RECUPERAÇÃO DO NITROGÊNIO DO SULFATO DE AMÔNIO (^{15}N) PELO *Eucalyptus grandis* (HILL, EX-MAIDEN), EM FUNÇÃO DO MODO DE APLICAÇÃO E DO TIPO DE SOLO.

IRAÊ AMARAL GUERRINI

Engenheiro Florestal

Orientador: Dr. EIICHI MATSUI

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Abril - 1990

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Guerrini, Iraê Amaral

G935r Recuperação do nitrogênio do sulfato de amônio (^{15}N) pelo Eucalyptus grandis (Hill, Ex-Maiden), em função do modo de aplicação e do tipo de solo. Piracicaba, 1990.

195p.

Tese - ESALQ

Bibliografia.

1. Adubação nitrogenada 2. Eucalipto - Adubação nitrogenada 3. Eucalipto - Balanço de nitrogênio 4. Nitrogênio em eucalipto - Isótopo estável 5. Nitrogênio em eucalipto - Recuperação 6. Sulfato de amônio como adubo. I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CDD 634.9734

RECUPERAÇÃO DO NITROGÊNIO DO SULFATO DE AMÔNIO (^{15}N) PELO *Eucalyptus grandis* (HILL. EX-MAIDEN), EM FUNÇÃO DO MODO DE APLICAÇÃO E DO TIPO DE SOLO.

IRAÊ AMARAL GUERRINI

Aprovada em: 06. 04. 1990

Comissão Julgadora

Dr. EIICHI MATSUI	CENA/USP
Dr. ANTONIO ENEDI BOARETTO	CENA/USP
Prof. Dr. JOÃO WALTER SIMÕES	ESALQ/USP
Prof. Dr. NAIRAM FÉLIX DE BARROS	UFV
Prof. Dr. CARLOS DUCATTI	IBB/UNESP

Dr. EIICHI MATSUI
Orientador

OFEREÇO aos meus pais,
RUBENS e MARIA ANÉSIA
e aos meus irmãos,
IVAN, ILMAR, IVAIL e ISIS,
família de valor inestimável.

DEDICO a minha amada esposa, IVANA,
pelo apoio e compreensão,
e aos meus queridos filhos,
LUCAS e VITOR.

AGRADECIMENTOS

AGRADEÇO

- a DEUS, pela saúde e inteligência, e por todas as coisa boas e ruins que me aconteceram durante o período de realização deste curso, as quais só me fizeram crescer profissional e esperitualmente;
- ao meu orientador, Dr. EIICHI MATSUI, pelo apoio e dedicação durante a realização deste trabalho;
- ao CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO, pelo precioso auxílio financeiro concedido através de bolsa de estudos;
- a CHAMPION PAPEL E CELULOSE LTDA., na pessoa do diretor florestal Engº Ftal. MANOEL DE FREITAS, pela cessão da área e apoio na instalação, manutenção e coleta dos experimentos no campo, sem os quais o projeto não poderia ter sido executado;
- ao CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA - CENA/USP, pela concessão dos laboratórios e realização das análises;
- ao DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO - F.C.A./UNESP - Botucatu, pela complementação das análises de laboratório;
- aos professores, Dr. GERALDO VITORINO DE FRANÇA e Dr. DÉCIO BARBIN, da ESALQ/USP, pelo apoio recebido durante este curso;
- aos amigos Engºs Ftais. ANTONIO SÉRGIO DINIZ, ADALBERTO PLÍNIO SILVA e BENEDITO VASTANO JR., da Champion Papel e Celulose Ltda., e Engº Ftal. GERALDO COLLI JR., atualmente na CELPAV Florestal S.A., pela participação direta ou indireta neste trabalho;

- a **EQUIPE DE PESQUISA FLORESTAL** da Champion Papel e Celulose Ltda., nas pessoas dos técnicos **JOÃO LOPES** e **CÉLIO M. DOS SANTOS**, pela eficiência e colaboração na execução deste trabalho;

- ao meu co-cunhado e amigo, **JOSÉ AURÉLIO BONASSI** (Pingin), químico da Secção de Hidrologia e Isótopos Estáveis do CENA/USP, pela coordenação das análises de laboratório e colaboração na montagem dos experimentos;

- a **CLAUDIO LUIZ GONZAGA** e **JOÃO JURANDIR IZAQUE**, técnicos do CENA/USP, pela colaboração nas análises, e a **JOSÉ LUIS BARBOSA DE SOUZA**, técnico em informática da FMVZ/UNESP - Botucatu, pela digitação deste trabalho;

- ao Dr. **ÂNGELO CATÂNEO** e a **OSANA HERRERA**, do Centro de Computação (CINAG) da UNESP - Botucatu, Fazenda Lageado, pelas sugestões e realização das análises estatísticas deste trabalho;

- aos professores, Dr. **LEONARDO THEODORO BÜLL** e **ROBERTO LYRA VILLAS BOAS**, do Departamento de Ciências do Solo - F.C.A./UNESP - Botucatu, pelas sugestões valiosas;

- ao meu irmão e amigo, Engº Agr. **IVAIL AMARAL GUERRINI**, pela colaboração na instalação dos experimentos e organização das amostras;

- ao meu irmão e amigo, Dr. **IVAN AMARAL GUERRINI**, professor do Departamento de Biofísica - I.B./UNESP - Botucatu, pelo apoio e incentivo constantes e valiosas sugestões a este trabalho;

- a **RUBENS GUERRINI**, **LAURINDO JOSÉ BONATTO**, **LAURINDO JOSÉ BONATTO JR.**, **IVANA GORETI BONATTO GUERRINI** e **ANTONIA MARIA DE OLIVEIRA**, pela colaboração na organização das amostras;

