tardiamente.

Palavras-chave: Eucalipto; Solo; Adubação; Produtividade; Monitoramento Nutricional; Nutrientes.

## ABSTRACT

In Amazônia, eucalyptus plantations are implanted in areas that were occupied before by forests, where the soils are poor. Despite the profits in productivity obtained with new techniques of silviculture in this region, it is necessary to get a productivity that corresponds to the expected potential with the use of an adequate fertilization. For this reason, studies relating to the fertilization for the productivity are more and more necessary. The objective of this paper was to evaluate the efficiency of a nutrition monitoring program in the recommendation of fertilizer application in plantations of hybrid clones of *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. The area studied belongs to Jari Celulose S/A, on the industrial district of Monte Dourado, in Almeirim, west of Pará. This paper was developed in four areas of eucalyptus plantation with different soils, therefore, in four different experiments. The statistical delineation was in block design, with five treatments and four repetitions. The treatments were: T1: trial (without the last maintenance fertilization); T2: the last maintenance fertilization was made according to the operational procedure used by the company; T3: the last maintenance fertilization was recommended by the nutritional monitoring program; T4: the last maintenance fertilization was double that recommended by the nutritional monitoring program; T5: the last maintenance fertilization was half that recommended by the nutritional monitoring program. Were made analyses of soil (pH in CaCl<sub>2</sub>, rates of phosphorus, potassium, calcium and magnesium; addition of bases, potential acidity, CTC and V), and vegetal chemical analyses (phosphorus, potassium, calcium and magnesium) and forest inventory (volume and annual average increment). The results showed that there were not changes in the properties of the soil, in the rates of nutrients of the plants and in the productivity, because of the treatments in the areas. Potassium was the most limiting nutrient for the productivity of the plantations because it's rates were considered deficient by the soil and leaf analyses in every area studied. Magnesium was limiting nutrient for the development in plantations in areas with high texts of sand, because all the results in soil and leaf analyses were smaller than the adequate levels for the maintenance of eucalyptus plantation. Fertilization of 24-month plants, using the nutritional monitoring program did not answer positively as for productivity in plantations of hybrid clones of *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. The results of this paper suggests that new studies be made considering the possible causes for the lack of answer of the plantations to the fertilizations. The lack of answer may have happened by: a) the age of the plantation when the fertilization was applied; b) recommendation underestimated by the nutritional monitoring; and c) the monitoring time may be occurring after the adequate time.

Keywords: Eucalyptus; Soil; Fertilization; Productivity; Nutritional Monitoring; Nutrients.

## SUMÁRIO

	<b>p.</b>
1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
2. <b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>15</b>
2.1. Objetivos específicos.....	<b>16</b>
3. <b>HIPÓTESE</b> .....	<b>16</b>
4. <b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
4.1. Informações sobre as principais espécies de eucalipto plantadas no Brasil....	<b>17</b>
4.1.1. <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex maiden.....	<b>17</b>
4.1.2. <i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blake.....	<b>18</b>
4.1.3. O híbrido de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i> .....	<b>18</b>
4.2. Adubação em florestas plantadas.....	<b>19</b>
4.3. Monitoramento nutricional.....	<b>21</b>
4.3.1. Metodologias para o monitoramento nutricional.....	<b>22</b>
4.3.1.1. Diagnose foliar.....	<b>22</b>
4.3.1.2. Comparação da análise foliar com a análise de solo.....	<b>23</b>
4.3.1.3. Sistema integrado de diagnose e recomendação.....	<b>23</b>
4.3.1.4. O Método da Matriz de Avaliação Nutricional.....	<b>24</b>
4.3.1.5. O Nutricalc.....	<b>26</b>
5. <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
5.1. Descrição da área de estudo.....	<b>27</b>
5.2. Caracterização do solo.....	<b>28</b>
5.3. Metodologia.....	<b>29</b>
5.3.1. Fase de monitoramento e recomendação de adubação	<b>29</b>
5.3.2. Monitoramento Nutricional	<b>29</b>
5.3.2.1. Amostragem da biomassa aérea e do solo	<b>29</b>
5.3.2.2. Análises químicas de nutrientes	<b>31</b>
5.3.2.3. Definição dos nutrientes limitantes e recomendação de fertilização	<b>31</b>
5.3.3. Condução de experimentos de fertilização de manutenção dos plantios.....	<b>31</b>
5.3.4. Coleta de amostras de solo.....	<b>33</b>

5.3.4.1.	Análises químicas das amostras de solo.....	34
5.3.5.	Coleta de Material Vegetal.....	34
5.3.5.1.	Análises químicas do material vegetal.....	35
5.3.6.	Inventário florestal.....	35
5.3.7.	Análise estatística de dados.....	35
6.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	35
6.1.	Nutrientes no solo.....	35
6.2.	Estado nutricional.....	43
6.3.	Comparação entre nutrientes no solo e estado nutricional dos plantios.....	49
6.4.	Produtividade.....	50
7.	<b>CONCLUSÕES</b> .....	55
8.	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	57

## LISTA DE TABELAS

	<b>p.</b>
Tabela 1 Resultados da análise de solo antes da instalação do experimento.....	28
Tabela 2 Resultados da análise química de solo da área 07, na profundidade de 0-10 cm, por tratamento.....	39
Tabela 3 Resultados da análise química de solo da área 07, na profundidade de 10-20 cm, por tratamento.....	39
Tabela 4 Resultados da análise química de solo da área 14, na profundidade de 0-10 cm, por tratamento.....	39
Tabela 5 Resultados da análise química de solo da área 14, na profundidade de 10-20 cm, por tratamento.....	40
Tabela 6 Resultados da análise química de solo da área 95, na profundidade de 0-10 cm, por tratamento.....	40
Tabela 7 Resultados da análise química de solo da área 95, na profundidade de 10-20 cm, por tratamento.....	40
Tabela 8 Resultados da análise química de solo da área 121, na profundidade de 0-10 cm, por tratamento.....	41
Tabela 9 Resultados da análise química de solo da área 121, na profundidade de 10-20 cm, por tratamento.....	41
Tabela 10 Resultados da análise química de solo da área 121, na profundidade de 20-40 cm, por tratamento.....	41
Tabela 11 Resultados da análise química de solo da área 07, na profundidade de 20-40 cm, por tratamento.....	42
Tabela 12 Resultados da análise química de solo da área 14, na profundidade de 20-40 cm, por tratamento.....	42
Tabela 13 Resultados da análise química de solo da área 95, na profundidade de 20-40 cm, por tratamento.....	42
Tabela 14 Teores de nutrientes nas amostras de material vegetal da área 07.....	45
Tabela 15 Teores de nutrientes nas amostras de material vegetal da área 14.....	46
Tabela 16 Teores de nutrientes nas amostras de material vegetal da área 95.....	47

Tabela 17	Teores de nutrientes nas amostras de material vegetal da área 121.....	48
Tabela 18	Produtividade em plantios de clones híbridos de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i> nas duas avaliações da área 07, latossolo Amarelo álico.....	52
Tabela 19	Produtividade em plantios de clones híbridos de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i> nas duas avaliações da área 14, Latossolo Amarelo álico.....	52
Tabela 20	Produtividade em plantios de clones híbridos de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i> nas duas avaliações da área 95, Latossolo Una Concrecionário álico.....	52
Tabela 21	Produtividade em plantios de clones híbridos de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i> nas duas avaliações da área 121, Latossolo Amarelo álico.....	53

## LISTA DE FIGURAS

	<b>p.</b>
Figura 1 Método da matriz para avaliação nutricional do <i>Eucalyptus</i> .....	25
Figura 2 Mapa de localização da área da Empresa Jari Celulose S/A.....	27
Figura 3 IMA nos plantios das áreas de estudo, por tratamento, avaliação 1.....	53
Figura 4 IMA nos plantios das áreas de estudo, por tratamento, avaliação 2.....	53

## 1. Introdução

O cultivo do eucalipto representa, nos dias de hoje, uma alternativa viável para produção de madeira para as mais diversas finalidades, possibilitando a diminuição da pressão sobre as florestas nativas. Além disso, pode ser utilizado para o aproveitamento de áreas com solos de baixa fertilidade natural (maioria dos solos da Amazônia), ou como uma forma de utilização de áreas degradadas por atividade agrícola ou pecuária.

Para permitir que o eucalipto continue sendo uma fonte viável de madeira de qualidade, estudos relacionados ao seu manejo tornam-se cada vez mais necessários. Nesse sentido, nos últimos anos, várias melhorias tecnológicas implementadas, como a utilização do melhoramento genético, técnicas de multiplicação clonal, mecanização e controle de qualidade das operações florestais entre outras, proporcionaram ganhos substanciais em termos de produtividade dos plantios.

O Brasil é um dos países com maior potencial para o reflorestamento, sendo a produtividade de seus plantios uma das maiores do planeta. Essa elevada produtividade é muito importante para as empresas do setor de celulose e papel, pois este é extremamente competitivo e está em franca expansão devido ao aumento da demanda por papel a nível nacional e internacional. A elevada produtividade aliada a questões de demanda por madeira e custos de produção tem proporcionado ciclos de cultivo relativamente mais curtos.

Enquanto a maioria dos países que cultivam espécies florestais de rápido crescimento, tais como as espécies do gênero *Eucalyptus*, trabalham com ciclos que variam de 12 a 15 anos, os plantios com essas espécies no Brasil apresentam ciclos de cultivo de 6 a 7 anos, com elevada produtividade por hectare, chegando a apresentar incremento médio anual (IMA) em torno de  $55 \text{ a } 60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em algumas regiões que apresentam condições edafoclimáticas mais favoráveis.

Diante dessa situação, no entanto, surgem alguns problemas, como a maior exportação de nutrientes pela utilização mais intensiva do solo, o que pode ocasionar a exaustão de suas reservas se não for dada a correta atenção em relação à fertilização dos plantios. Esse fato é, portanto, um problema maior quando se leva em consideração que a grande maioria dos plantios de eucalipto no Brasil está implantada em áreas de solos de baixa fertilidade natural.

Na Amazônia, diferente das demais regiões do Brasil, grande parte dos plantios de eucalipto foram inicialmente implantados em áreas anteriormente ocupadas somente por florestas nativas, o que de certa forma minimizou o fato de que os mesmos estão sobre solos altamente intemperizados e com pequena reserva de minerais. Dessa forma, à medida que novos ciclos de cultivo vão sendo realizados, maior é a necessidade de atenção quanto ao



nível de adubação e de conservação do solo, principalmente na condição em que há redução do ciclo.

Esta situação faz com que as empresas do setor tenham um interesse cada vez maior por estudos relacionados à questão nutricional dos plantios florestais. O entendimento dos aspectos nutricionais permite um melhor manejo florestal, isso porque as adubações tornam-se mais eficientes e possibilitam a manutenção ou mesmo o aumento da produtividade dos plantios.

A adubação é realizada para suprir as deficiências minerais e, ou, para repor parte dos nutrientes que foram subtraídos do sistema, por lixiviação, ou carreados juntamente com a biomassa. Para orientar as aplicações de fertilizantes em plantios florestais é necessária uma adequada avaliação do estado nutricional dos mesmos e da fertilidade do solo.

Para a avaliação nutricional de florestas plantadas há a necessidade de se quantificar os vários fluxos de nutrientes nesses ambientes e, para isso, é importante se realizar um balanço nutricional para que se possa conhecer a real necessidade de fertilização. Nesse sentido, a avaliação da quantidade de nutrientes existente no solo, bem como a exportada pela colheita florestal são de grande importância na definição do balanço de nutrientes e na eventual necessidade de aplicação de fertilizantes.

O esquema de fertilização de plantios de eucalipto, de um modo geral, compreende adubações de pré-plantio, plantio e de manutenção. Devido a isso, os programas ou metodologias utilizados para recomendação de adubação visam uma análise do sistema em pelo menos duas fases do ciclo de cultivo: a primeira, no final do ciclo de um plantio, para orientar as aplicações na implantação do plantio seguinte e a segunda, por volta de 15 a 18 meses de idade, visando corrigir possíveis deficiências nutricionais na floresta implantada.

O ciclo de cultivo de espécies florestais é bem mais longo que nas culturas agrícolas, o que proporciona maior demora na obtenção de resultados de pesquisas nutricionais. Por esses motivos, estudos relacionados com o manejo da fertilidade do solo, adubação e monitoramento nutricional mostram-se cada vez mais importantes para a manutenção das elevadas produtividades dos plantios de eucalipto.

## **2. Objetivo geral**

Avaliar a eficiência de um programa de monitoramento nutricional na recomendação de fertilizantes em plantios comerciais de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* nas áreas da Jari Celulose S/A.

## **2.1. Objetivos específicos**

A pesquisa, considerando quatro tipos de solos, localizados em quatro áreas de plantio da Jari Celulose S/A, teve os seguintes objetivos específicos:

1. Avaliar o estado nutricional dos plantios de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* com idades de 24 meses;
2. Avaliar a efetividade da recomendação de fertilizantes, em termos de produtividade, com base na avaliação do estado nutricional;
3. Avaliar a fertilidade do solo sob plantios de eucalipto após as aplicações de fertilizantes aos 18 meses de idade para cada tipo de solo, segundo recomendação do monitoramento nutricional;
4. Determinar se existem nutrientes limitantes ao desenvolvimento do eucalipto nos quatro diferentes tipos de solo estudados.

## **3. Hipótese**

O programa de monitoramento nutricional permite a recomendação de adubações adequadas, independente do tipo de solo utilizado, aumentando a produtividade dos povoamentos durante a fase de manutenção.

## **4. Revisão de literatura**

O eucalipto (*Eucalyptus* sp.) ocorre naturalmente na Austrália, Indonésia e ilhas próximas, tais como Flores, Alor e Wetar. O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, com cerca de 600 espécies e sub-espécies, e apresenta uma ampla plasticidade e dispersão mundial, crescendo satisfatoriamente em diferentes situações edafoclimáticas, extrapolando aquelas das regiões de origem (SILVA, 2000; SANTOS et al., 2001). Esse gênero é conhecido por sua grande variabilidade genética. São centenas de espécies com propriedades físicas e químicas tão diversas que fazem com que os eucaliptos sejam usados para as mais diversas finalidades (PEREIRA et al., 2000).

O eucalipto geralmente apresenta rápido crescimento e madeira de média a alta densidade básica (RODIGHERI et al., 2001), além disso, apresenta vigor reconhecido, boa precocidade e adaptação a vários habitats, que o caracterizam como uma excelente opção para o reflorestamento (ALVES et al., 1994).

O eucalipto foi introduzido no Brasil há mais de um século, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro; os primeiros plantios sistemáticos foram feitos pelo Engenheiro-Silvicultor

Dr. Edmundo Navarro de Andrade para atender à necessidade de madeira como fonte de energia para as locomotivas a vapor da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (SOUZA, 1992). O auge de expansão do plantio de eucalipto ocorreu na década de 1960, quando houve a criação do Código Florestal e com a promulgação da lei de incentivo fiscal (SOUZA, 2002).

No Brasil, o eucalipto tem sido extensivamente utilizado em plantios florestais, graças às características de adaptação, rápido crescimento, produtividade, diversidade de espécies e por ter aplicação para diferentes finalidades (SILVEIRA, et al., 2001; XAVIER, 2001). Com espécies desse gênero o Brasil vem desenvolvendo de modo eficiente as técnicas de viveiro, plantio e condução de florestas plantadas (CAIXETA, 2000).

Extensos plantios de eucalipto têm garantido o abastecimento de inúmeras indústrias consumidoras de matéria-prima florestal. O baixo custo e curto prazo de produção em relação aos países de clima temperado e subtropical ajudaram a colocar a indústria florestal brasileira no grupo das oportunidades de investimento de maior competitividade (RODRIGUEZ et al., 1997). As indústrias de papel e siderúrgicas formaram o alicerce de sua produção nos reflorestamentos de *Eucalyptus* spp. iniciados na década de 60 (SILVA, 2000). Com o passar do tempo, a madeira de eucalipto foi sendo destinada para outras finalidades, mas principalmente para produção de pasta celulósica (FERREIRA, 1992).

#### **4.1. Informações sobre as principais espécies de eucalipto plantadas no Brasil**

##### **4.1.1. *Eucalyptus grandis* W. Hill ex maiden**

O *Eucalyptus grandis* W. Hill ex maiden é uma espécie arbórea de rápido crescimento, bastante cultivada em reflorestamento, principalmente em função de suas características favoráveis para a produção de papel e celulose, entre outros usos (NAKAGAWA et al., 2001). A madeira do *E. grandis* ou de híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* é atualmente a principal fonte de matéria-prima utilizada para produção de pasta celulósica no Brasil, ocupando grande destaque no mercado internacional (MURO-ABAD, 2000).

O *E. grandis* é considerado uma das espécies mais versáteis e indicada para uso múltiplo (REVISTA DA MADEIRA, 2001). Essa espécie é sensível ao cancro de tronco (*Cryphonectria cubensis*) em regiões tropicais úmidas, com período de seca prolongado (HIGA et al., 2000).

#### **4.1.2. *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake**

O *E. urophylla* tem posição de destaque nas regiões tropicais, em função dos problemas adaptativos apresentados pelo *E. grandis* nessas condições edafoclimáticas (PIGATO; LOPES, 2001).

Essa espécie possui ampla capacidade de adaptação a diversas condições ambientais tropicais (SANTOS et al., 1990). Suas plantações foram estabelecidas desde a Região Norte até as áreas costeiras do sul, passando pelos cerrados do Brasil Central, litoral da Bahia e Espírito Santo e interior de São Paulo. A espécie vem confirmando seu potencial para usos múltiplos (celulose e papel, chapas de fibras, madeira serrada, postes e energia). Estima-se que hoje existam 600.000 hectares plantados com a espécie no Brasil (PIGATO; LOPES, 2001).

O *E. urophylla*, pela sua variabilidade fenotípica, apresenta-se como opção estratégica no melhoramento genético em áreas com vocação para a silvicultura intensiva clonal. Sua importância aumentou depois de comprovada a resistência ao *Cryphonectria cubensis*, fungo causador do cancro do eucalipto nas regiões com alta umidade relativa (VALERI, 1996). A utilização de clones resistentes a doenças e ao déficit hídrico, com alta produtividade e homogeneidade da madeira constitui, atualmente, a base de novos povoamentos florestais (RUI et al., 2001).

#### **4.1.3. O híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla***

No Brasil, o *Eucalyptus urophylla* tem sido usado intensivamente em programas de melhoramento genético, principalmente de hibridação (REVISTA DA MADEIRA, 2001). O híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* é de grande interesse para o setor de celulose devido às características complementares como a qualidade tecnológica da madeira (*E. grandis*) e a resistência ao cancro (*E. urophylla*) (MURO-ABAD, 2003).

Com a evolução dos programas de melhoramento genético tradicional e da clonagem, atualmente estão sendo utilizados clones híbridos interespecíficos como: *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e *E. urophylla* x *E. grandis*. Os materiais genéticos hibridizados apresentam maior “plasticidade” quanto à adaptação aos diferentes sítios florestais e, além disso, são mais produtivos e/ou apresentam melhores características da madeira (SILVEIRA et al., 2001).

Atualmente, grande número de reflorestamentos utiliza clones resultantes do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* (VALERI et al., 2001). Dentre as principais vantagens dos povoamentos clonais sobre os plantios por semente está a homogeneidade das plantações e facilidade de manejo silvicultural pré e pós-colheita (FERREIRA, 1992).

## 4.2. Adubação em florestas plantadas

A necessidade de obtenção de maiores produtividades agrícolas e florestais torna cada vez mais relevantes os estudos concernentes à disponibilidade de nutrientes do solo para as plantas (LANA; NEVES, 1994).

Entre as várias alternativas existentes para elevar o índice de produtividade, destaca-se a fertilização mineral nos povoamentos florestais. Como fator de produção, o fertilizante tem grande participação no custo final do produto (CHICHORRO et al., 1994), entretanto, muitos aspectos estão relacionados ao seu emprego, como época, número de aplicações, local, quantidade e formulações, uma vez que essas variáveis podem refletir na produção final (CHICHORRO et al., 1992), pois melhoram a eficiência desses produtos. A aplicação de fertilizantes é uma das técnicas mais efetivas para acelerar o crescimento e elevar a produtividade de florestas plantadas na região tropical úmida (BARROS; COMERFORD, 2002).

A fertilização mineral dos solos é prática adotada para elevar a capacidade produtiva de áreas agrícolas e florestais, suprindo as deficiências minerais, ou, repondo parte dos nutrientes que foram subtraídos do sistema por lixiviação ou carreados com a biomassa (ANDRADE et al., 1994).

Os maiores aumentos de produtividade em plantios de *Eucalyptus* spp. no Brasil, em geral, são relativos à aplicação de P, seguidos de K. Há contudo, situações em que a resposta a outros nutrientes, como Ca, S e B, é também considerável (BARROS; COMERFORD, 2002).

Em plantações comerciais, a aplicação de fertilizantes é generalizada e requer a adoção de critérios para definição da tecnologia de fertilização, isto é, quais nutrientes aplicar, em que doses, épocas e modo de localização em relação à planta. Apesar do eucalipto estar sendo intensamente plantado no Brasil desde a década de 60, os estudos publicados sobre a fertilização de solos para o seu cultivo referem-se às condições dos estados de Minas Gerais e São Paulo (BARROS et al., 2000), sendo raros na região amazônica. A efetividade do uso de fertilizantes para elevar a produção varia com uma série de fatores, como sítio, espécie, tipo de preparo da área e do solo, competição com plantas daninhas, uso anterior do solo, aspectos relacionados à própria técnica de adubação, etc. (BARROS; COMERFORD, 2002).

Do ponto de vista nutricional, o melhor crescimento de um genótipo, num dado ambiente, pode ser decorrente da sua maior capacidade de absorção de nutrientes do solo, como também pela sua maior eficiência em utilizar os nutrientes absorvidos na produção de biomassa. O reconhecimento dessas características da planta permite a seleção de indivíduos com maior eficiência nutricional, o que significa não só uma possível economia de

fertilizantes, mas, principalmente, a manutenção da produtividade florestal do sítio, por um maior período de tempo (GOMES, 1996).

A demanda de nutrientes pela planta depende da sua taxa de crescimento e da eficiência com que ela converte o nutriente absorvido em biomassa. Para um mesmo material genético, numa determinada região, há uma relação relativamente estreita entre taxa de crescimento e acúmulo de nutrientes na biomassa (BARROS et al., 2000).

A sustentabilidade de um ecossistema florestal, entre outros fatores, está associada com a estabilidade do balanço de nutrientes a curto, médio e longo prazo. O emprego de técnicas de manejo que optem por plantas mais eficientes em utilizar nutrientes, que conservem ao máximo os resíduos das culturas no sítio, que realizem o mínimo possível de intervenções antrópicas e cujo ciclo de crescimento seja longo o suficiente para permitir a máxima eficiência da ciclagem de nutrientes levará à maior conservação do ecossistema de florestas plantadas (SANTANA et al., 2002).

Em solos com baixos teores de nutrientes em formas disponíveis e totais, como é o caso da maioria dos solos utilizados para o plantio de eucalipto no Brasil (FARIA, 2000; SILVEIRA, 2000), a exportação de elevadas quantidades de nutrientes pela colheita florestal ao longo das rotações pode levar à redução da capacidade produtiva do sítio. Por isso, há necessidade de um melhor entendimento do potencial produtivo dos vários sítios, particularmente naquilo que diz respeito às características nutricionais e seu efeito na sustentabilidade da produção florestal. Portanto, o conhecimento da taxa de exportação de nutrientes por diferentes genótipos constitui um requerimento essencial com vista à adoção de técnicas de conservação e de reposição de nutrientes ao ecossistema (SANTANA et al., 1999).

A colheita da casca em povoamentos de eucalipto, além de promover impactos ambientais pela remoção de nutrientes e matéria orgânica, contribui para o aumento no custo da madeira, uma vez que para evitar a queda no rendimento da próxima rotação, haverá a necessidade de reposição de nutrientes ao sítio florestal, por meio de fertilizações químicas (MIRANDA et al., 2002).

Apesar dos ganhos obtidos com as novas técnicas de manejo silvicultural, várias empresas ainda não conseguem obter produtividades que correspondem ao potencial esperado com a utilização das novas tecnologias. O estado nutricional dos plantios florestais é um dos fatores que vem contribuindo para essa situação, pois tem relação direta com a produtividade final dos povoamentos florestais.

Para o adequado manejo nutricional de plantios florestais há a necessidade de se quantificar os vários fluxos de nutrientes no ecossistema e, para isso, é importante se realizar um balanço nutricional para que se possa conhecer a real necessidade de fertilização. Esse balanço pode ser realizado pela quantificação dos nutrientes existentes no solo e na biomassa vegetal durante o ciclo de cultivo das florestas (MELO et al., 1995), principalmente nos primeiros três anos quando se têm as maiores respostas à fertilização.

No caso das florestas o ciclo de cultivo é bem mais longo que nas culturas agrícolas, o que proporciona maior demora na obtenção de resultados de pesquisas nutricionais. Apesar disso, Khanna e Ulrich (1984) relatam que utilizações intensivas bem sucedidas dos solos florestais dependem basicamente do manejo adequado dos nutrientes, o que envolve conhecimento adequado da relação entre as características dos solos e os processos de suprimento nutricional.

A melhor forma de avaliar a fertilidade de um solo consiste na condução de um experimento de adubação, perfeitamente planejado para se obter o maior número possível de respostas. Experimentos de adubação são complexos e de execução cara. Muito importante é a generalização das informações obtidas para outras áreas. Para isto são usados conhecimentos de solos e plantas, principalmente a análise de solo e, em menor escala, a análise de folhas (RAIJ, 1981).

Em povoamentos de eucalipto existe a necessidade de adubações periódicas nos primeiros 30 meses do ciclo de corte, para manter a taxa de crescimento das árvores a níveis satisfatórios ou de uma adubação específica para correção de deficiências nutricionais. Para isso, deve-se diagnosticar quais os elementos do solo que se encontram abaixo dos níveis críticos dessa espécie (VALERI, 1996).

### **4.3. Monitoramento nutricional**

O monitoramento nutricional tem adquirido cada vez mais importância para o manejo nutricional de solos de plantios florestais, pois visa identificar áreas com deficiências ou exigências nutricionais distintas, estabelecendo parcelas em que o crescimento e o estado nutricional das plantas são avaliados, principalmente nos dois primeiros anos, época de maior exigência de nutrientes e ainda em tempo de uma correção por meio de adubação suplementar (POMPERMAYER NETO; COUTO, 2003). É o momento em que as deficiências do solo, as imperfeições das fertilizações de base e uma série de fatores e suas interações que interferem na nutrição já estão se manifestando na planta.

Uma forma de validar o monitoramento é a utilização de suas recomendações nutricionais através de fertilizações ainda durante o desenvolvimento dos plantios. Além disso, o acompanhamento nutricional das plantas após essas fertilizações também é necessário para os devidos ajustes, tanto do monitoramento quanto das recomendações geradas.

### **4.3.1. Metodologias para o monitoramento nutricional**

#### **4.3.1.1. Diagnose foliar**

Segundo Malavolta et al. (1997) a diagnose foliar é um método de avaliação do estado nutricional das culturas em que se analisam determinadas folhas em períodos da vida da planta. No entanto, outras partes da planta podem ser utilizadas para avaliação do estado nutricional.

O método mais antigo de uso de análise de tecido como ferramenta de diagnose nutricional é o método do valor crítico ou nível crítico (HALLMARK, et al., 1987). O valor crítico é a concentração de um nutriente na planta, ou em alguma parte da mesma, abaixo da qual o crescimento e/ou a produção são comprometidos. Segundo Hallmark, et al. (1987) algumas desvantagens desse método são:

- o valor crítico para um determinado nutriente varia de acordo com a concentração de outros nutrientes;
- o valor crítico varia de acordo com a idade da planta e com a variedade;
- o método não é eficiente para determinar qual é o nutriente mais limitante quando dois ou mais nutrientes são simultaneamente deficientes.

De acordo com Silveira et al. (2000) as folhas são os órgãos mais utilizados na análise nutricional por refletirem melhor o estado nutricional das plantas. Por esse motivo na maioria dos estudos que relacionam concentração de nutrientes e produção, os pesquisadores têm apresentado os dados na forma de composição de nutrientes nas folhas, em porcentagem, relacionando-a com a produção em uma condição específica de clima ou de solo. Dessa maneira, esses resultados não podem ser usados quantitativamente em outros locais ou em outras condições climáticas, servem apenas para as mesmas condições sob as quais foram gerados.



#### **4.3.1.2. Comparação da análise foliar com a análise de solo**

A técnica de se utilizar a concentração mineral de tecidos vegetais e os teores de nutrientes no solo como critério para avaliar e monitorar o estado nutricional das plantas é hoje prática bastante comum (BELLOTE; SILVA, 2000).

A diagnose foliar tem sido considerada, por vezes, como uma técnica alternativa para a avaliação da fertilidade do solo, isso não é uma idéia muito correta, já que os teores de nutrientes em folhas, em geral, não apresentam correlação estreita com os teores disponíveis no solo. Isso decorre de limites de absorção pelas plantas, além de outros fatores que afetam esse processo, tais como teor de água no solo, aeração, compactação, acidez, moléstias, e reações de antagonismo ou sinergismo entre nutrientes.

Assim, a análise foliar deve ser considerada uma técnica de avaliação do estado nutricional das plantas, a ser usada em conjunto com a análise de solo. A análise de solo é insubstituível para avaliar a reação do solo e problemas associados a ela, tais como acidez, alcalinidade e salinidade, bem como para servir de base para determinar, de forma quantitativa, medidas corretivas (RAIJ, 1991).

A análise de solo, no Brasil, é eficaz principalmente para fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Nesses casos, a diagnose foliar tem menos interesse direto, embora possa ser usada para avaliar o estado nutricional das plantas, com relação a esses quatro nutrientes, para elucidar situações duvidosas, em que outros fatores afetam a disponibilidade (RAIJ, 1991).

Para todos os demais nutrientes, fica um campo aberto para análise foliar. Não se deve subestimar o significado, por exemplo, da diagnose de uma deficiência de um micronutriente pela diagnose foliar. Isso permitirá medidas corretivas, nas culturas seguintes, com reflexos nas produtividades das rotações posteriores.

A tendência moderna de propriedades agrícolas organizadas, que planejam as calagens e adubações com antecedência, é a utilização da análise de solo e da análise foliar como técnicas de direcionamento e correção de rumo (RAIJ, 1991).

#### **4.3.1.3. Sistema integrado de diagnose e recomendação**

O DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) é um método de diagnose nutricional desenvolvido por E. R. Bealfils, descrito em detalhes em uma monografia publicada em 1973, mas cujas pesquisas tiveram início na década de 50 (RAIJ, 1991).

O método tradicional de avaliação do estado nutricional consiste na comparação de teores obtidos na análise foliar com os considerados adequados, previamente determinados e

que podem ser encontrados em literatura. A principal desvantagem dessa técnica é que os nutrientes são interpretados individualmente, sem considerar as relações existentes entre eles. Quando se realiza uma análise foliar e verifica-se que dois nutrientes encontram-se deficientes, pelo método tradicional não se consegue avaliar qual deles é o mais limitante.