- ao Sr. **SEBASTIÃO CAMARGO PENTEADO**, do Grupo Camargo Corrêa, com o qual, um dia, me comprometi em terminar este trabalho;

Se o homem tem medo de andar, não largue a mão da mãe,
Se tem medo de cair, fique sentado,
Se tem medo de acidente, deixe o carro na garagem,
Se tem medo da escalada, permaneça no refúgio,
Se tem medo que o pára-quedas não abra, não salte,
Se tem medo da tempestade, não levante âncora,
Se tem medo de não saber construir sua casa, deixe-a no projeto,
Se tem medo de errar o caminho, fique em casa,
Se tem medo de esforço, do sacrifício e do futuro, que renuncie, pois, a viver, e que, medroso, se feche e se encolha...
Então...
Poderá talvez sobreviver, mas não será mais um homem, pois é próprio do homem poder racionalmente arriscar a vida.
Poderá fingir que ama; porém não saberá amar, porque amar é ser capaz e querer arriscar a vida pelos outros, por outro.
Poderá procriar, mas não será nem pai, nem mãe, pois ser pai ou mãe é, como o grão na terra, aceitar o risco supremo de perder a vida para que nasça a espiga.

(Michel Quoist)

SUMÁRIO

Página

RESUMO..... viii
SUMMARY..... x
1. INTRODUÇÃO..... 1
2. REVISÃO DE LITERATURA..... 3
2.1. Fatores que afetam a eficiência de absorção do nitrogênio pelas plantas..... 4
2.1.1. Localização do adubo (ou modo de aplicação).... 4
2.1.2. Época de aplicação de fertilizante..... 9
2.1.3. Tipo de fertilizante..... 17
2.1.3.1. Processos de nitrificação e mineralização..... 18
2.1.3.2. Processos de fixação e imobilização..... 23
2.1.3.3. Processos de perda do nitrogênio do solo..... 25
2.1.3.3.1. Movimento do N no perfil do solo e perdas por lixiviação... 25
2.1.3.3.2. Perdas por volatilização e denitrificação..... 33
2.1.3.3.3. Perdas por erosão e deflúvio superficial..... 36
2.1.4. Absorção preferencial dos íons amônio e nitrato 38
2.1.5. Eficiência de absorção e balanço do N..... 43
3. MATERIAL E MÉTODOS..... 52
3.1. Localização geográfica..... 52
3.2. Clima..... 52
3.3. Solos..... 55
3.4. Exploração e preparo de solo 55
3.5. Espécie, espaçamento, plantio e adubação..... 56
3.6. Tratamentos, delineamento estatístico e croqui do ensaio..... 57
3.7. Coleta do ensaio no campo..... 59

Página

3.8. Técnica do nitrogênio -15 (^{15}N)..... 60
3.9. Análise do material vegetal..... 62
3.9.1. Preparo das amostras..... 62
3.9.2. Análise do nitrogênio total na planta (NTP).... 62
3.9.3. Determinação da relação isotópica ($^{15}N/^{14}N$) na planta..... 63
3.9.4. Cálculo do nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF)..... 64
3.9.4.1. Fração de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante..... 64
3.9.4.2. Eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN)..... 65
3.9.5. Determinação dos demais elementos na planta.... 66
3.10. Análise do solo..... 66
3.10.1. Teor de N total no solo..... 66
3.10.2. Determinação da relação isotópica ($^{15}N/^{14}N$) do N no solo..... 66
3.10.3. Cálculo do nitrogênio no solo proveniente do fertilizante (NSPF)..... 67
3.10.4. Determinação dos demais elementos e análise física do solo..... 67
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 68
4.1. Análise de solo..... 68
4.1.1. Análise química do solo..... 68
4.1.2. Análise física do solo..... 72
4.1.3. Nitrogênio no solo..... 73
4.2. Análise de crescimento..... 75
4.3. Produção de matéria seca e teor de nutrientes na planta..... 79
4.4. Nitrogênio na planta..... 91
4.4.1. Teor de N na planta..... 91
4.4.2. Quantidade de N total absorvida pela planta (QNTP)..... 103

Página

4.4.3. Nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF)..... 112
4.4.4. Eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN)..... 138
5. CONCLUSÕES..... 149
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 151
7. APÊNDICE..... 176

RECUPERAÇÃO DO NITROGÊNIO DO SULFATO DE AMÔNIO (^{15}N) PELO *Eucalyptus grandis* (HILL. EX-MAIDEN), EM FUNÇÃO DO MODO DE APLICAÇÃO E DO TIPO DE SOLO.

Autor: IRAÊ AMARAL GUERRINI

Orientador: Dr. EIICHI MATSUI

RESUMO

Com o objetivo de quantificar o aproveitamento do nitrogênio proveniente do fertilizante pelo *E.grandis*, aplicou-se 150 g/planta da formulação 10-20-10 contendo sulfato de amônio marcado com ^{15}N-empobrecido (0,065 %At.^{15}N). O adubo foi aplicado de duas maneiras diferentes, sendo uma no sulco de plantio e a outra nos dois lados da planta, existindo também um tratamento testemunha (sem adubo), os quais foram implantados em Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa e em Areia Quartzosa distrófica.

Aos 6 meses de idade, as plantas foram colhidas e avaliadas em termos de crescimento, produção de matéria seca, absorção de nitrogênio total e do proveniente do fertilizante, acumulados pelos diferentes órgãos (folhas, galhos, tronco e raiz) subdivididos em três partes (ponta, meio e base).

As principais conclusões obtidas foram: a) o modo de aplicação do fertilizante influenciou muito pouco o desenvolvimento do *E.grandis*, até aos 6 meses de idade; b) a distribuição de matéria seca, nitrogênio total e nitrogênio na planta proveniente do fertilizante, nos diferentes órgãos do *E.grandis*, apresentou a seguinte sequência: folhas> galhos> tronco> raiz; c) a concentração de nitrogênio nas folhas das plantas cultivadas no LVA foi, em média, superior (p=0,01) às

das plantas cultivadas na AQ; d) a adubação promoveu um aumento na quantidade de N-total absorvida pelas plantas nos dois tipos de solo, sendo maior na AQ; e) não foi detectado nitrogênio proveniente do fertilizante no solo, sugerindo-se que a quantidade que não foi absorvida pelas plantas tenha se perdido por lixiviação; f) o *E.grandis* apresentou uma baixa recuperação do fertilizante nitrogenado, sendo de 18,97% e 11,42% para adubação nos dois lados da planta e de 15,33% e 7,95% para a adubação no sulco de plantio, no LVA e AQ, respectivamente; g) o método de aplicação que promoveu uma melhor recuperação do fertilizante nitrogenado foi a adubação nos dois lados da planta, para os dois tipos de solo; h) de acordo com os resultados, a quantidade de N a ser aplicada no plantio deve ser bem menor do que a utilizada neste experimento, devendo-se dividir em pelo menos duas aplicações iniciais. Novas adubações deverão ser realizadas em épocas posteriores; i) os resultados obtidos sugerem mudanças na época, dose, forma e localização do fertilizante nitrogenado, e/ou a utilização de novas técnicas de manejo como é o caso da aplicação de matéria orgânica, que permitam que o eucalipto faça um melhor uso do nitrogênio aplicado.

INFLUENCE OF WAY OF APPLICATION AND TYPE OF SOIL ON THE RECOVERY OF NITROGEN FROM AMMONIUM SULPHATE (^{15}N) BY *Eucalyptus grandis* (HILL. EX-MAIDEN)

Author: IRAÊ AMARAL GUERRINI

Adviser: EIICHI MATSUI

SUMMARY

Aiming to measure the nitrogen from fertilizer recovered by *Eucalyptus grandis*, it was applied in an experimental plot 150 g/plant of the formulation 10-20-10 containing ammonium sulphate labelled with ^{15}N-depleted (0.065 %At.^{15}N). The applications were made by two different ways: in the first, the labelled ammonium sulphate was placed in the furrow and in the second it was placed at both sides of the plant. On the other hand, in a control plot no fertilizer was applied. The experiment was conducted in two different types of soil:in a Red-Yellow Latosol - an oxisol (LVA) and in a Quartzpsamment (AQ).

After six months, the plants were harvested and the roots excaveted. At this time, tree heights were measured, dry matter determined and tissue samples (leaves, branches, trunk and root) collected for total and labelled-N determination. In order to make sampling easier, the plants were divided in three parts: top, middle and base.

Results that should be pointed out are the following: a) placement of the fertilizer had little influence on the growth of *E.grandis* for the first six months after planting; b) the distribution of dry matter, total N and N from fertilizer in the plants followed the sequence: leaves> branchs> trunk> root; c) the concentration of N on the leaves of plants grown

in the "LVA" was, in average, higher ($p=0.01$) than those plants grown in the "AQ"; d) fertilizer application promoted an increase in the quantity of total N uptaken by plants in the two types of soils, being higher in the "AQ" soil; e) it was not detected any quantity of N from the labelled fertilizer in the soil, what suggests the leaching of fertilizer not taken up by plants; f) *E.grandis* presented low efficiency of N uptake from the fertilizer: 18.97% and 11.42% were taken up when the fertilizer was applied at both sides of plant and 15,33% and 7,95% taken up from application in the furrow, for "LVA" and "AQ" soils respectively; g) fertilizer when applied at both sides of the plants was absorbed in higher quantities than that applied in the furrow; h) according to the results, the quantity of N-fertilizer to be employed in the planting should be considerably less than utilized here and also divided in two initial applications. Further fertilizations should be done later; i) results abtained suggest that either the time, quantity, form and placement of N-fertilizer application should be changed or new management techniques, like the application of organic matter, should be utilized, in order to allow a more efficient utilization of the fertilizer by the plants.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos as empresas florestais têm enfrentado um problema sério de falta de madeira no mercado, principalmente no Estado de São Paulo, o que provocou um aumento muito grande no preço dessa matéria-prima, desestabilizando o abastecimento industrial das mesmas.

Para resolver esse problema da maneira mais racional e econômica possível, as empresas têm investido na área de pesquisa florestal visando aumentar a produtividade dos plantios próprios, através da utilização de sementes melhoradas, preparo de solo e adubações mais adequadas, etc.

No caso específico da adubação do eucalipto tem-se notado, entre outras coisas, uma necessidade muito grande em se saber qual a melhor fórmula, dosagem, época e forma do adubo a ser aplicado em cada tipo de solo para que a planta se desenvolva normalmente atingindo a sua produção máxima.