O sistema DRIS fundamenta-se no conceito de balanço de nutrientes. Os inter-relacionamentos entre todos os nutrientes são considerados simultaneamente (RAIJ, 1991) e permite-se não apenas a indicação do nutriente mais limitante, mas também a ordem na qual os outros aparecem como limitantes da produtividade (SCHUTZ; VILLIERS, 1987).

Wadt (2004) realizando avaliação nutricional de clones de *Eucalyptus grandis*, pelos métodos do nível crítico e do DRIS, concluiu que DRIS foi mais eficiente na avaliação nutricional do plantio dessa espécie. Wadt e Novais (1997) já haviam verificado a maior eficiência do DRIS em relação ao nível crítico em estudo realizado em plantios de *Eucalyptus grandis*, com idade variando de 1 a 7 anos.

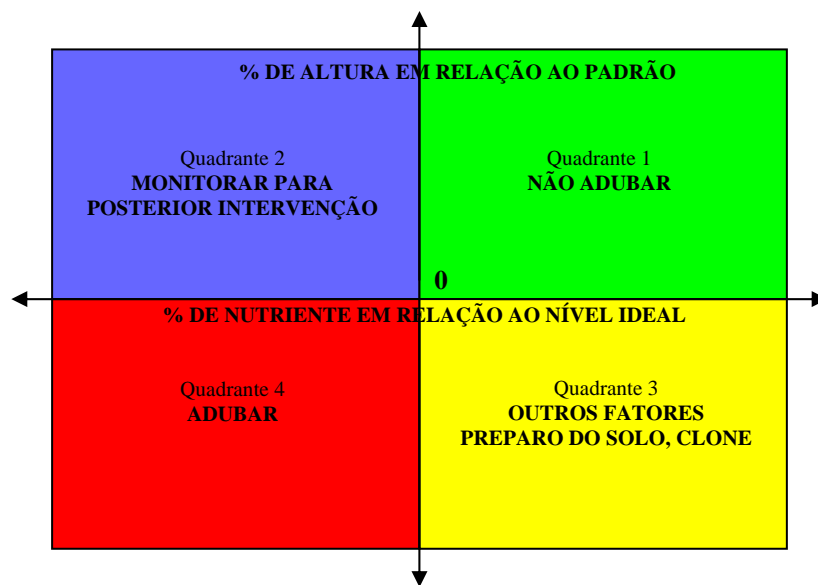
Apesar do DRIS ser um método que vários autores consideram como o mais próximo do ideal em termos de diagnóstico nutricional, sua eficácia depende da existência de um banco de dados contendo registros de teores de nutrientes a partir dos quais são geradas normas para alimentação do sistema. A má qualidade desses dados, a existência de grandes diferenças regionais de onde esses dados foram obtidos em relação ao local onde o método será aplicado, as diferenças entre metodologias de amostragem ou de análises químicas são as principais limitações do DRIS.

#### **4.3.1.4. O Método da Matriz de Avaliação Nutricional**

O método da Matriz Nutricional foi idealizado por Araújo et al. (2000). A grande vantagem deste método é sua praticidade, podendo ser utilizado em monitoramentos nutricionais de povoamentos com idade entre 12 e 24 meses. É baseado na concentração de determinado nutriente e na produtividade.

Nesse método os resultados de análise foliar e inventário são plotados num gráfico denominado Matriz de Avaliação Nutricional (Figura 1), onde o eixo X é referente à diferença percentual observada nas parcelas para um dado nutriente em relação ao nível considerado adequado. No eixo Y é representada a diferença percentual de crescimento em altura em relação ao padrão estabelecido como adequado para a idade de 1 ano.

Este método agrupa os plantios em quatro quadrantes que correspondem às possibilidades seguintes, conforme mostra a Figura 1.



**Figura 1.** Método da matriz para avaliação nutricional do *Eucalyptus*.

No quadrante 1 observa-se o crescimento em altura e nível do nutriente acima dos padrões ideais, não indicando restrições ao crescimento;

No quadrante 2 observa-se o crescimento em altura acima do nível ideal e nível nutricional abaixo do padrão, indicando que a limitação para um determinado nutriente não está afetando diretamente o crescimento das plantas naquele estágio. Melhores condições de disponibilidade de água aliadas a características de solo mais favoráveis, bem como, maior eficiência do genótipo, podem explicar essa condição. A recomendação para casos como esse é a de continuidade dos monitoramentos para verificação de possíveis limitações em idades mais avançadas.

No quadrante 3 observa-se uma situação inversa à anterior, isto é, crescimento em altura inferior ao padrão enquanto que os nutrientes encontram-se acima da concentração ideal. O menor crescimento pode estar ligado a outros fatores, tais como características físicas de solo desfavoráveis, baixa eficiência ou inadequação do material genético, problemas de preparo de solo ou no controle de ervas daninhas, além de limitações ligadas a outros nutrientes. A solução é avaliar estes fatores de forma a tomar as decisões adequadas.

No quadrante 4 observa-se indicações de que o nutriente está limitando o desenvolvimento, na medida em que tanto o crescimento em altura como a concentração do nutriente estão abaixo dos padrões considerados adequados, indicando a necessidade de reposição via aplicação de fertilizantes.

A matriz nutricional permite o monitoramento nutricional das áreas, relacionando-se os níveis foliares de um determinado nutriente com a produtividade, para dessa forma

otimizar as recomendações de adubação de manutenção, aplicando-se os nutrientes em áreas onde estes sejam realmente limitantes ao crescimento.

#### **4.3.1.5. O Nutricalc**

O Nutricalc é um programa utilizado por um grande número de empresas florestais no Brasil e tem sido uma das alternativas para recomendação de fertilizantes para a eucaliptocultura no país.

A estimativa da demanda de nutrientes feita pelo Nutricalc é baseada na produção esperada e na eficiência de utilização do nutriente. Quanto maior a produção esperada, maior será a demanda calculada e, quanto mais eficiente for o genótipo em converter nutriente em crescimento, menor será a demanda. Com informações sobre a demanda e sobre a oferta de nutrientes do ecossistema, o Nutricalc estima o balanço nutricional e recomenda ou não a fertilização (BARROS et al. 2000).

A principal limitação desse programa é o fato de ter sido elaborado para uma abrangência muito grande de ambientes, generalizando a influência de determinados fatores, que são bastante diferentes de região para região.

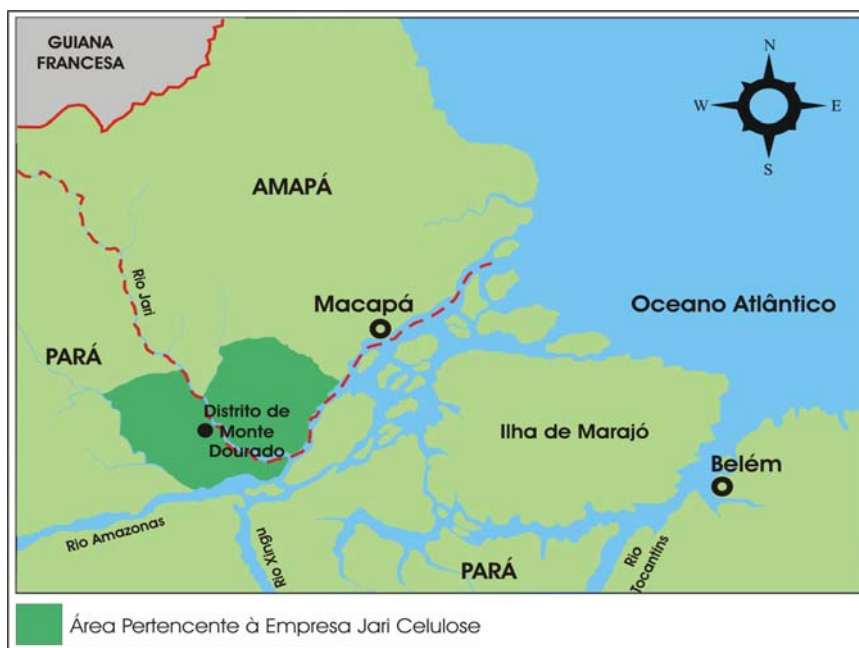
## 5. Material e métodos

O presente trabalho foi desenvolvido com quatro experimentos distintos em plantios de eucalipto da empresa Jari Celulose S.A. As áreas experimentais diferenciaram-se pelo tipo de solo e pelos tratamentos utilizados.

### 5.1. Descrição da área de estudo

A Jari Celulose S.A. localiza-se no Distrito de Monte Dourado, Município de Almeirim, 450 km à oeste de Belém, Estado do Pará, nas margens do rio Jari, estendendo suas áreas ao Estado do Amapá (Figura 2). Está localizada entre os paralelos  $0^{\circ} 30'$  e  $1^{\circ} 30'$  sul e os meridianos  $52^{\circ} 40'$  e  $53^{\circ} 40'$  oeste (ROLLET, 1980). Segundo a classificação de Köppen, o clima pertence ao tipo Am, possuindo características intermediárias entre Af e Aw, cujo regime pluviométrico define uma curta estação seca. A precipitação média anual é de 2.115mm, variando de 290mm no mês de maio a 41mm no mês de outubro, com uma distinta estação seca entre os meses de setembro e novembro. A temperatura média anual é de  $26,4^{\circ} \text{C}$  (CORRÊA et al., 1989).

Os plantios da Jari Celulose estão implantados sobre 52 tipos de solos, pertencentes a quatro formações: Barreiras, Curuá, Diabásio Penatecaua e Trombetas (CORRÊA et al., 1989). Essa condição proporciona grande variação no desenvolvimento do eucalipto de um tipo de solo para outro.



**Figura 2.** Mapa de localização da área da Empresa Jari Celulose S/A.

Para execução deste estudo foram selecionadas quatro áreas cultivadas com o clone 1407, um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. Os plantios encontravam-se com 21 a 26 meses de idade, na época de instalação do experimento, sendo conduzidos em espaçamento de 3 x 3 m. Essas quatro áreas abrangem quatro tipos diferentes de solo:

- a) Área 007 – Latossolo Amarelo álico (LAd), textura média arenosa + areia quartzosa álica, relevo suave ondulado.
- b) Área 014 – Latossolo Amarelo álico (LAd), textura média arenosa, relevo suave ondulado.
- c) Área 095 – Latossolo Una concrecionário (LUc) álico epidistrófico ou não, textura muito argilosa, cascalhenta, relevo plano.
- d) Área 121 – Latossolo Amarelo ácrico (LAW), textura muito argilosa, relevo plano.

## 5.2. Caracterização do solo

Foi realizada a análise química do solo antes da instalação do experimento obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultados da análise de solo antes da instalação do experimento.

Área	Prof. cm	pH	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	SB	H+Al	CTC	V%
					-----mmolc dm <sup>-3</sup> -----					
7	0 - 10	3,77	8,13	0,42	1,63	0,89	2,94	45,67	48,61	6,05
7	10 - 20	3,69	7,56	0,30	1,34	0,76	2,40	42,67	45,07	5,32
7	20 - 40	3,83	8,13	0,20	0,98	0,65	1,83	43,33	45,16	4,05
14	0 - 10	3,74	6,60	0,24	7,57	2,87	10,68	90,67	101,35	10,54
14	10 - 20	3,99	5,06	0,17	8,28	3,68	12,13	67,33	79,46	15,27
14	20 - 40	4,13	3,39	0,14	7,23	3,17	10,54	51,33	61,87	17,03
95	0 - 10	3,87	6,77	0,83	2,97	1,44	5,24	136,00	141,24	3,71
95	10 - 20	3,97	8,36	0,58	1,27	0,99	2,84	114,00	116,84	2,43
95	20 - 40	3,97	3,59	0,32	2,10	0,80	3,22	87,67	90,89	3,54
121	0 - 10	4,17	31,17	1,01	5,95	1,27	8,23	57,00	65,23	12,62
121	10 - 20	4,03	13,93	0,84	4,09	0,75	5,68	62,67	68,35	8,31
121	20 - 40	3,96	7,26	0,35	3,27	0,55	4,17	55,33	59,50	7,01

## **5.3. Metodologia**

### **5.3.1. Fase de monitoramento e recomendação de adubação**

A primeira etapa deste trabalho consistiu da realização da diagnose ou monitoramento nutricional dos plantios aos 18 meses de idade em cada uma das quatro áreas selecionadas, conforme metodologia descrita no item 5.3.2. Após isso foram geradas as recomendações de adubações para cada área de estudo.

Considerando a variação de solo, de idade dos plantios e de recomendação de adubação é que se optou pela instalação de quatro experimentos distintos, ou seja, cada área de estudo foi considerada como um experimento isolado.

### **5.3.2. Monitoramento Nutricional**

Realizado através de análise química de amostras de biomassa aérea e do solo de plantios com idade de 18 meses (1,5 ano). Essas amostras foram coletadas conforme metodologia a seguir, que vem sendo utilizada pela empresa Jari Celulose:

#### **5.3.2.1. Amostragem da biomassa aérea e do solo**

Foi escolhida aleatoriamente uma quadra dentro de cada área selecionada (quatro), onde se realizou o inventário florestal.

Por meio dos resultados obtidos no inventário foi selecionada uma árvore representativa de cada uma das três maiores classes de frequência de diâmetro. Estas árvores foram extraídas de acordo com a seguinte seqüência de operações:

- a) Selecionaram-se em cada quadra três árvores que representassem as três maiores classes de distribuição diamétrica;
- b) mediu-se o CAP;
- c) efetuou-se o corte da árvore;
- d) mediu-se a altura comercial (altura até o diâmetro de 5 cm);
- e) mediu-se a altura total e altura da copa;

f) foram escolhidos três galhos vivos para retirada de amostras. Um galho representando a parte basal da copa, outro a parte mediana e outro a parte apical. Esses galhos foram colhidos e separados. Mediu-se o comprimento destes três galhos e obteve-se a média. Após isso foram desfolhados, pesados e picotados, retirando duas amostras: uma para análise química e outra para análise de umidade;

g) em seguida desgalhou-se toda a árvore, tomando-se o cuidado de separar os galhos secos dos verdes, cortando-se a ponta na posição do diâmetro de 5 cm;

h) retiraram-se amostras da casca de forma a amostrar toda a extensão do tronco. Duas amostras foram retiradas, uma para determinação da umidade e outra para análises químicas;

i) foi feita uma marca exatamente na altura média do tronco. Essa marca foi profunda, de maneira que permaneceu mesmo após a árvore ser descascada;

j) pesou-se o tronco comercial com casca;

l) pesou-se a ponta da árvore com casca (parte com circunferência inferior a 7 cm), sem folhas e sem galhos. Foi anotado somente o peso e descartada das operações;

m) descascou-se o tronco comercial;

n) pesou-se o tronco comercial sem casca;

o) retiraram-se três discos do tronco comercial sem casca, na base, meio e topo. Esses discos possuíam a espessura de aproximadamente 2 cm e foram identificados com o número da árvore e embalados em sacos plásticos fechados;

p) separaram-se todas as folhas dos galhos, sobre uma lona limpa, e foi feita a pesagem. Quando havia sementes, as mesmas não foram retiradas;

q) misturaram-se bem as folhas e retiraram-se duas amostras; uma para determinação de umidade e outra para análises químicas;

r) os galhos verdes foram agrupados e pesados. Não se esqueceu de incluir nessa pesagem os galhos que foram separados anteriormente para retirada das amostras;



s) pesaram-se separadamente os galhos secos e retirou-se uma amostra para determinação de umidade (aproximadamente 100g) e uma amostra para análise química de, no mínimo, 50g;

t) retirou-se serragem fazendo-se cortes transversais ao longo de todo o tronco comercial, com auxílio de uma motosserra sem óleo na corrente. Após ser bem misturada, retirou-se apenas uma amostra;

u) coletou-se ao redor de cada árvore selecionada três amostras de solo, cada uma composta por 8 sub-amostras, nas profundidades de 0-10cm, 10-20cm e 20-40cm de profundidade. Evitou-se coletar em caieiras e áreas compactadas.

#### **5.3.2.2. Análises químicas de nutrientes**

Com as amostras coletadas na etapa anterior foram realizadas análises dos seguintes macro e micronutrientes: fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu). Além destas foi feita a determinação do pH, H+Al e matéria orgânica.

#### **5.3.2.3. Definição dos nutrientes limitantes e recomendação de fertilização**

Os resultados da coleta do material no campo, bem como da análise química foram utilizados para duas finalidades: definição dos elementos nutricionais limitantes ao desenvolvimento dos plantios de eucalipto e recomendação de adubação para esses plantios. Para isso foi utilizado um programa de monitoramento nutricional.

Esse programa de monitoramento se baseia na quantificação da matéria seca e dos nutrientes na biomassa dos povoamentos florestais e a comparação desses valores com padrões previamente estabelecidos.

#### **5.3.3. Condução de experimentos de fertilização para manutenção dos plantios**

A segunda etapa consistiu da instalação dos experimentos, os quais foram definidos a partir das adubações previamente recomendadas. Essas adubações formaram os tratamentos

utilizados em cada experimento e foram aplicados aos 21 meses nas áreas 07 e 121 e aos 26 meses nas áreas 14 e 95.

Em cada uma das áreas os experimentos foram dispostos em delineamento em blocos ao acaso, compostos de cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas de 24 x 24 m (576 m<sup>2</sup>) cada, com cerca de 64 árvores. Os tratamentos foram os seguintes:

- 1) Testemunha – não foi realizada a última adubação de manutenção;
- 2) Adubação operacional – a última adubação de manutenção foi feita de acordo com o procedimento operacional utilizado na Jari Celulose;
- 3) Adubação recomendada - a última adubação de manutenção foi recomendada pelo programa de monitoramento nutricional;
- 4) Dobro da adubação recomendada - a última adubação de manutenção foi o dobro da adubação recomendada pelo programa de monitoramento nutricional;
- 5) Metade da adubação recomendada - a última adubação de manutenção foi a metade da adubação recomendada pelo programa de monitoramento nutricional.

Durante o período de acompanhamento dos experimentos foram realizadas duas avaliações, a primeira aos 12 meses após a implantação e a segunda aos 22 meses.

A seguir estão descritos os tratamentos, com base nas recomendações geradas pelo monitoramento nutricional para cada uma das quatro áreas de estudo:

a) Área 007 - Latossolo Amarelo álico (LAd), textura média arenosa a arenosa.

#### **Tratamentos:**

T1 – Testemunha.

T2 – 100 Kg/ha ou 90 g/planta (NPK 15-10-20) + 99 Kg/ha ou 89 g/planta (Calcário).

T3 – 187,8 Kg/ha ou 170 g/planta (KCl) + 65,9 Kg/ha ou 60 g/planta (Calcário).

T4 – 375,6 Kg/ha ou 340 g/planta (KCl) + 131,8 Kg/ha ou 120 g/planta (Calcário).

T5 – 93,9 Kg/ha ou 85 g/planta (KCl) + 33 Kg/ha ou 30 g/planta (Calcário).

b) Área 014 - Latossolo Amarelo álico (LAd), textura média arenosa.

**Tratamentos:**

T1 – Testemunha.

T2 – 100 Kg/ha ou 90 g/planta (NPK 15-10-20).

T3 – 122,7 Kg/ha ou 111 g/planta (KCl).

T4 – 245,4 Kg/ha ou 221 g/planta (KCl).

T5 – 61,35 Kg/ha ou 56 g/planta (KCl).

c) Área 095 - Latossolo Una concrecionário (LUc) álico, textura muito argilosa.

**Tratamentos:**

T1 – Testemunha.

T2 – 220 Kg/ha ou 200 g/planta (NPK 15-10-20) + 148,5 Kg/ha ou 134 g/planta (Calcário).

T3 – 170,8 Kg/ha ou 154 g/planta (KCl) + 664,7 Kg/ha ou 600 g/planta (Calcário).

T4 – 341,6 Kg/ha ou 308 g/planta (KCl) + 1329,4 Kg/ha ou 1200 g/planta (Calcário).

T5 – 85,4 Kg/ha ou 77 g/planta (KCl) + 332,35 Kg/ha ou 300 g/planta (Calcário).

d) Área 121 - Latossolo Amarelo ácrico (LAW), textura muito argilosa.

**Tratamentos**

T1 – Testemunha.

T2 – 220 Kg/ha ou 200 g/planta (NPK 15-10-20) + 148,5 Kg/ha ou 134 g/planta (Calcário).

T3 – 5,2 Kg/ha ou 5 g/planta (SFT) + 216,1 Kg/ha ou 195 g/planta (KCl) + 323,4 Kg/ha ou 292 g/planta (Calcário).

T4 – 10,4 Kg/ha ou 10 g/planta (SFT) + 432,2 Kg/ha ou 390 g/planta (KCl) + 646,8 Kg/ha ou 584 g/planta (Calcário).

T5 – 2,6 Kg/ha ou 2,5 g/planta (SFT) + 108,05 Kg/ha ou 98 g/planta (KCl) + 161,7 Kg/ha ou 146 g/planta (Calcário).

#### **5.3.4. Coleta de amostras de solo**

Foram coletadas em cada parcela três amostras compostas, sendo cada uma delas proveniente de cinco amostras simples retiradas das linhas de plantio, nas profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 40 cm. As coletas foram feitas somente na área das dezesseis árvores centrais da parcela, para evitar o efeito de bordadura entre os tratamentos.

Em cada coleta foi obtido um total de 60 amostras para cada um dos quatro tipos de solo, totalizando 240 amostras nas quatro áreas estudadas. Foram realizadas coletas em duas épocas, conforme descrito anteriormente, totalizando 480 amostras de solo.

#### **5.3.4.1. Análises químicas das amostras de solo**

Para todas as amostras coletadas foram realizadas análises químicas para determinação dos teores de fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), magnésio (Mg), pH em CaCl<sub>2</sub> e H+Al. As análises foram realizadas no laboratório de solos da empresa Jari Celulose S.A., conforme metodologia descrita por Rajj e Quaggio (2001).

#### **5.3.5. Coleta de Material Vegetal**

No caso do material vegetal, optou-se apenas por uma coleta realizada aos 22 meses após a instalação do experimento. Foram coletadas amostras de cinco compartimentos: folhas, galhos vivos, galhos secos, casca e lenho de uma árvore selecionada, que foi abatida em cada uma das parcelas instaladas por experimento, obtendo-se cinco amostras por parcela. Como cada experimento possuía 20 parcelas, obteve-se um total de 100 amostras por experimento e 400 amostras para todo o estudo.

As folhas foram coletadas manualmente, utilizando-se luvas para evitar contaminação. Os galhos vivos e secos foram cortados em pequenos pedaços com facão, para facilitar o acondicionamento. A casca foi coletada com facão, procurando-se amostrar toda a extensão da árvore abatida. Para o lenho foi feita uma amostra composta com material da base, da altura mediana e material da altura no diâmetro mínimo de aproveitamento industrial (7 cm), efetuando-se a retirada da amostra com a utilização de uma motosserra sem óleo na corrente.

Cada amostra foi acondicionada em saco de papel, o qual foi identificado com a área de coleta, o tratamento, a repetição e o compartimento amostrado.

Ao chegar ao laboratório as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar e temperatura controlada (65-70°C), até peso constante (BOARETTO et al., 1999). Após isso, foi feita a moagem desse material em moinho de facas de aço inoxidável, tipo Willey.

As amostras moídas foram armazenadas em sacos plásticos, dos quais foram retiradas subamostras para o preparo dos extratos para as determinações químicas.

### **5.3.5.1. Análises químicas do material vegetal**

Para todas as amostras coletadas foram realizadas análises para determinação dos teores de P, K, Ca, e Mg. Essas análises também foram realizadas no laboratório de solos da empresa Jari Celulose S.A., conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

### **5.3.6. Inventário florestal**

Para determinação do volume de madeira e incremento médio anual (IMA) dos plantios de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* foi realizada a medição do CAP e da altura total das dezesseis árvores do centro de cada parcela, evitando dessa maneira o efeito de bordadura.

### **5.3.7. Análise estatística de dados**

A análise dos dados referentes à análise de solo foi feita de forma independente para cada área, ou seja, os dados provenientes dos tratamentos realizados em uma área foram comparados somente entre si e na mesma profundidade. Para os dados da análise de tecido vegetal e inventário florestal foi feito o mesmo procedimento.

Os dados da análise química de solo e de tecido vegetal, bem como os obtidos no inventário florestal foram analisados por meio do programa STATISTICA, utilizando o teste Shapiro-Wilk para determinação da normalidade dos dados. Nos casos em que não foi verificada a distribuição normal, efetuou-se a transformação dos mesmos, utilizando para isso o inverso do número, a raiz quadrada, ou o inverso da raiz.

Após esse procedimento, foi realizada a análise de variância para verificar se poderiam existir diferenças significativas entre as médias dos tratamentos. Nos casos em que a análise de variância indicou que poderia haver diferenças entre as médias dos tratamentos foi utilizado o Teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade para confirmar a existência das mesmas.

## **6. Resultados e discussão**

### **6.1. Nutrientes no solo**

Para todas as áreas estudadas os tratamentos realizados não proporcionaram alterações nas características químicas do solo, pois as diferenças entre tratamentos ocorreram em um número pequeno de comparações, não evidenciando mudanças pronunciadas em função dos tratamentos aplicados.

O monitoramento nutricional não recomendou aplicação de adubo fosfatado para as áreas 07 (LAd), 14 (LAd) e 95 (LUc), tendo sido encontrados teores elevados de fósforo nas amostras das camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm, coletadas nessas áreas (Tabelas 2, 3, 4, 5, 6 e 7). Isso demonstra coerência do monitoramento quanto ao fósforo.

Os altos teores de fósforo encontrados nas áreas 7, 14 e 95 podem ser explicados pelas sucessivas aplicações de adubos fosfatados, realizadas desde o preparo da área para o plantio até os dezoito meses, causando assim um acúmulo de fósforo nas linhas. Além disso, foram encontradas diferenças significativas nessas áreas, embora não tenham sido efetuados tratamentos com diferentes dosagens de adubos fosfatados, conforme citado anteriormente.

A aplicação de fosfatos naturais foi realizada utilizando o subsolador, que é um equipamento que deveria efetuar uma aplicação uniforme ao longo da linha, mas que recebe influência de elevações ou declives do terreno, bem como de resíduos deixados na área por ocasião da colheita, aplicando em alguns pontos quantidades reduzidas de adubo e em outros, quantidades maiores. Essa metodologia de aplicação de fosfatos naturais no preparo das áreas para o plantio pode ser a principal causadora de diferenças nas concentrações de fósforo nas linhas de plantio das áreas não adubadas no estudo.

A área 121 (LAW) foi a única em que foi feita aplicação de adubação fosfatada recomendada pelo monitoramento nutricional, sendo que foram encontradas diferenças estatísticas entre tratamentos nas três profundidades (Tabelas 8, 9 e 10). A diferença encontrada na camada superficial (0 a 10 cm) pode ter sido provocada pela aplicação do adubo fosfatado recomendado, visto que o tratamento que utilizou essa recomendação obteve média superior aos demais.

As diferenças encontradas nessa área, nas profundidades de 10 a 20 cm e 20 a 40 cm, devem ter sido provocadas pela metodologia de aplicação de fosfatos naturais durante as operações de preparo de área, conforme mencionado anteriormente.

Os teores de fósforo encontrados nas amostras coletadas em todas as áreas estudadas, nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm, estão acima da média relatada por Gomes et al. (1997) que encontraram o valor de  $3 \text{ mg dm}^{-3}$  em Latossolo Amarelo ácrico do município de Laranjal do Jari-AP, que apresenta características similares ao solo da área 121. Galo (1993) encontrou concentrações de fósforo de  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  em Latossolo Vermelho-Amarelo no município de Itamarandiba-MG. Segundo Novais et al. (1986) os níveis críticos de manutenção para plantios de *Eucalyptus* spp. são de  $4,5 \text{ mg dm}^{-3}$  em solos argilosos e  $6,5 \text{ mg dm}^{-3}$  em solos arenosos, para obtenção de produtividades de  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Barros et al. (1990) mencionam que os níveis críticos de P para o eucalipto estão entre  $4,5$  e  $6,5 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Com relação à profundidade de 20 a 40 cm, é importante lembrar que foi verificado relativo decréscimo nos teores de fósforo quando comparados aos encontrados nas demais profundidades, no entanto as médias dos teores de fósforo das áreas 14 (LAd) e 121 (LAW) nas duas avaliações e as médias da primeira avaliação das áreas 7 (LAd) e 95 (LUc), ficaram acima dos níveis críticos citados por Novais et al. (1986) e Barros et al. (1990), que, segundo esses autores variam de 4,5 a 6,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Tabelas 10, 11, 12 e 13).

O monitoramento nutricional recomendou a aplicação de potássio em todas as áreas de estudo, apesar disso não foram identificadas alterações significativas nos teores do elemento no solo, ocorrendo diferenças significativas em alguns casos isolados, como pode ser verificado nas avaliações das amostras coletadas nas áreas 07 (LAd), 14 (LAd) e 95 (LUc), nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm (Tabelas 2, 3, 4, 5, 6 e 7).

A área 121 (LAW), que recebeu maiores dosagens de adubação potássica nos tratamentos aplicados, somente apresentou diferenças estatísticas significativas entre tratamentos para a profundidade de 20 a 40 cm na segunda avaliação, evidenciando que não houve alterações nos teores de potássio no solo dessa área em virtude dos tratamentos (Tabelas 8, 9 e 10).

As áreas 07 (LAd), 95 (LUc) e 121 (LAW) apresentaram teores de K nas duas camadas superficiais (0 a 10 e 10 a 20 cm), superiores à média relatada por Gomes et al. (1997), que foi de 0,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> em solo com propriedades similares aos da área 121 deste trabalho.

Na primeira avaliação da área 14 (LAd) e nas mesmas profundidades citadas anteriormente, observou-se valores médios de potássio inferiores aos encontrados nas demais áreas. Na segunda avaliação as médias da área 14 foram semelhantes às médias das outras áreas de estudo (Tabelas 4 e 5). Galo (1993) encontrou teores de 0,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> em Latossolo Vermelho-Amarelo no município de Itamarandiba-MG. Martins et al. (1997) encontraram teores de potássio de 0,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> em Areias Quartzosas do município de Altinópolis-SP.

Espécies do gênero *Eucalyptus* têm apresentado resposta à aplicação de potássio em solos com teores de 0,2 até 1,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, conforme verificado por Galo (1993), Barros e Novais (1996) e Gava (1997). Faria (2000) relata que diversos trabalhos têm demonstrado a estreita dependência da produção de espécies do gênero *Eucalyptus* aos teores de potássio no solo e sua resposta à fertilização com esse nutriente.

Todas as áreas apresentaram teores de potássio abaixo dos níveis críticos citados por Novais et al. (1986) para uma produtividade de 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, que são de 2,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Barros et al. (1990) também encontraram esse valor para manutenção da cultura do eucalipto.

Nas concentrações de cálcio e magnésio praticamente não foram observadas alterações em função dos tratamentos aplicados, embora o monitoramento nutricional tenha recomendado a aplicação desses nutrientes para as áreas 07 (LAd), 95 (LUc) e 121 (LAW).

Os teores de cálcio encontrados em todas as áreas, nas camadas superficiais (Tabelas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9), foram superiores ao encontrado por Gomes et al. (1997) em Latossolo Amarelo do município de Laranjal do Jari-AP, que foi de  $2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . A área estudada por esses autores apresenta solo similar ao da área 121. Valeri (1996) encontrou concentrações de cálcio de  $2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  em Areias Quartzosas com plantio de *Eucalyptus urophylla*.