Com a utilização da técnica de ^{15}N (nitrogênio marcado, estável) pode-se obter informações muito interessantes quanto ao fertilizante nitrogenado aplicado ao solo como, por exemplo, a quantidade perdida (através do escoamento superficial, lixiviação, etc.), a quantidade que permaneceu no solo, a quantidade absorvida pela planta (eficiência de utilização pela planta) e a sua distribuição nos diversos órgãos da mesma, em função do tipo de solo, forma de aplicação, etc. Esse tipo de estudo é chamado de balanço do nitrogênio no sistema solo-planta de uma cultura e, neste trabalho, foi utilizado para o eucalipto com o objetivo de tentar responder algumas questões ainda não solucionadas sobre as respostas dessa cultura à adubação nitrogenada e,

conseqüentemente, proporcionar economia para as empresas florestais em termos de investimentos com adubo através de sua utilização mais racional.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O nitrogênio é um elemento extremamente móvel na natureza e inúmeros processos químicos, físicos e biológicos estão envolvidos na sua movimentação entre os vários sistemas existentes.

No solo, o nitrogênio se apresenta de forma bastante instável, podendo sofrer uma série de reações que levam à sua perda, seja por lixiviação, percolação superficial, volatilização ou denitrificação. Para se estimar essas perdas é necessário realizar o balanço desse elemento no sistema solo-planta-atmosfera, de modo a possibilitar uma maior eficiência de absorção do nitrogênio pelas culturas, além de fornecer subsídios para recomendações de adubação mais adequadas. Para a cultura do eucalipto esse tipo de pesquisa ainda não foi realizada, sendo de fundamental importância para o aumento da sua produtividade e redução de custos com adubo.

A recuperação, pelas plantas, do nitrogênio fornecido através da adubação, depende da habilidade de cada cultura em remover o nitrogênio da solução do solo em um curto espaço de tempo (AYOUB, 1986). Quanto menor a habilidade, menor é o aproveitamento pelas plantas e, consequentemente, maior é a perda. Entretanto, não é apenas esse fator que influencia nesse processo. A recuperação do nitrogênio pelas plantas também é afetada pela composição do adubo (forma do elemento e presença de outros nutrientes), forma, localização e época de aplicação, dosagens aplicadas, tipo e condições do solo (textura, umidade, aeração, pH, etc), condições climáticas (índice pluviométrico e temperatura) e tipo de cultura (espécies, variedades, tipo de sistema radicular, eficiência

metabólica, etc).

Alguns desses fatores, considerados de maior facilidade de interferência e com possibilidade de fornecer resultados mais imediatos, serão discutidos a seguir.

2.1. Fatores que afetam a eficiência de absorção do nitrogênio pelas plantas.

2.1.1. Localização do adubo (ou modo de aplicação)

A localização dos fertilizantes no solo em relação ao sistema radicular é um dos parâmetros mais importantes para se avaliar a eficiência de absorção dos nutrientes pelas plantas. Se as formas empregadas forem solúveis, é importante que o sistema radicular esteja próximo ao fertilizante para absorvê-lo antes de sua perda por lixiviação ou qualquer outro processo (BALLONI, 1978; LOPES & GUILHERME, 1989 e ALCARDE *et alii*, 1989). Entretanto, a localização muito próxima do fertilizante em relação ao sistema radicular pode causar danos ao último e até a morte das mudas, devido às alterações da pressão osmótica próxima às raízes provocadas pelo excesso de concentração salina (principalmente pelos fertilizantes amoniacais), situação que pode se complicar se após o plantio houver um período de estiagem (MELLO *et alii*, 1961; CROMER, 1971; SCHUTZ, 1976; BARROS, 1982; SHONAU, 1983 e KIEHL, 1987).

No caso de essências florestais, a importância da localização do fertilizante, à primeira vista, deveria ser menor já que as espécies permanecem por um longo período no solo e possuem um sistema radicular bastante desenvolvido. Entretanto, se considerarmos as florestas homogêneas de rápido crescimento, o modo de se colocar o fertilizante no solo assume uma importância muito grande, pois sua pronta disponibilidade para as plantas faz com que as mesmas

apresentem um rápido desenvolvimento inicial, promovendo uma diminuição dos tratos culturais (BALLONI, 1978).

O conhecimento da distribuição do sistema radicular, em profundidade e lateralmente, e da época em que isso ocorre, determina o local onde o N deve ser aplicado como adubo. (MALAVOLTA & NEPTUNE, 1983).

Além disso, de acordo com BARTHOLOMEW (1971), as diferentes zonas das raízes também parecem não ter a mesma capacidade para absorver o N, ocorrendo diferenças na densidade do sistema radicular e na capacidade de absorção.

O volume de raízes no solo, segundo MALAVOLTA (1981), não necessita ser muito grande desde que as mesmas possam absorver o N rapidamente por unidade de superfície radicular. Para aumentar a eficiência de absorção do nitrogênio deve-se ter plantas com raízes que tenham alta capacidade para fazê-lo e que assim reduzam a concentração do elemento em solução a baixos níveis. Para esse autor, raízes abundantes ajudariam na eficiência; entretanto, não seriam tão necessárias, pois o N entra em contato com a raiz principalmente por fluxo de massa, sendo a distribuição do sistema radicular menos importante do ponto de vista de absorção desse elemento do que nos casos do P e do K, que se movimentam no solo principalmente por difusão. Por outro lado, como o nitrato não é praticamente retido pela cargas do solo, pode ser perdido por lixiviação, sendo necessário, portanto, a presença de um sistema radicular suficientemente desenvolvido para que se estabeleça o contato do elemento contido na solução do solo e as raízes, quando a mesma cresce em resposta ao gradiente de umidade criado pela transpiração. Esse maior desenvolvimento das raízes torna-se ainda mais importante para o eucalipto pelo fato dessa espécie, segundo VALE *et alii* (1982) e LOCATELLI *et alii* (1984a), apresentar maior eficiência de absorção do íon amônio em relação ao nitrato.