Barros et al. (1990) mencionam que os níveis críticos de cálcio para a cultura do eucalipto estão em torno de  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para a fase de manutenção, nesse caso, somente os resultados da segunda avaliação realizada na área 95 (LUc) seriam similares a esse valor. Contudo, a análise foliar não encontrou indícios de deficiência para esse nutriente em nenhuma das áreas estudadas. Novais et al. (1986) relatam que o nível crítico de manutenção para *Eucalyptus* spp. é de  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para obtenção de incremento médio anual (IMA) de  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

A maior concentração de magnésio, em todas as áreas, foi encontrada nas duas camadas superficiais (Tabelas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9). As áreas arenosas, 07 (LAd) e 14 (LAd), apresentaram, nessas camadas, teores inferiores aos níveis críticos citados por Barros et al. (1990), que ficam em torno de  $2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , mas bem superiores ao encontrado por Martins et al. (1997) em Areias Quartzosas no município de Altinópolis-SP, que foram de  $0,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Tabelas 2, 3, 4 e 5).

As áreas argilosas, 95 (LUc) e 121 (LAW), apresentaram, nas duas camadas superficiais, concentrações superiores aos níveis críticos citados por Barros et al. (1990) (Tabelas 6, 7, 8 e 9). Novais et al. (1986) estudando plantios de *Eucalyptus* spp. concluíram que o nível crítico de manutenção foi de  $1,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para uma produtividade de  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Valeri (1996) encontrou teores de magnésio de  $1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  em Areias Quartzosas com plantio de *Eucalyptus urophylla*. Gomes et al. (1997), encontraram concentrações de  $2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  em Latossolo Amarelo no município de Laranjal do Jari-AP, local que apresenta solos similares aos da área 121 (LAW).

As áreas com maior proporção de argila em seus solos apresentaram melhores condições de fornecimento de nutrientes minerais para os plantios de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, no entanto, a área 121 (LAW), a mais argilosa, apresentou produtividade notadamente inferior a área 95 (LUc) nas duas avaliações, o que pode ser explicada pela formação dos dois solos. O solo da área 95 é bem mais fértil.



A área 14 (LAd) apresentou produtividade superior a área 07 (LAd), resultado já esperado, pois aquela apresenta maiores teores de argila em seus solos.

**Tabela 2.** Resultados da análise química de solo da área 07 (LAd), na profundidade de 0-10 cm.

-----Avaliação 1 (33,4 meses)-----									
Trat.	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			S	CTC	V %
				Ca	Mg	H+Al			
1	3,78a	15,5c	0,50a	7,4a	1,3a	44a	9,3a	53,5a	16,3a
2	3,84a	36,2b	0,45ab	11,0a	1,3a	45a	12,8a	58,0a	20,2a
3	3,85a	42,7b	0,50a	12,5a	1,4a	41a	14,4a	55,7a	25,4a
4	3,80a	40,7b	0,40ab	8,2a	1,0a	43a	9,6a	52,6a	17,8a
5	3,86a	76,8a	0,30b	26,2a	1,1a	56a	27,6a	83,8a	31,1a
-----Avaliação 2 (42,1 meses)-----									
1	3,66a	3,1b	0,57a	3,5a	1,2a	68a	5,2a	73,5a	7,0a
2	3,85a	4,2b	0,64a	5,8a	1,3a	55a	7,7a	63,0a	12,7ab
3	3,77a	3,4b	0,77a	5,8a	1,2a	60a	7,9a	67,9a	11,8ab
4	3,76a	3,6b	1,02a	4,9a	1,0a	52a	6,9a	59,4a	11,4ab
5	3,66a	33,5a	1,02a	9,6a	1,4a	52a	12,0a	64,5a	18,8b

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 3.** Resultados da análise química de solo da área 07 (LAd), na profundidade de 10-20 cm.

-----Avaliação 1 (33,4 meses)-----									
Trat.	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			S	CTC	V %
				Ca	Mg	H+Al			
1	3,96a	9,5a	0,50a	3,3a	0,9a	43a	4,7a	47,9a	9,5a
2	4,03a	16,2a	0,35bc	4,2a	1,0a	36a	5,6a	42,2a	13,7a
3	3,97a	16,9a	0,45ab	4,2a	1,0a	41a	5,7a	47,0a	12,0a
4	3,94a	15,3a	0,30c	2,5a	0,9a	40a	3,6a	43,8a	8,3a
5	3,89a	30,3a	0,30c	6,1a	0,8a	37a	7,2a	44,6a	14,6a
-----Avaliação 2 (42,1 meses)-----									
1	3,81a	1,9b	0,57a	2,5a	0,9a	62ab	4,0a	66,0a	6,00a
2	3,94a	2,7b	0,70a	3,8a	1,1a	56ab	5,6a	61,8a	9,1a
3	3,83a	2,5b	0,70a	4,7a	1,0a	63a	6,4a	69,6a	9,2a
4	3,82a	2,4b	0,96a	2,4a	0,9a	52ab	4,2a	56,5a	7,4a
5	3,77a	17,1a	0,89a	6,1a	1,1a	51b	8,1a	59,1a	12,9a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 4.** Resultados da análise química de solo da área 14 (LAd), na profundidade de 0-10 cm.

-----Avaliação 1 (37,4 meses)-----									
Trat.	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			S	CTC	V %
				Ca	Mg	H+Al			
1	3,84b	19,4b	0,32a	1,7a	2,2a	54a	4,2a	58,0a	7,1a
2	3,98ab	64,3a	0,26a	2,1a	1,3a	55a	3,7a	58,4a	6,8a
3	3,98ab	27,3b	0,26a	5,2a	3,1a	56a	8,6a	64,3a	11,8a
4	3,94ab	14,1b	0,32a	1,6a	2,1a	54a	4,0a	57,9a	6,8a
5	4,01a	16,9b	0,26a	2,5a	2,9a	57a	5,6a	62,0a	8,7a
-----Avaliação 2 (46 meses)-----									
1	3,75b	10,4c	0,77ab	1,9a	1,2a	67ab	3,9a	71,2ab	5,8a
2	4,04a	19,4b	0,51b	2,00a	1,8a	50ab	4,3a	54,9ab	7,4a
3	3,90ab	43,9a	0,76ab	3,2a	1,3a	38b	5,3a	43,6b	21,3a
4	3,87b	54,6a	1,02a	3,5a	1,5a	74a	6,0a	80,3a	7,7a
5	3,88ab	28,7b	1,02a	2,7a	2,9a	59ab	6,6a	66,1ab	9,4a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 5.** Resultados da análise química de solo da área 14 (LAd), na profundidade de 10-20 cm.

-----Avaliação 1 (37,4 meses)-----									
Trat.	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al	S	CTC	V %
1	3,91b	38,4b	0,26a	2,9a	1,1a	49a	4,2a	52,9a	8,1a
2	4,05a	64,5a	0,26a	4,6a	1,2a	50a	6,0a	56,2a	10,4a
3	4,07a	31,2b	0,26a	3,4a	0,7a	48a	4,4a	52,8a	8,7a
4	3,97ab	28,8b	0,19a	1,5a	0,5a	51a	2,2a	53,5a	4,2a
5	3,96ab	14,8c	0,26a	1,4a	0,8a	52a	2,4a	54,1a	4,5a
-----Avaliação 2 (46 meses)-----									
1	3,82b	15,9b	0,70ab	1,8a	1,0a	57a	3,5a	76,5a	5,3a
2	3,98a	30,3b	0,51b	2,00a	1,0a	55a	3,5a	59,0a	6,0a
3	3,96ab	44,7a	0,76ab	2,7a	0,8a	56a	4,3a	60,9a	7,0a
4	3,91ab	26,5b	1,02a	2,00a	1,1a	67a	4,1a	71,0a	6,2a
5	3,97ab	19,7b	1,02a	1,2a	0,8a	56a	3,1a	58,9a	5,2a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 6.** Resultados da análise química de solo da área 95 (LUc), na profundidade de 0-10 cm.

-----Avaliação 1 (38,3 meses)-----									
Trat.	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al	S	CTC	V %
1	3,82a	8,2c	0,64ab	2,8a	3,7a	92a	7,2a	99,0a	7,4a
2	3,84a	28,3b	0,83a	4,5a	3,9a	89a	9,2a	97,9a	9,6a
3	3,99a	18,4b	0,45b	5,8a	5,0a	92a	11,2a	103,7a	10,7a
4	3,86a	54,1a	0,45b	9,9a	3,9a	94a	14,3a	108,1a	12,0a
5	3,88a	49,2a	0,45b	6,5a	3,5a	87a	10,4a	97,8a	10,3a
-----Avaliação 2 (46,9 meses)-----									
1	3,80a	43,7a	1,22a	12,1b	2,2a	65b	15,6ab	80,9b	20,5a
2	3,87a	31,2b	1,15a	15,2b	2,7a	78ab	19,0ab	97,5ab	19,7a
3	3,91a	14,3c	1,07a	19,1b	2,4a	101a	22,6a	123,3a	18,5ab
4	3,83a	15,7c	0,90a	10,5ab	2,5a	102a	13,9ab	115,9a	11,7ab
5	3,79a	19,2c	0,90a	5,2a	1,8a	105a	7,9b	112,9a	7,0b

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 7.** Resultados da análise química de solo da área 95 (LUc), na profundidade de 10-20 cm.

-----Avaliação 1 (38,3 meses)-----									
Trat.	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al	S	CTC	V %
1	3,86b	9,4a	0,51b	1,8a	2,2a	82a	4,7a	86,3a	5,4a
2	3,90ab	13,0a	0,77a	2,0a	2,3a	83a	5,1a	87,8a	5,8a
3	3,98a	11,3a	0,38bc	2,7a	3,0a	87a	6,0a	92,8a	6,5a
4	3,87b	28,8a	0,26c	2,3a	2,3a	82a	4,8a	87,1a	5,7a
5	3,93ab	11,5a	0,51b	1,5a	2,1a	76a	4,1a	80,5a	5,0a
-----Avaliação 2 (46,9 meses)-----									
1	3,77a	21,9a	0,95a	11,8b	1,9a	97a	14,6a	112,1a	13,0a
2	3,92a	4,2b	1,07a	11,6b	1,6a	87a	14,3a	101,3a	14,3a
3	3,90a	5,5b	1,00a	12,6b	1,4a	92a	15,1a	107,3a	14,1a
4	3,82a	8,0b	0,95a	7,9ab	1,7a	96a	10,6ab	106,8a	9,7ab
5	3,84a	6,2b	0,90a	4,7a	1,1a	95a	6,8b	101,8a	6,7b

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 8.** Resultados da análise química de solo da área 121 (LAW), na profundidade de 0-10 cm.

-----Avaliação 1 (32,2 meses)-----									
Trat.	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al	S	CTC	V %
1	4,22a	20,4b	1,09a	7,3a	3,1a	72a	11,5a	84,0a	14,2a
2	4,16a	18,6b	1,21a	4,0a	2,1a	73a	7,3a	80,6a	9,1a
3	4,18a	45,8a	1,34a	3,8a	2,5a	68a	7,6a	76,0a	9,8a
4	4,07a	25,3b	1,15a	2,9a	2,1a	75a	6,2a	81,5a	8,1a
5	4,09a	31,0b	1,34a	2,7a	2,2a	72a	6,2a	78,2a	7,9a
-----Avaliação 2 (40,8 meses)-----									
1	4,15a	15,7a	0,80a	6,9a	3,4a	78ab	11,2a	89,7a	12,1a
2	4,14a	21,0a	0,50a	7,1a	5,0a	81a	12,6a	93,6a	12,9a
3	4,13a	19,7a	0,82a	9,8a	3,9a	69ab	14,6a	84,1a	16,8a
4	4,13a	17,8a	0,85a	7,4a	3,5a	64b	11,7a	75,7a	14,6a
5	4,10a	17,9a	0,80a	5,5a	3,3a	68ab	9,6a	77,3a	11,8a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 9.** Resultados da análise química de solo da área 121 (LAW), na profundidade de 10-20 cm.

-----Avaliação 1 (32,2 meses)-----									
Trat.	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al	S	CTC	V %
1	4,23a	65,0a	0,77a	4,2a	1,8a	56a	6,8a	62,9a	10,8a
2	4,22a	4,7c	0,83a	3,7a	1,5a	61a	6,0a	66,7a	9,4a
3	4,18a	16,7c	0,96a	2,1a	1,5a	55a	4,6a	60,2a	7,6a
4	4,12a	31,4b	0,77a	2,1a	1,6a	60a	4,5a	64,5a	7,2a
5	4,25a	9,3c	1,02a	4,3a	6,1a	63a	11,4a	75,0a	13,6a
-----Avaliação 2 (40,8 meses)-----									
1	4,15a	18,6a	0,72a	1,5a	1,7a	68ab	4,0a	72,4a	5,4a
2	4,13a	25,9a	0,57a	2,8a	2,7a	71a	6,2a	77,7a	7,6a
3	4,13a	24,6a	0,77a	2,3a	1,9a	63ab	5,0a	67,7a	7,3a
4	4,18a	20,9a	0,80a	1,9a	1,8a	57b	4,5a	61,5a	7,2a
5	4,09a	10,0a	0,85a	1,4a	1,5a	61ab	3,7a	64,7a	5,8a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 10.** Resultados da análise química de solo da área 121 (LAW), na profundidade de 20-40 cm.

-----Avaliação 1 (32,2 meses)-----									
Trat.	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al	S	CTC	V %
1	4,29a	12,7a	0,57a	3,2a	1,2a	42a	4,9a	47,2a	10,3a
2	4,24a	16,3a	0,57a	1,4a	0,7a	48a	2,7a	51,2a	5,8a
3	4,22a	22,6a	0,57a	0,5a	0,7a	43a	1,8a	45,1a	4,1a
4	4,19a	12,8a	0,51a	0,7a	0,9a	45a	2,1a	47,2a	4,5a
5	4,14a	6,4a	0,64a	0,7a	1,0a	48a	2,3a	50,0a	4,8a
-----Avaliação 2 (40,8 meses)-----									
1	4,20a	5,3b	0,57ab	1,1a	1,1a	56a	2,8a	59,1a	4,8a
2	4,15a	12,0a	0,50b	1,4a	1,4a	57a	3,3a	60,3a	5,6a
3	4,17a	3,7b	0,70ab	1,5a	1,4a	47a	3,6a	50,6a	7,0a
4	4,19a	15,3a	0,80ab	2,3a	1,3a	48a	4,4a	52,2a	8,7a
5	4,09a	3,4b	0,85a	0,8a	0,8a	52a	2,5a	55,0a	4,5a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 11.** Resultados da análise química de solo da área 07 (LAd), na profundidade de 20-40 cm.

-----Avaliação 1 (33,4 meses)-----									
Trat.	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al	S	CTC	V %
1	4,05a	5,4a	0,35a	2,00a	0,8a	44a	3,1a	47,1a	6,6a
2	4,12a	9,1a	0,35a	5,5a	0,9a	34a	6,8a	40,5a	16,8a
3	4,08a	7,1a	0,35a	2,6a	0,8a	32a	3,8a	35,8a	10,7a
4	3,97a	8,5a	0,40a	1,8a	0,8a	41a	3,0a	43,8a	6,6a
5	4,06a	12,0a	0,35a	1,4a	0,5a	35a	2,3a	37,7a	6,00a
-----Avaliação 2 (42,1 meses)-----									
1	3,92a	1,5a	0,51a	1,8a	0,8a	54a	3,1a	57,1a	5,4a
2	4,03a	1,8a	0,70a	3,0a	0,9a	46a	4,6a	50,3a	9,2a
3	3,95a	1,7a	0,83a	2,7a	0,8a	48a	4,3a	52,3a	8,5a
4	4,00a	1,5a	0,96a	1,8a	0,8a	46a	3,5a	49,3a	7,1a
5	3,90a	2,4a	0,96a	1,8a	0,6a	44a	3,4a	47,9a	7,2a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 12.** Resultados da análise química de solo da área 14 (LAd), na profundidade de 20-40 cm.

-----Avaliação 1 (37,4 meses)-----									
Trat.	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al	S	CTC	V %
1	4,03a	35,6a	0,13ab	2,7a	0,6a	43a	3,4a	46,2a	6,9a
2	3,96a	16,8a	0,00b	0,6a	0,4a	44a	1,1a	45,4a	2,3a
3	3,90a	12,6a	0,13ab	0,8a	0,4a	43a	1,3a	43,9a	2,9a
4	4,04a	9,2a	0,26a	0,7a	0,3a	48a	1,3a	49,4a	2,8a
5	4,08a	9,3a	0,13ab	1,0a	0,5a	46a	1,6a	47,4a	3,5a
-----Avaliação 2 (46 meses)-----									
1	3,91a	10,3a	0,64ab	1,3a	0,7a	65a	2,6a	67,9a	4,1a
2	4,00a	9,3a	0,51b	1,0a	0,6a	57a	2,1a	58,9a	3,7a
3	4,04a	15,7a	0,76ab	1,9a	0,9a	54a	3,5a	57,6a	5,8a
4	3,96a	30,9a	1,02a	3,2a	0,7a	58a	4,8a	76,3a	7,0a
5	4,10a	21,4a	0,96a	1,1a	0,7a	51a	2,7a	54,3a	5,2a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 13.** Resultados da análise química de solo da área 95 (LUc), na profundidade de 20-40 cm.

-----Avaliação 1 (38,3 meses)-----									
Trat.	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al	S	CTC	V %
1	3,96a	3,0a	0,51a	1,2a	1,4a	71a	3,1a	74,2a	4,3a
2	3,96a	4,3a	0,51a	0,9a	1,4a	75a	2,8a	77,7a	3,8a
3	3,97a	8,7a	0,32a	1,2a	1,5a	70a	3,1a	43,2a	4,2a
4	3,94a	8,4a	0,26a	1,1a	1,5a	67a	2,9a	69,5a	4,0a
5	3,99a	15,8a	0,26a	1,7a	1,3a	61a	3,3a	63,8a	5,1a
-----Avaliação 2 (46,9 meses)-----									
1	3,87a	2,1ab	0,90a	10,8a	1,4a	89a	13,1a	101,8a	13,0a
2	3,98a	1,1b	0,85a	11,3a	1,3a	73a	13,5a	86,5a	15,9a
3	3,90a	1,6ab	0,90a	11,9a	1,3a	79a	14,0a	93,5a	15,2a
4	3,88a	3,1a	0,80a	13,2a	1,2a	82a	15,2a	97,2a	14,4a
5	3,89a	1,6ab	0,80a	4,6a	0,7a	80a	6,8a	85,9a	7,0a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

## 6.2. Estado nutricional

Os resultados da análise foliar indicaram que todas as áreas estudadas apresentaram teores médios de fósforo próximos a  $1 \text{ g Kg}^{-1}$ , não apresentando diferenças estatísticas entre tratamentos (Tabelas 14, 15, 16 e 17). Esses teores são inferiores aos citados por Malavolta et al. (1997), como associados a altas produtividades para o *Eucalyptus grandis*, que segundo estes autores estão na faixa de 1,3 a  $1,4 \text{ g Kg}^{-1}$ . Os teores encontrados também estão abaixo da faixa considerada adequada por Silveira et al. (1999), que fica em torno de 1,7 a  $2,2 \text{ g Kg}^{-1}$  para o *Eucalyptus grandis* no estágio adulto.

O conteúdo de potássio nas folhas coletadas na área 07 (LAd) foi o menor entre todas as áreas, sendo que as médias de todos os seus tratamentos ficaram em torno de  $3,5 \text{ g Kg}^{-1}$ , sendo que o tratamento 4 foi estatisticamente diferente dos demais (Tabela 14), enquanto a área 14 (LAd) apresentou médias em torno de  $4,5 \text{ g Kg}^{-1}$  e a área 95 (LUc) médias em torno de  $4,8 \text{ g Kg}^{-1}$ . Dentre as áreas estudadas, a 121 (LAW) apresentou os maiores teores, sendo que todas as suas médias ficaram acima de  $6,00 \text{ g Kg}^{-1}$  (Tabela 17).

Os teores foliares de potássio encontrados em todas as áreas ficaram muito abaixo do encontrado por Haag et al. (1976). Estes autores encontraram uma concentração foliar de  $21,2 \text{ g Kg}^{-1}$  para o *Eucalyptus grandis*. Porém, Silva et al. (1983), estudando cinco espécies de *Eucalyptus*, encontraram para o *Eucalyptus grandis* concentrações foliares de  $8,34 \text{ g Kg}^{-1}$ , inferiores às encontradas por Haag et al. (1976), mas ainda superiores às encontradas nas áreas de estudo.

As médias da área 121 (LAW) foram muito próximas das mencionadas por Leite et al. (1998), que encontraram teores foliares de  $7,5 \text{ g Kg}^{-1}$  de potássio para o *Eucalyptus grandis* aos 31 meses de idade. Esse resultado coincide com o obtido por Bellote e Ferreira (1993), em levantamento do estado nutricional e da fertilidade do solo em povoamento de *Eucalyptus grandis* nas regiões de Mogi Guaçu, Casa Branca, Itirapina, Itatinga e Angatuba no estado de São Paulo.

Segundo Silveira et al. (1998), concentrações foliares de potássio abaixo de  $7 \text{ g Kg}^{-1}$  em *Eucalyptus grandis* correspondem a deficiência para esse nutriente, enquanto concentrações na faixa de 8 a  $10 \text{ g Kg}^{-1}$  correspondem a faixa adequada. Considerando isso pode-se dizer que os resultados apresentados neste trabalho demonstram que os níveis de K, mesmo após correção, ainda encontram-se em níveis inadequados. No entanto, é importante levar em consideração o material genético diferente e as diferenças ambientais.

A área 121 (LAW) apresentou os maiores teores foliares de cálcio (Tabela 17), sendo que o tratamento 4 apresentou as maiores médias, não sendo, no entanto, significativamente

diferente dos demais. Os teores foliares de cálcio nessa área apresentaram-se superiores aos citados por Malavolta et al. (1997), como teores associados a altas produtividades em *Eucalyptus grandis*, que segundo esses autores estão na faixa de 5 a 6 g Kg<sup>-1</sup> e dentro da faixa considerada adequada por Silveira et al. (1999), que fica em torno de 7,1 a 11 g Kg<sup>-1</sup> para o *Eucalyptus grandis* no estágio adulto. As demais áreas apresentaram teores foliares de cálcio acima de 4 g Kg<sup>-1</sup>, portanto superiores à faixa considerada deficiente por Malavolta (1987), que fica em torno de 2 a 4 g Kg<sup>-1</sup>.

A área 121 (LAW) apresentou também os maiores teores foliares de magnésio (Tabela 17), sem diferença significativa entre tratamentos. Os teores encontrados estão acima do citado por Malavolta et al. (1997), que encontraram valores na faixa de 2,5 a 3,0 g Kg<sup>-1</sup>. Entre as demais áreas estudadas, a 95 (LUC) apresentou teores dentro dessa faixa (Tabela 16) e as áreas 07 (LAD) e 14 (LAD) apresentaram teores inferiores aos citados por aqueles autores (Tabelas 14 e 15). Bellote e Ferreira (1993), mencionam que elevadas produtividades em povoamentos de *Eucalyptus grandis* foram obtidas em árvores com concentrações foliares de magnésio na faixa de 2,6 a 3,2 g Kg<sup>-1</sup>. É importante mencionar que as diferenças de material genético e ambiente podem ser as responsáveis por essas diferenças entre os teores de magnésio observados.

Para cálcio e magnésio os resultados da análise foliar indicaram não ter havido deficiência. Possivelmente a metodologia de adubação utilizada na época foi a responsável por essa situação de suficiência, pois a aplicação de calcário foi realizada algumas semanas antes da instalação do experimento, disponibilizando uma quantidade satisfatória desses nutrientes no período em que foram feitas as duas avaliações.

Na análise química da casca, somente as concentrações de cálcio no material proveniente da área 121 (LAW) apresentaram-se notadamente superiores às demais (Tabelas 14, 15, 16 e 17), ficando todas as médias dessa área acima dos valores mencionados por Leite et al. (1998), que encontraram valores na faixa de 8,6 g Kg<sup>-1</sup>. Nessa área, o tratamento 4 apresentou as maiores médias, sendo estatisticamente diferente do tratamento 5. Todas as outras áreas apresentaram médias superiores às citadas por aqueles autores, porém suas médias foram notadamente inferiores às da área 121 (LAW).

Os teores de fósforo nos galhos vivos das áreas 07 (LAD), 14 (LAD) e 95 (LUC) (Tabelas 14, 15 e 16), estão dentro dos intervalos de valores citados por Leite et al. (1998) para o *Eucalyptus grandis* aos 31 meses de idade, que segundo os mesmos estão próximos a 0,3 g Kg<sup>-1</sup>, a exceção foi a área 121, que apresentou teores próximos a 0,2 g Kg<sup>-1</sup> (Tabela 17). No caso do potássio nos galhos vivos, as áreas 95 (LUC) e 121 (LAW) (Tabelas 16 e 17),

apresentaram teores acima dos mencionados por aqueles autores, que encontraram teores de 2,5 g Kg<sup>-1</sup>, enquanto as demais áreas apresentaram concentrações abaixo desse valor (Tabelas 14 e 15).

Com relação aos teores de potássio no lenho, a área 121 (LAW) apresentou concentrações superiores às demais (Tabela 17), sendo suas médias superiores às citadas por Leite et al. (1998), que encontrou teores de 1,4 g Kg<sup>-1</sup> de potássio no lenho de *Eucalyptus grandis* aos 31 meses de idade. As demais áreas apresentaram teores inferiores ao citado por esses autores.

**Tabela 14.** Teores de nutrientes nas amostras de material vegetal da área 07 (LAD).

Tratamento	Folhas			
	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
	----- (g Kg <sup>-1</sup> )-----			
1	1,02a	3,04b	7,17a	2,33a
2	0,85a	3,30b	8,03a	2,30a
3	0,92a	3,62b	6,44ab	1,97a
4	0,80a	4,64a	4,38b	2,26a
5	0,85a	3,58b	7,12a	2,29a
	<b>Casca</b>			
1	0,99a	1,93b	17,97a	2,17a
2	0,98a	1,92b	18,53a	2,14a
3	0,86a	2,66a	18,33a	1,97a
4	0,67a	2,94a	15,48a	2,01a
5	0,98a	2,61a	17,93a	2,02a
	<b>Galhos vivos</b>			
1	0,34a	1,30a	3,14a	0,63a
2	0,36a	1,79a	3,59a	0,65a
3	0,27a	2,09a	4,58a	0,63a
4	0,26a	2,20a	2,50a	0,49a
5	0,29a	1,59a	3,16a	0,54a
	<b>Galhos secos</b>			
1	0,38a	0,35a	14,42a	0,77a
2	0,37a	0,45a	17,93a	0,77a
3	0,41a	0,82a	18,45a	0,88a
4	0,30a	0,56a	17,53a	0,94a
5	0,36a	0,99a	22,41a	0,91a
	<b>Lenho</b>			
1	0,19b	0,69ab	1,12a	0,20a
2	0,20ab	0,58b	1,14a	0,22a
3	0,19b	0,72ab	1,35a	0,22a
4	0,18b	0,69ab	0,99a	0,19a
5	0,25a	0,74a	1,19a	0,19a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 15.** Teores de nutrientes nas amostras de material vegetal da área 14 (LAd).

Tratamento	Folhas			
	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
	----- (g Kg <sup>-1</sup> )-----			
<b>1</b>	1,09a	4,26a	6,58a	2,28a
<b>2</b>	1,06a	4,41a	6,28a	2,08a
<b>3</b>	1,08a	4,65a	7,22a	2,21a
<b>4</b>	0,96a	5,40a	6,15a	1,99a
<b>5</b>	1,04a	3,37a	5,99a	2,02a
	Casca			
<b>1</b>	1,06a	2,00b	12,01a	1,49a
<b>2</b>	0,83a	1,89b	12,68a	1,54a
<b>3</b>	0,87a	2,30ab	11,42a	1,28a
<b>4</b>	0,85a	2,99a	12,76a	1,38a
<b>5</b>	0,86a	2,07b	13,68a	1,40a
	Galhos vivos			
<b>1</b>	0,52a	1,55a	3,77a	0,53a
<b>2</b>	0,43ab	1,70a	4,64a	0,50a
<b>3</b>	0,45a	2,17a	4,34a	0,45a
<b>4</b>	0,33b	2,23a	3,47a	0,42a
<b>5</b>	0,44ab	2,04a	3,37a	0,46a
	Galhos secos			
<b>1</b>	0,24a	1,87a	11,46a	0,54a
<b>2</b>	0,28a	1,71a	8,75a	0,46a
<b>3</b>	0,30a	1,88a	12,53a	0,47a
<b>4</b>	0,38a	1,26a	10,37a	0,57a
<b>5</b>	0,26a	1,96a	10,89a	0,54a
	Lenho			
<b>1</b>	0,21a	0,51c	1,06a	0,13a
<b>2</b>	0,20a	0,50c	0,91a	0,12a
<b>3</b>	0,19a	0,60ab	1,16a	0,13a
<b>4</b>	0,16a	0,65a	0,81a	0,12a
<b>5</b>	0,20a	0,54bc	0,86a	0,12a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%



**Tabela 16.** Teores de nutrientes nas amostras de material vegetal da área 95 (LUc).

Tratamento	Folhas			
	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
	----- (g Kg <sup>-1</sup> )-----			
<b>1</b>	1,05a	5,47a	6,97a	2,80a
<b>2</b>	0,94a	5,43a	6,94a	3,27a
<b>3</b>	1,06a	4,60a	6,68a	2,72a
<b>4</b>	0,95a	4,87a	6,87a	2,65a
<b>5</b>	1,05a	4,64a	7,30a	2,62a
	Casca			
<b>1</b>	1,18a	3,42b	19,06a	2,52a
<b>2</b>	0,90a	3,54b	23,60a	2,60a
<b>3</b>	1,14a	2,56ab	16,44a	2,98a
<b>4</b>	0,94a	2,43a	17,62a	2,27a
<b>5</b>	1,11a	2,40a	20,65a	2,36a
	Galhos vivos			
<b>1</b>	0,37a	2,98a	3,71a	0,49a
<b>2</b>	0,38a	3,03a	4,62a	0,51a
<b>3</b>	0,41a	2,75a	3,99a	0,59a
<b>4</b>	0,41a	2,72a	4,28a	0,51a
<b>5</b>	0,38a	2,57a	4,19a	0,49a
	Galhos secos			
<b>1</b>	0,08a	1,15a	4,80a	0,47a
<b>2</b>	0,05a	1,27a	5,63a	0,49a
<b>3</b>	0,04a	1,22a	5,15a	0,51a
<b>4</b>	0,06a	1,05a	4,11a	0,44a
<b>5</b>	0,04a	0,68a	6,45a	0,48a
	Lenho			
<b>1</b>	0,18a	0,64a	0,97a	0,15a
<b>2</b>	0,18a	0,75a	1,13a	0,20a
<b>3</b>	0,18a	0,68a	1,05a	0,17a
<b>4</b>	0,17a	0,57a	1,12a	0,16a
<b>5</b>	0,18a	0,61a	1,31a	0,17a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 17.** Teores de nutrientes nas amostras de material vegetal da área 121 (LAW).