A localização do adubo e o seu modo de aplicação no campo

têm sido razoavelmente estudados para a cultura do eucalipto. Entretanto, apesar de diversos experimentos de campo terem sido montados tanto por pesquisadores das universidades, como das empresas florestais, não se chegou a nenhuma conclusão sobre qual o melhor método de aplicação, pois os resultados são contraditórios.

Um dos primeiros trabalhos realizados no Brasil sobre modo de aplicação de adubo em plantios de eucalipto foi conduzido por BRASIL SOBRINHO *et alii* (1963), os quais, utilizando *Eucalyptus saligna*, obtiveram que os melhores tratamentos foram (1) adubação total na cova, (2) plantio e adubação no mesmo sulco e (3) adubação na cova usando-se a metade da quantidade de nitrogênio e potássio, sendo o restante aplicado 60 dias após o plantio. Definiram, porém, que o melhor método é a aplicação no sulco de plantio devido à facilidade de execução.

MAGALHÃES NETO (1980) analisou a influência da localização do fertilizante em *E.grandis*. As melhores localizações obtidas, em ordem decrescente, foram: adubação em sulco na ocasião do plantio, plantio no sulco e adubação em cobertura ao longo do sulco, e adubação na cova na ocasião do plantio. GONÇALVES & DINIZ (1981a) também obtiveram que, para *E.saligna* aos 54 meses de idade, a melhor resposta foi promovida pelo tratamento em que se adubou no fundo do sulco de plantio, proporcionando um ganho de 53,6% em relação à testemunha. SIMÕES & SPINA-FRANÇA (1983) não obtiveram diferenças significativas, para *E.grandis* e *E.saligna*, quando a adubação foi realizada no sulco de plantio ou aplicando o adubo incorporado na entre-linha 3 meses após o plantio.

Estudos citados por MALAVOLTA *et alii* (1974), em solos arenosos de cerrado e em áreas de boa topografia, demonstram que a aplicação de adubo no sulco de plantio é vantajosa não só na sua execução como no efeito provocado. Segundo os autores, se a aplicação for realizada em linha interrompida,

só recebendo adubo o comprimento do sulco equivalente à metade do espaçamento entre plantas, é possível diminuir a dosagem pela metade. Entretanto, para evitar perdas por lixiviação em solos muito arenosos, LOPES & GUILHERME (1989) sugerem a distribuição dos fertilizantes solúveis em faixas estreitas ao invés de sulcos.

Em trabalhos realizados com *E.grandis*, GARLIPP & BALLONI (1980) obtiveram que, aos 7 meses de idade, a aplicação na cova de plantio com 30 cm de profundidade foi o melhor tratamento, quando comparado com aplicação em cova de 20 cm ou em cova lateral. Resultados semelhantes foram obtidos na empresa Ferro Brasileiro S.A., citada por GUERRINI (1984), em trabalhos sobre dose e tamanho de cova de plantio em povoamentos de eucalipto. O mesmo autor cita que na empresa Florestamento Integrado S.A. (Florin), em estudos com diversos métodos de aplicação de fertilizantes em plantios de *E.grandis* em áreas de topografia acidentada, obteve-se que o melhor tratamento foi aquele em que se aplicou todo o fertilizante no fundo da cova de plantio.

SHÖNAU (1983) recomenda que, para *E.grandis* e outras espécies, o fertilizante deve ser aplicado em coroa ou num ponto a pelo menos 30 cm da planta e levemente recoberto com solo para prevenir dispersões pela chuva e vento. Quando o teor de argila do solo for muito baixo, o autor recomenda evitar aplicações concentradas de fertilizantes com altos teores de N.

Estudos sobre a localização de fertilizantes nitrogenados marcados com ^{15}N em essências florestais não foram encontrados na literatura. Entretanto, diversos autores utilizando culturas anuais obtiveram resultados que podem ser considerados de uso geral. Assim, trabalhando com arroz, DATTA & VENKATESWARLU (1968), NAGARAJAH & AL-ABBAS (1967) e VELLY (1967), obtiveram que a eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado foi maior quando se aplicou a uma profundidade de 5 cm, em relação à aplicação na superfície

do solo. BROESHART & FRIED (1965) citam que resultados de diversos experimentos de campo com ^{15}N, em mais de doze países, indicam que o nitrogênio na forma de sulfato de amônio é absorvido mais eficientemente quando aplicado no solo a uma profundidade de 5-10 cm.

LOPES & GUILHERME (1989) também sugerem uma aplicação a 5 cm de profundidade tanto por ocasião do plantio como no caso das coberturas, sendo de fundamental importância para evitar as perdas por volatilização. Quando isso não for possível, as perdas de amônia podem ser diminuídas misturando-se o fertilizante com a camada superficial do solo.

Por outro lado, resultados de observações de campo numa região do Mediterrâneo e experimentos de laboratório usando ^{15}N, realizados por GADET *et alii* (1961) e GADET *et alii* (1962), mostraram a ocorrência de um acúmulo de nitrato na camada de 0 a 5 cm do solo durante o verão, o qual estaria associado com a migração do nitrato das camadas mais profundas, especialmente entre 5 e 15 cm, devido às forças de capilaridade provocadas pela perda de água da superfície do solo nos meses mais quentes do ano, fenômeno também citado por KIEHL (1987). Os autores sugerem que o fertilizante nitrogenado deve ser aplicado no solo a profundidades maiores que 15 cm para evitar o consequente empobrecimento da zona radicular em nitrato e produzir um efeito máximo no crescimento das plantas onde o clima é muito quente e períodos secos podem ocorrer na época em que as plantas possuem alta necessidade de N. Recomendações semelhantes, ou seja, incorporação do adubo de 15 a 20 cm de profundidade em locais de ocorrência de veranicos, foram feitas por LOPES & GUILHERME (1989) como prática para aumentar a eficiência do fertilizante nitrogenado.