Tratamento	Folhas			
	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
	----- (g Kg <sup>-1</sup> )-----			
1	0,95a	6,13a	8,85a	3,00a
2	0,98a	6,81a	8,73a	3,00a
3	1,07a	6,50a	9,66a	3,65a
4	1,00a	6,04a	10,72a	3,74a
5	0,95a	6,12a	10,17a	3,39a
	Casca			
1	1,06a	3,13a	36,79ab	1,51a
2	0,95a	3,26a	35,07ab	1,57a
3	0,98a	3,15a	28,35ab	1,46a
4	1,00a	2,58b	38,77a	1,71a
5	1,05a	2,65b	27,78b	1,83a
	Galhos vivos			
1	0,27a	3,05a	4,90a	0,50a
2	0,18a	3,19a	5,04a	0,49a
3	0,25a	3,08a	8,76a	0,64a
4	0,23a	3,05a	7,61a	0,61a
5	0,24a	2,46a	6,00a	0,54a
	Galhos secos			
1	0	0,55a	6,35a	0,48a
2	0	0,69a	7,66a	0,51a
3	0	0,69a	7,18a	0,45a
4	0	0,45a	7,65a	0,50a
5	0	0,56a	6,58a	0,57a
	Lenho			
1	0,20a	1,92a	0,99a	0,19a
2	0,19a	2,01a	1,05a	0,21a
3	0,17a	1,93a	1,18a	0,22a
4	0,15a	1,58a	1,12a	0,22a
5	0,23a	1,62a	1,04a	0,22a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

### 6.3. Comparação entre nutrientes no solo e estado nutricional dos plantios

Os resultados da análise foliar, quando comparados com outros estudos realizados com espécies do gênero *Eucalyptus* indicaram deficiência de fósforo e potássio em todas as áreas, no entanto as diferenças ambientais entre as áreas onde foram realizados tais estudos e a área onde se realizou o presente estudo, bem como as diferenças entre materiais genéticos podem ser responsáveis por tais diferenças.

No caso do cálcio, a análise foliar indicou que todas as áreas estudadas apresentaram teores considerados suficientes para a manutenção da cultura do eucalipto. Com relação ao magnésio, verificou-se que os solos argilosos (LUc e LAW), possuíam teores considerados adequados para a manutenção do eucalipto, enquanto os solos arenosos apresentaram níveis inferiores. Essa situação demonstrou que as melhores condições de fornecimento desses nutrientes foram encontradas nas áreas argilosas.

A análise de solo não apontou deficiência de fósforo em nenhuma das áreas estudadas. Os teores desse nutriente foram considerados elevados quando comparados com os mencionados em outros trabalhos. Com relação ao potássio, os teores encontrados ficaram abaixo dos níveis adequados para a manutenção dos plantios de eucalipto, resultado já esperado visto que este nutriente geralmente é o mais limitante para essa cultura.

No caso do cálcio, a análise de solo demonstrou que somente a área 95 (LUc) apresentou teores considerados suficientes para a cultura do eucalipto, no entanto a análise foliar não indicou deficiência desse nutriente nas demais áreas de estudo. Com relação ao magnésio, a análise de solo indicou que as áreas argilosas 95 (LUc) e 121 (LAW), apresentaram teores considerados adequados para a manutenção do eucalipto, enquanto as áreas arenosas 07 (LAd) e 14 (LAd), apresentaram teores inferiores. Resultados semelhantes foram encontrados na análise foliar.

O potássio foi o nutriente mais limitante para a cultura do eucalipto nas áreas estudadas, pois os teores determinados pelas análises de solo e foliar foram considerados deficientes. No caso do fósforo, a análise foliar indicou haver deficiência em todas as áreas, enquanto a análise de solo encontrou teores elevados desse elemento nas áreas estudadas. Com relação ao cálcio ocorreu o inverso, pois a análise foliar apontou teores considerados adequados enquanto a análise de solo indicou haver níveis de suficiência desse nutriente somente na segunda avaliação da área 95 (LUc). No caso do magnésio, as análises de solo e foliar indicaram níveis suficientes nas áreas argilosas 95 (LUc) e 121 (LAW) e deficiência desse nutriente nas áreas arenosas 07 (LAd) e 14 (LAd).

#### **6.4. Produtividade**

Pelos resultados encontrados nas duas avaliações realizadas nas áreas de estudo, foi possível verificar que a aplicação dos tratamentos 3, 4 e 5 não proporcionou aumentos significativos de produtividade quando comparados com os demais tratamentos.

Os valores médios para volume e incremento médio anual (IMA) na área 07, em condições de Latossolo Amarelo álico (Tabela 18) não foram diferentes significativamente em função do tratamento aplicado.

Silveira et al. (2001) citam como produtividade média para espécies do gênero *Eucalyptus* nas Areias Quartzosas, algo em torno de  $26 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , para plantios com idade de aproximadamente 4 anos, portanto acima do encontrado na área 07 (LAd). No entanto, é interessante ressaltar que as condições ambientais podem efetivamente proporcionar tais diferenças. O solo da área 07 apresenta textura similar às Areias Quartzosas.

Valeri et al. (1997) encontraram IMA de  $13,97 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em plantio de *Eucalyptus urophylla* de 4,33 anos estabelecido em Areias Quartzosas no município de Altinópolis-SP, evidenciando as dificuldades de produção nesse tipo de ambiente.

Os valores médios de volume e IMA na área 14, por tratamento, nas duas avaliações realizadas em condições de Latossolo Amarelo álico, encontram-se na Tabela 19. Os tratamentos não apresentaram diferenças significativas. No entanto observaram-se valores de IMA superiores em pelo menos  $8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  aos encontrados no solo de textura mais arenosa da área 07.

Silveira et al. (1997), avaliando clones híbridos de *Eucalyptus camaldulensis* x *E. urophylla* em um solo de textura argilosa e outro de textura média arenosa encontraram IMA entre os ambientes variando de  $15,97 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para o clone menos produtivo a  $30,93 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para o mais produtivo. Os resultados das duas avaliações da área 14 foram semelhantes aos dos clones mais produtivos estudados por aqueles autores, evidenciando a produtividade satisfatória dessa área.

Os valores médios para volume e IMA, em condições de Latossolo Una Concrecionário álico, textura muito argilosa, da área 95, estão apresentados na Tabela 20. Os resultados obtidos não demonstraram haver diferenças significativas entre tratamentos nas duas avaliações. Essa área apresentou resultados superiores às demais em relação às duas variáveis analisadas, demonstrando haver condições mais favoráveis para o crescimento de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em seus solos.

Na área 95 (LUc) os valores de IMA, por tratamento são superiores aos mencionados por Stape et al. (1997) que encontraram um IMA médio de  $27 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em plantios de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. Urophylla*, aos 5 anos, cultivados em Latossolos na região nordeste da Bahia. Os resultados também estão acima do valor mencionado por Silveira et al. (2001) como média de produtividade para Latossolos de textura argilosa, situada em torno de  $38,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

Moraes et al. (1997) em ensaios de introdução de espécies/procedências, encontraram IMA de  $44,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para o *Eucalyptus grandis* e  $40,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para o *Eucalyptus urophylla*, ambos aos 6,6 anos, no município de Açailândia-MA, valores próximos aos encontrados nas duas avaliações da área 95. Gomes et al. (1997) em ensaio de procedências de *Eucalyptus brassiana* no município de Almeirim-PA, obtiveram IMA de 53 e  $48 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para as duas mais produtivas, sendo esses valores próximos aos encontrados na segunda avaliação da área 95.

Os resultados da área 121, na qual predomina o Latossolo Amarelo ácrico, estão apresentados na Tabela 21. Tais resultados apresentaram-se de forma distinta às demais áreas, principalmente quanto aos valores médios de IMA. Embora não havendo diferença significativa entre os tratamentos aplicados, observaram-se acréscimos de produtividade da primeira para a segunda avaliação.

O aumento do IMA verificado na segunda avaliação pode ser resultado de um melhor estabelecimento do sistema radicular no intervalo entre as avaliações, visto que o solo da área 121, além de ter textura altamente argilosa ainda possui o caráter ácrico. Esses fatores dificultam a expansão do sistema radicular nos primeiros anos de cultivo e também não permitem o melhor aproveitamento dos nutrientes do solo, causando uma redução no desenvolvimento inicial das plantas. Com a expansão das raízes nos anos seguintes e a exploração de maior volume de solo, as plantas conseguem ter acesso aos nutrientes disponíveis e passam a ter IMA superior ao apresentado nos anos iniciais do plantio.

Apesar do aumento de produtividade apresentado por essa área na segunda avaliação, seus valores, nas duas avaliações, ficaram abaixo do descrito por Silveira et al. (2001), como produtividade média para as espécies do gênero *Eucalyptus* em Latossolos de textura argilosa, que é de  $38,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Os valores encontrados na segunda avaliação, entretanto, ficaram acima do encontrado por Stape et al. (1997) que estudando plantios de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em Latossolos no nordeste da Bahia, encontraram IMA de  $27 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

As figuras 3 e 4 apresentam os valores de IMA por tratamento para todas as áreas de estudo, respectivamente nas avaliações 1 e 2. Observando-se essas figuras é possível notar a superioridade da área 95 (LUc) em relação a todas as outras, resultado esperado em virtude das melhores características dos solos dessa área. Outra observação importante é o fato de que as áreas 14 (LAd) e 121 (LAW) apresentaram, nas duas avaliações, valores similares de IMA, apesar da área 121 possuir teores de argila muito superiores aos da área 14.

Os resultados obtidos, considerando que as avaliações foram realizadas aos 12 e 22 meses após a aplicação dos tratamentos, indicaram, indiferentemente do tipo de solo, não haver diferença significativa em função dos tratamentos aplicados. Ou seja, a princípio, a recomendação de adubação corretiva proveniente do monitoramento nutricional não proporcionou diferenças significativas em termos de produtividade para os plantios de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*.

Embora já sendo esperado, observou-se que o fator diferencial para aumento de produtividade está relacionado com o teor de argila dos solos, pois os valores médios de

volume e IMA foram sempre maiores quanto maiores foram os teores de argila entre os solos, com exceção para o solo argiloso da área 121 (LAW).

**Tabela 18.** Produtividade em plantios de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* nas duas avaliações da área 07, latossolo Amarelo álico.

TRAT.	Avaliação 1 (33,4 meses)		Avaliação 2 (42,1 meses)	
	VOLUME (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
1	57,12a	20,55a	75,09a	21,40a
2	58,05a	20,87a	80,39a	22,90a
3	51,36a	18,47a	74,20a	21,15a
4	57,16a	20,55a	80,24a	22,87a
5	51,96a	18,67a	73,82a	21,05a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 19.** Produtividade em plantios de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* nas duas avaliações da área 14, Latossolo Amarelo álico.

TRAT.	Avaliação 1 (37,4 meses)		Avaliação 2 (46 meses)	
	VOLUME (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
1	85,47a	27,47a	107,31a	28,00a
2	89,00a	28,57a	112,81a	29,42a
3	87,65a	28,15a	116,61a	30,42a
4	81,00a	26,00a	115,81a	30,20a
5	85,91a	27,60a	112,26a	29,30a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

**Tabela 20.** Produtividade em plantios de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* nas duas avaliações da área 95, Latossolo Una Concrecionário álico.

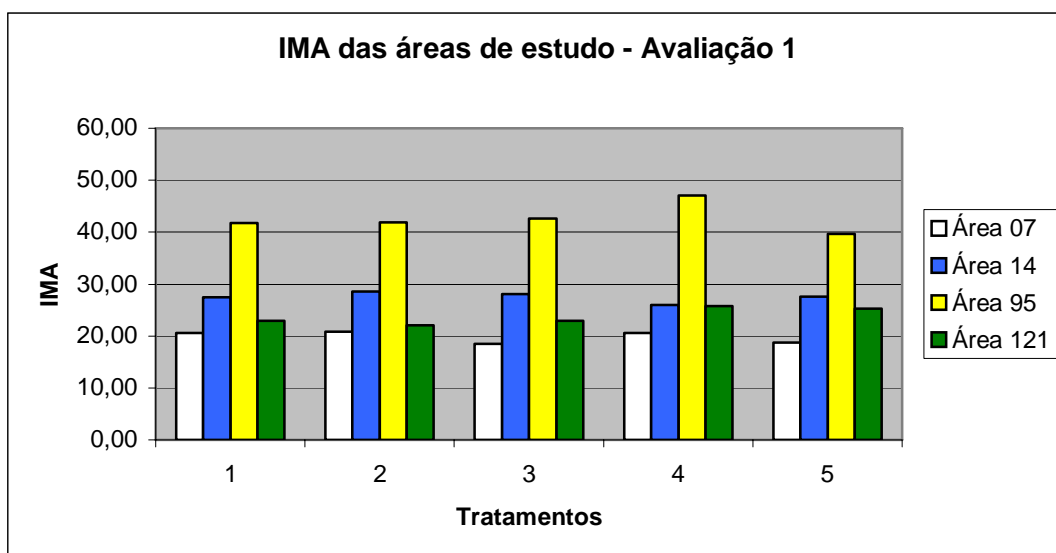
TRAT.	Avaliação 1 (38,3 meses)		Avaliação 2 (46,9 meses)	
	VOLUME (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
1	133,09a	41,75a	172,87a	44,20a
2	133,57a	41,87a	172,68a	44,17a
3	136,12a	42,67a	174,30a	44,57a
4	149,97a	47,02a	194,53a	49,80a
5	126,65a	39,72a	161,67a	41,37 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%

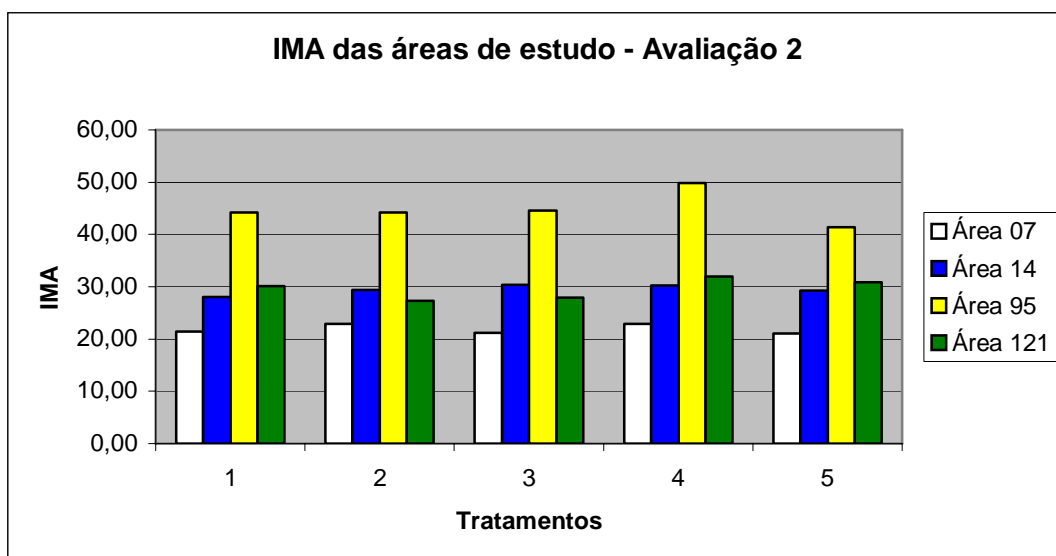
**Tabela 21.** Produtividade em plantios de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* nas duas avaliações da área 121, Latossolo Amarelo ácrico.