CALVERT & PESEK (1964) salientam a importância de se saber até que profundidade o nitrogênio pode lixiviar e ainda ser absorvido pelas culturas. Esses autores, trabalhando com

nitrato marcado em plantas de milho, obtiveram que, inicialmente, o nitrato foi mais removido das camadas superficiais do solo. Entretanto, durante o período de crescimento, maior quantidade foi absorvida das camadas mais profundas. Esse aumento de absorção de nitrogênio nas camadas mais profundas significa que as raízes de milho são muito ativas durante a última parte do período de crescimento, especialmente nessas camadas de solo.

Diversos autores demonstraram a influência da localização do fertilizante nitrogenado sobre a eficiência de absorção de N pelas plantas, através do adubo marcado com ^{15}N. Por exemplo, CHO *et alii* (1964), CHO *et alii* (1967) e KAINDL & HAUNOLD (1965) utilizando plantas de milho, BROADBENT & MIKKELSEN (1968) utilizando plantas de arroz, e BOARETTO (1974) utilizando plantas de trigo evidenciaram a importância dessa técnica em estudos de localização de adubo.

A literatura é vasta quando trata da localização de adubo no solo em culturas anuais. Entretanto, em essências florestais, os poucos trabalhos existentes não definem a sua melhor localização, que varia de espécie para espécie, principalmente em função do tipo de sistema radicular.

2.1.2. Época de aplicação de fertilizante

O termo época deve se referir não somente ao período do ano em que a fertilização é mais adequada, mas também ao estágio de desenvolvimento das plantas que propicia um maior aproveitamento dos fertilizantes (BALLONI, 1978).

A época de aplicação do fertilizante nas espécies florestais tem uma relação direta com as propriedades do solo, propriedades do fertilizante, objetivos do manejo florestal e condições climáticas. Portanto, teoricamente, os diferentes nutrientes deveriam ser aplicados em diferentes épocas. Por exemplo, como o fósforo é perdido em pequenas quantidades no

ecossistema, deveria ser aplicado no início da rotação, e o nitrogênio parcelado em duas ou três vezes durante toda a rotação (Brendemuehl[1], Davis *et alii*[2] e Beaton[3], citados por BALLONI, 1978; MALAVOLTA & NEPTUNE, 1983).

Entretanto, há um consenso geral de que o eucalipto não responde à adubação após o plantio estabelecido. Diversos autores obtiveram respostas positivas quando a adubação foi realizada no plantio ou num período variando de 20 dias até 3 a 4 meses após o plantio (BRASIL SOBRINHO, 1963; DICKS *et alii*, 1965; McINTYRE & PRIOR, 1974; SHONAU & PENNEFATHER, 1975; BARDHAN ROY, 1976; SHONAU, 1977; BARROS, 1982; Mohr *et alii*[4] e Mohr *et alii*[5], citados por SHONAU, 1983; GUERRINI, 1984; BARROS *et alii*, 1986a). BARDHAN ROY (1976) sugere que a melhor época de aplicação do adubo é 3 a 4 semanas após o plantio, quando as raízes das mudas já se desenvolveram o suficiente para utilizar o nutriente contido no fertilizante. Segundo BARROS (1982), a adubação no plantio acelera o fechamento das copas e reduz o custo com tratos culturais, mas em solos onde o processo de lixiviação é intenso, a aplicação

---

1-BRENDEMUEHL, R.H. The phosphosrus placement problem in forest fertilization. In: THIRD NORTH AMERICA FOREST SOIL CONFERENCE, Corvallis, 1970. *Proceedings*. Corvallis, Oregon State University Press, 1970. p. 43-50.

2-DAVIS, W.H.; WEETMAN, G.F.; KNOWLES, R. Effectiveners of nitrogen fertilizers and mulch for the amelioration of severe planting sites. In: THIRD NORTH AMERICA FOREST SOILS CONFERENCE, Corvallis, 1970. *Proceedings*. Corvallis, Oregon State University Press, 1970. p. 65-72.

3-BEATON, J.D. Fertilizer methods and applications of foresty practice. In: FOREST FERTILIZATIONS SYMPOSIUM, 1973, *Proceedings*. US.Dep. Agr. Forest Service General Tech, 1973. 3:55-71.

4-MOHR, P.J.; KIRK, R.D.; MULLINS, A.J.; COLE, J.A.; DICKS, H.M. Unpublished Research Report IV - Timber Trials 1966/67. Fisons Mark Dep.. 1968.

5-MOHR, P.J.; KIRK, R.D.; MULLINS, A.J.; COLE, J.A.; RANWELL, J.F. Unpublished Research Report XI - Timber Trials 1968-1969. Fisons Mark Dep.. 1969.

de nitrogênio deve ser retardada de 40 a 60 dias até que o sistema radicular das mudas esteja bem desenvolvido, evitando também uma redução na sobrevivência devido ao excesso de sais nas raízes, caso ocorra uma estiagem após o plantio.

Por outro lado, a adubação normalmente utilizada em plantios de eucalipto, cerca de 150 g/planta na formulação aproximada de 10-28-06, não é suficiente para manter um bom crescimento na maioria dos solos sob reflorestamento, o que leva a não manutenção da taxa de crescimento das plantas decorridos três ou quatro anos após o plantio, atingindo níveis comparáveis à testemunha. Segundo BARROS *et alii* (1986a), esse fato é muito comum em plantios de eucalipto na região de cerrado. Resultados semelhantes foram obtidos por DONALD & SCHUTZ (1977). As respostas iniciais à adubação também desapareceram aos 2 anos de idade para BRAGA & ROCHA (1979) e aos 18 meses de idade para BRANDI *et alii* (1971), os quais estudaram 6 espécies de eucalipto.

Entretanto, diversos experimentos desenvolvido na África do Sul, e citados por SHONAU (1983), demonstram que as respostas iniciais do eucalipto em relação à adubação realizada no plantio são mantidas até o final da rotação. BALLONI (1978) observou uma sensível diminuição nos efeitos dos fertilizantes para *E.saligna* com 19 meses de idade na região de Salto - SP, somente permanecendo significativas as diferenças alcançadas nos estágios iniciais. Os mesmos resultados foram obtidos por SHONAU (1977) utilizando *E.grandis*.

Diversos autores têm procurado descobrir as causas dessa não manutenção da taxa de crescimento das plantas. Assim, segundo BARROS (1982), é provável que a maior parte do N e do K do adubo seja perdida por lixiviação antes que o sistema radicular se desenvolva a ponto de, eficientemente, absorver esses elementos. Para DONALD & SCHUTZ (1977), esse problema é devido a uma competição interna dentro do povoamento. HERBERT

et alii (1982) sugerem que a manutenção das respostas à fertilização é dependente da escolha correta e da taxa de aplicação da mistura fertilizante, sendo diferentes para áreas com e sem calagem. Em experimentos de campo, SHÖNAU (1983) afirma que a falta de resposta é devido à utilização de delineamentos estatísticos não satisfatórios e ao número insuficiente de repetições.

Uma outra razão sugerida para esse fato, segundo DICKS *et alii* (1965), é a aplicação do fertilizante antes do plantio e a mistura com o solo, levando a uma menor resposta devido à fixação do fósforo. Para BARROS *et alii* (1986a), essa redução periódica no incremento em altura das plantas parece ser devido à aplicação localizada do fertilizante, principalmente o fosfato, na cova de plantio. Segundo os autores, nos dois primeiros anos o sistema radicular ainda seria capaz de absorver o adubo aplicado. Porém, com o aumento da idade, ele explora zonas do solo nas quais não há adubo. Desse modo, as condições das plantas adubadas e não adubadas são as mesmas e as taxas de crescimento nessas idades tendem a igualar-se.

Para as condições da Austrália, diversos experimentos de campo também têm colocado em dúvida a validade da fertilização com nitrogênio em *Pinus radiata* nos primeiros anos após o plantio, em solos arenosos (NAMBIAR & CELLIER, 1985). As principais causas dessa falta de resposta seriam devido às altas quantidades de N que são mineralizadas após o preparo de solo provocando perdas (THEODOROU & BOWEN, 1983), à rápida lixiviação do N dos fertilizantes (Nambiar & Woods[6], citados por NAMBIAR & BOWEN, 1986), situação complicada ainda mais pelo pequeno desenvolvimento do sistema radicular, limitando a absorção do N do solo (NAMBIAR, 1983).

A solução desses problemas, segundo BARROS (1982), seria

6-NAMBIAR, E.K.S. & WOODS, R.V. Nitrogen cycle and supply to radiata pine on sandy soils. In: WORK SHOP ON DYNAMIC ASPECTS OF NITROGEN CYCLING IN AUSTRALIAN ECOSYSTEMS, Aspendale, Victoria, Austrália, 1979 (Não publicado).

o parcelamento da adubação ou readubação.

Entretanto, alguns pesquisadores não conseguiram obter respostas a esse procedimento. Assim, SIMÕES & SPINA-FRANÇA (1983) estudando o parcelamento da adubação em *E.grandis* e *E.saligna* não obtiveram diferenças significativas quando a adubação fundamental foi parcelada aos 3 e 6 meses após o plantio. Resultados semelhantes foram obtidos por SHÖNAU & PENNEFATHER (1975), sugerindo que adubações após os 6 meses de idade não são efetivas. SHÖNAU (1981) concluiu que aplicações de fertilizantes em idades acima de 6 meses não são práticas, baseado em análises foliares realizadas durante o período de 6 a 12 meses de idade, indicando que o eucalipto dificilmente responde à adubação nesse estágio de crescimento.

Segundo BARROS (1982), se o solo é pobre em relação às exigências nutricionais da cultura, a mesma deve responder à aplicação de fertilizante. Contudo, as fertilizações em cobertura devem ser realizadas antes que as árvores entrem em declínio significativo de desenvolvimento (Beaton[3], citado por BALLONI, 1978), revelando a importância do momento ideal para realizar a adubação.

Uma das melhores maneiras de se determinar essa época ideal é estudar a marcha de absorção dos nutrientes pela cultura, uma vez que a extração dos elementos do solo não se dá de modo constante durante todo o seu ciclo. Segundo MALAVOLTA (1981), a cronologia das exigências minerais das culturas é uma característica que tem que ser considerada para se fazer uma adubação adequada em relação ao tempo ou época, pois o fertilizante tem que ser aplicado no momento certo para garantir a maior absorção do mesmo.