TRAT.	Avaliação 1 (32,2 meses)		Avaliação 2 (40,8 meses)	
	VOLUME (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
1	61,50a	22,90a	102,54a	30,17a
2	59,09a	22,00a	92,66a	27,27a
3	61,49a	22,90a	95,03a	27,95a
4	69,32a	25,80a	108,52a	31,92a
5	68,06a	25,30a	104,93a	30,90a

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística pelo Teste Tukey ao nível de 5%



**Figura 3.** IMA nos plantios das áreas de estudo, por tratamento, avaliação 1.



**Figura 4.** IMA nos plantios das áreas de estudo, por tratamento, avaliação 2.

## 7. Conclusões

- O potássio foi elemento limitante ao desenvolvimento de plantios de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em todas as áreas de estudo, pois tanto os resultados obtidos pela análise de solo quanto os obtidos pela análise foliar apresentaram valores considerados abaixo dos níveis adequados para a manutenção da cultura do eucalipto;
- O magnésio foi elemento limitante ao desenvolvimento de plantios de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* nas áreas de solo arenoso, pois tanto os resultados obtidos pela análise de solo quanto os obtidos pela análise foliar apresentaram valores considerados abaixo dos níveis adequados para a manutenção da cultura do eucalipto;
- A aplicação de fertilizantes aos 24 meses de idade, com base no programa de monitoramento nutricional, não proporcionou resposta positiva em termos de produtividade dos plantios de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*;
- Os resultados desse trabalho, embora preliminares já que o ciclo dos plantios ainda não estava completo, sugerem que novos estudos sejam realizados levando-se em consideração as possíveis causas de não ter ocorrido resposta dos plantios às adubações. A falta de resposta pode ter acontecido por: a) idade do plantio na época das aplicações de fertilizantes, b) recomendação subestimada pelo monitoramento nutricional, e c) época de realização do monitoramento que pode estar acontecendo tardiamente.



## 8. Referências bibliográficas

ALVES, J. B. et al. Análise faunística e flutuação populacional de lepidópteros associados ao eucalipto em Niquelândia, Goiás. Revista Árvore, Viçosa, MG, v.18, n. 2, p. 33 – 37, 1994.

ANDRADE, A .M. de et al. Efeitos da fertilização mineral e da correção do solo na produção e na qualidade do carvão vegetal. Revista Árvore, Viçosa, MG, v.18, n. 1, p. 63 – 68, 1994.

ARAÚJO, E. F.; SOUZA, A. J.; SILVEIRA, R. L. V. de A. Método da matriz para avaliação nutricional de clones de *Eucalyptus* na região sul da Bahia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO – FERTBIO, 3; 2000. Santa Maria. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2000.

BARROS, N. F. de; COMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: BARROS, N. F. de et al. (eds.). Tópicos em ciência do solo/publicação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 692p. p. 487-592.

\_\_\_\_\_; NOVAIS, R. F. Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in brazil. In: ATTIWILL, P. M.; ADAMS, M. A. (Eds.). Nutrition of *Eucalyptus*. CSIRO Austrália. 1996. p. 335-355.

\_\_\_\_\_; NEVES, J. C. L; NOVAIS, R. F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Eds.). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000. 427p. p. 269-286. il.

\_\_\_\_\_; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.). Relação Solo-Eucalipto. Viçosa, MG, Folha de Viçosa, 1990. p. 127-186.

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, v. 26/27, p. 17-65. 1993.

\_\_\_\_\_; SILVA, H. D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Eds.). Nutrição e Fertilização Florestal: Piracicaba: IPEF, 2000. 427p. p. 105-133. il.

BOARETTO, A. E. et al. Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F. C. da. (org.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 319p. p. 49-73.

CAIXETA, R. P. Propriedades da madeira de *Eucalyptus*: classificação e seleção de genótipos utilizando marcador molecular e análise multivariada. 2000. 89p. Dissertação (Mestrado) – UFLA, Lavras, 2000.

CHICHORRO, J. F. et al. Efeito do fertilizante na produtividade e economicidade do *Eucalyptus grandis*, no município de Martinho Campos – MG. Revista Árvore, Viçosa, MG, v.18, n. 1, p. 33 – 44, 1994.

\_\_\_\_\_ ; REZENDE, J. L. P. de; BARROS, N. F. de. Eficiência econômica da nutrição mineral na produção de biomassa de *Eucalyptus grandis*. Revista Árvore, Viçosa, MG, v.16, n. 3, p. 287 – 300, 1992.

CORRÊA, J. J. L.; JACOMINE, P. K. T.; SANTOS, R. D. Solos do Jari. Rio de Janeiro: Companhia Florestal Monte Dourado, 1989. 128p.

FARIA, G. E. de. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. 2000. 49p. Dissertação (Mestrado) – UFV, Viçosa, 2000.

FERREIRA, M. Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal. **Boletim Técnico do IPEF**, Piracicaba, v. 45. p. 22-30, 1992.

GALO, M. V. Resposta do eucalipto à aplicação de potássio em solo de cerrado. 1993. 40p. Dissertação (Mestrado) – UFV, Viçosa, 1993.

GAVA, J. L. Efeito da adubação potássica em plantios de *E. grandis* conduzidos em segunda rotação em solos com diferentes teores de potássio trocável. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 84-94, 1997.

GOMES, F. S. Interação genótipo x ambiente e eficiência nutricional de clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake na Bacia do Rio Jari – Pará. 1996. 87p. Dissertação (Mestrado) – UFV, Viçosa, 1996.

\_\_\_\_\_ et al. Comportamento de procedências de *Eucalyptus brassiana* S. T. Blake, na região do Jari-Pará. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Anais...** Colombo (PR): EMBRAPA/CNPQ, 1997. v.1. 439p. p.111-114.

\_\_\_\_\_ et al. Exportação de nutrientes por clones de *Eucalyptus urophylla*, em três unidades de solo no Vale do Rio Jari. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. **Anais...** Colombo (PR): EMBRAPA/CNPQ, 1997. v.3. 417p. p. 209-214.

HAAG, H. P.; SARRUGE, J. R.; OLIVEIRA, G. D.; POGGIANI, F.; FERREIRA, C. A. Análise foliar de cinco espécies de *Eucalyptus*. **IPEF**, n.13, p. 99-115, 1976.

HALLMARK, W. B.; WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E.; DeMOOY, C. J.; PESEK, J.; SHAO, K. P. Separating limiting from non-limiting nutrients. *Journal of Plant Nutrition*, v.10, n. 1381-1390, 1987.

HIGA, R. C. V.; MORA, A. L.; HIGA, A. R. Plantio de eucalipto na pequena propriedade rural. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 31p. (Documentos, 54).

KHANNA, P. H.; ULRICH, B. Soil characteristics influencing nutrient supply in forest soils. In: BOWEN, G. D.; NAMBIAR, E. K. S. (eds.). Nutrition of plantation forests. South African. Academic Press, 1984, p.79-117.

LANA, M. do C.; NEVES, J. C. L. Capacidade de suprimento de potássio em solos sob reflorestamento com eucalipto do estado de São Paulo. Revista Árvore, Viçosa, MG, v.18, n. 2, p.115 – 122, 1994.

LEITE, F. P.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; FABRES, A. S. Acúmulo e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* sob diferentes densidades populacionais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 22, n.3, p.419-426, 1998.

MALAVOLTA, E. Essências Florestais: Eucalipto e Pinus. In: MALVOLTA, E. **Manual de Calagem e Adubação das principais culturas**. São Paulo: Ceres, 1987. cap.10. p. 376-96.

\_\_\_\_\_; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.: il.

MARTINS, L. G. C.; VALLE, C. F.; BARROS, N. F. Efeitos da aplicação do lodo da indústria de papel e celulose sobre características do solo e sobre a biomassa de raízes de eucalipto. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Anais...** Colombo (PR): EMBRAPA/CNPF, 1997. v.3. 417p. p.169-173.

MELO, V. de F. et al. Balanço nutricional, eficiência de utilização e avaliação da fertilidade do solo em P, K, Ca e Mg em plantios de eucalipto no Rio Grande do Sul. Revista IPEF, Piracicaba, SP, n. 48/49, p. 8-17, 1995.

MIRANDA, G. M.; SILVA, M. L. da; LEITE, H. G.; MACHADO, C. C. Estimativa do custo de reposição dos nutrientes exportados pela colheita da casca da madeira em povoamentos de eucalipto. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 149 – 154, 2002.

MORAES, T. S. de A. et al. A importância da pesquisa prévia em um empreendimento de base florestal: o exemplo da CELMAR. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Anais...** Colombo (PR): EMBRAPA/CNPF, 1997. v.1. 439p. p. 50-57.

MURO-ABAD, J. I. Diversidade genética por marcadores moleculares e predição de ganhos em *Eucalyptus* spp. 2003. 98p. Tese (Doutorado) – UFV, Viçosa, 2003.

MURO-ABAD, J. I. Método de melhoramento, assistido por marcadores moleculares, visando a obtenção de híbridos de *Eucalyptus* spp. 2000. 74p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – UFV, Viçosa, 2000.

NAKAGAWA, J. et al. Envelhecimento acelerado em sementes de *Eucalyptus grandis* Hill ex maiden classificados por tamanho. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 60, p. 99 – 108, dez. 2001.

NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; NEVES, J. C. L. Interpretação de análise química do solo para o crescimento e desenvolvimento de *Eucalyptus* spp. – níveis críticos de implantação e de manutenção. Revista Árvore, Viçosa (MG), v. 10, n. 1, p. 105 – 111, 1986.

PEREIRA, J. C. D. et al. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Documentos, 38).

PIGATO, S. M. P. C.; LOPES, C. R. Avaliação da variabilidade genética em quatro gerações de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake por meio do marcador molecular RAPD. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 60, p. 119 – 133, dez. 2001.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Caracterização silvicultural, botânica e avaliação da variabilidade genética por meio do marcador molecular RAPD em um teste de progênes de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 60, p. 135-148, dez. 2001.

POMPERMAYER NETO, P.; COUTO, H. T. Z. do. Utilização de imagens de videografia aérea na detecção de deficiências nutricionais em plantios de eucalipto. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 63, p. 23-31, jun. 2003.

RAIJ. B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.

\_\_\_\_\_. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343p.

\_\_\_\_\_; QUAGGIO, J. A.. Determinação de fósforo, cálcio, magnésio e potássio extraídos com resina trocadora de íons. . In. RAIJ. B. V. et al. (eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, SP, Instituto Agrônômico, 2001. p. 189-199.

REVISTA DA MADEIRA. Espécies de eucalipto. Ed. Especial. Curitiba, PR, set. 2001, p. 16-22.

RODIGHERI, H. R.; PINTO, A. F.; OHLSON, J. C. Custo de produção, produtividade e renda do eucalipto conduzido para uso múltiplo no norte pioneiro do estado do Paraná. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 20p. (Circular Técnica, 34).

RODRIGUEZ, L. C. E.; BUENO, A. R. S.; RODRÍGUEZ, F. Rotações de eucaliptos mais longas: análise volumétrica e econômica. Scientia forestalis, Piracicaba, n. 51, p. 56 – 65, jun. 1997.

ROLLET, B. Jari: succès ou échec: un exemple de développement agro-sylvo-pastoral et industriel em Amazonie brésilienne. Revue Bois et Forêts des Tropiques, n. 192, p. 34 – 48, Juil.-Août., 1980.

RUI, O. F.; FERREIRA, M.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação da qualidade de madeira entre grupos fenotípicos de clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 60, p. 21 – 27, dez. 2001.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. de; NEVES, J. C. L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do estado de São Paulo. Scientia forestalis, Piracicaba, n. 56, p. 23 – 29, dez. 1999.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do estado de São Paulo. Revista Árvore, Viçosa (MG), v.26, n. 4, p. 447 – 457, 2002.

SANTOS, A. F. dos; AUER, C. G.; GRIGOLETTI Jr., A. Doenças do eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 20p. (Circular Técnica, 33).

SANTOS, P. E. T.; GARCIA, C. H.; MORI, E. S.; MORAES, M. L. T. Potencial para programas de melhoramento, estimativa de parâmetros genéticos, interação progênies x locais em populações de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Boletim Técnico do IPEF**, v. 43, n. 44, p. 11-19, 1990.

SCHUTS, C. J.; VILLIERS, J. M. de. Foliar diagnosis and fertilizer prescription in forestry – The DRIS System and its potential. South African Forestry Journal, n. 141, p. 6-12, 1987.

SILVA, A. S. da. Performance silvicultural de *Eucalyptus pellita* F. Muell., em diferentes espaçamentos, Barcarena – Pará. 2000. 38p. Dissertação (Mestrado) – FCAP, Belém, 2001.

SILVA, H. D.; POGGIANI, F.; COELHO, L. C. Biomassa, concentração e conteúdo de nutrientes em cinco espécies de *Eucalyptus* plantadas em solos de baixa fertilidade. Boletim Pesquisa Florestal, n. 6/7, p. 9-25. 1983.

SILVEIRA, R. L. V. de A. Efeito do potássio no crescimento, nas concentrações dos nutrientes e nas características da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden cultivadas em solução nutritiva. 2000. 169p. Tese (Doutorado – ESALQ/USP, Piracicaba, 2000.

\_\_\_\_\_ et al. Monitoramento nutricional do *Eucalyptus* na região de Capão Bonito/SP. Piracicaba: IPEF/ESALQ, 1998. 92p. (Relatório Técnico).

\_\_\_\_\_ et al. Interação entre clones de *Eucalyptus* e ambientes definidos pela qualidade de sítios e espaçamentos. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Anais...** Colombo (PR): EMBRAPA/CNPF, 1997. V.1. 439p. p.245-252.

\_\_\_\_\_; HIGASHI, E. N.; GONÇALVES, A. N.; MOREIRA, A. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: Diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: Simpósio Sobre Fertilização e Nutrição Florestal. Piracicaba, IPEF. Trabalhos. Piracicaba: IPEF/ESALQ/USP, 1999. p.79-104.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja o doutor do seu eucalipto, Arquivo do Agrônomo, Piracicaba, n. 12, mar. 2001.

SOUZA, M. A. M. de. Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus*. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. 72p. (Dissertação (Mestrado) – UFLA, 2002)

SOUZA, S. M. et al. Variabilidade genética e interação genótipo x ambiente envolvendo procedências de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell, em diferentes regiões do Brasil. Revista *Árvore*, Viçosa (MG), v. 16, n. 1, p. 1-17, 1992.

STAPE, J. L. et al. Estimativa da produtividade de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* no nordeste do estado da Bahia-Brasil em função das variabilidades pluviométrica e edáfica. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Anais...** Colombo (PR): EMBRAPA/CNPQ, 1997. v.3. 417p. p.192-198.

VALERI, S. V. Recuperação de povoamento de *Eucalyptus urophylla* com aplicações de nitrogênio, potássio e calcário dolomítico, em areias quartzosas. 1996. 133p. Tese (Livre Docência) – FCAV/ UNESP, Jaboticabal, 1996.

\_\_\_\_\_ et al. Recuperação de povoamento de *Eucalyptus urophylla* com aplicações de nitrogênio, potássio e calcário dolomítico. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 60, p. 53 – 71, dez. 2001.

\_\_\_\_\_ et al. Ganhos econômicos com aplicações de nitrogênio, potássio e calcário dolomítico em povoamentos de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Anais...** Colombo (PR): EMBRAPA/CNPQ, 1997. v.4. 242p. p.138-141.

WADT, P. G. S. Nutritional status of *Eucalyptus grandis* clones evaluated by critical level and DRIS methods. Revista *Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 15-20, jan./fev. 2004.

\_\_\_\_\_; NOVAIS, R. F. de. Influência da idade da árvore na interpretação do estado nutricional de *Eucalyptus grandis*, pelos métodos do nível crítico e do DRIS. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Anais...** Colombo (PR): EMBRAPA/CNPQ, 1997. v.3. 417p. p.262-268.

XAVIER, K. G. Divergência genética em clones de *Eucalyptus* avaliados por marcadores RAPD, e variações nas propriedades da madeira. 2001. 107p. Dissertação (Mestrado) – UFLA, Lavras, 2001.