Portanto, conhecendo-se a marcha de absorção do nitrogênio, pode-se determinar a época mais apropriada de aplicá-lo ao solo, seja no plantio ou depois, de maneira a satisfazer as necessidades da planta. Na prática, isso significa que o adubo nitrogenado deve ser aplicado parte no

plantio e o restante distribuído em cobertura, uma ou mais vezes, nos períodos de maior exigência indicados pelas curvas que descrevem a marcha de absorção do elemento. BELLOTE *et alii* (1980), realizando esse tipo de estudo para *E.grandis* plantado em um Latossol Vermelho-Amarelo barro-arenoso na região de Mogi Guaçu - SP, obtiveram que essa espécie acumula, até aos 3 anos de idade, cerca de 26,2% do total absorvido até o final da rotação (7 anos), indicando, portanto, uma menor exigência de nitrogênio durante os primeiros anos de crescimento. Em trabalhos semelhantes realizados com a mesma espécie, PEREIRA *et alii* (1984), na região de Três Marias - MG, obtiveram um acúmulo, até aos 3 anos de idade, de 35% do N total absorvido pelas plantas, enquanto que REIS *et alii* (1987) obtiveram 39% na região de Bom Despacho - MG.

Segundo LOPES & GUILHERME (1989), o parcelamento deve ser feito de acordo com as necessidades da cultura e em função das características do solo e do clima, indicando ser uma das práticas de manejo mais recomendadas para aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados. De acordo com esses autores, deve-se usar um maior número de parcelamentos nas seguintes condições:utilização de altas doses de nitrogênio (120-150 kg/ha), solos de textura arenosa e/ou solos argilosos com baixa CTC, áreas sujeitas a chuva de alta intensidade e utilização de plantas perenes ou culturas anuais de ciclo longo.

GUERRINI (1984), baseado em dados de campo, sugere que em áreas de plantios de eucalipto, principalmente em solos muito arenosos (LVA fase arenosa e AQ), além da adubação de plantio, seja feita uma readubação com N e K aos dois anos de idade, uma vez que esses elementos são facilmente lixiviados. BARROS (1982) informa que ganhos significativos podem ser obtidos pela adubação de povoamentos com 1 a 2 anos de idade em alguns solos de cerrado.

Quanto à melhor época do ano para realizar a fertilização

florestal, Beaton[3], citado por BALLONI (1978), sugere que, para regiões temperadas, o adubo seja aplicado 3 a 4 semanas antes do período de crescimento. Para as regiões tropicais, Savory[7], citado por BALLONI (1978), afirma que o melhor período seria no final da estação chuvosa, de modo que o fertilizante receba alguma chuva, reduzindo as perdas por fixação e lixiviação dos adubos solúveis, sendo que os levemente solúveis podem ser aplicados em qualquer época do ano.

Para os solos podzolizados arenosos existentes no sudeste da Austrália, muito pobres em N total e empobrecidos ainda mais pelos constantes cortes e práticas de preparo do solo, Woods[8] e Boardman & Simpsom[9], citados por NAMBIAR & BOWEN (1986), sugerem um regime de manejo intensivo, combinando o controle de ervas daninhas com adições periódicas de fertilizantes para corrigir o problema do declínio de produção em plantações sucessivas de *Pinus radiata*. Woods[10], citado por NAMBIAR & BOWEN (1986), sugere que 310 kg N/ha sejam aplicados nessa espécie de forma parcelada em 5 a 7 aplicações, desde o período de plantio até 5 anos de idade.

GONÇALVES & DINIZ (1981a) estudaram o efeito do parcelamento da adubação em *E.saligna* aos 5 anos de idade, obtendo que o melhor tratamento foi aquele em que se aplicou

---

7-SAVORY, B.M. Boron deficiency in *Eucalyptus* in Northern Rhodesia. *Emp. For. Rev., 41* (2): 118-126, 1962.

8 -WOODS, R.V. Early silviculture for upgrading productivity on marginal *Pinus radiata* sites in the south-eastern regions of South Australia. Woods and Forest Dept. S. Aust., Boletim nº 24. 90p. 1976.

9 -BOARDMAN, R. & SIMPSON, J.A. Fertilizations to optimize productivity. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP, Canberra, 1981. *Proceedings*. Melbourne, CSIRO, 1981. p. 303-317.

10-WOODS, R.V. Managemente of nitrogen in the *P.radiata* plantations of the south east of South Australia. In: RUMMERY, R.A. & HINGSTON, F.J., ed. *Managing nitrogen economies of natural and man made forest ecosystems*. Perth, CSIRO, 1980. p. 354-367.

150 g/planta da fórmula 10-34-06 no plantio e coberturas com 50 g/planta da mesma fórmula nos 2º e 4º anos. Os mesmos autores (GONÇALVES & DINIZ, 1981b), num ensaio semelhante ao anterior, e utilizando a mesma espécie, na região de Brotas-SP, obtiveram que os dois melhores tratamentos foram referentes à aplicação total do adubo no plantio (300 g/planta da fórmula 10-34-06) e aplicação de 100 g/planta no plantio e 200 g/planta em cobertura no 2º ano. GUERRINI (1984) cita que na empresa Florestas Nipo-Brasileiras S.A. (FLONIBRA), num ensaio sobre época de aplicação de fertilizantes, obteve-se que o melhor tratamento foi aquele em que se aplicou 170 g/planta da fórmula, 13-35-10 no plantio e a mesma quantidade, da mesma fórmula, aos 6 meses e 1 ano de idade. Nos plantios de eucalipto realizados nas áreas abandonadas de cana-de-açúcar, no Hawai, YOST *et alii* (1987) informam que a adubação com NPK tem sido aplicada rotineiramente no plantio e novamente aos 6-9 meses de idade, obtendo-se bons resultados.

SHONAU (1983) faz as seguintes recomendações de adubação para *Eucalyptus* na África do Sul: em áreas com preparo de solo completo, deve-se aplicar no plantio 100 g/planta de Fosfato Monoamônio (MAP) em solos com teores de argila acima de 15%; uma readubação com 75 g/planta deste fertilizante será benéfico quando as árvores apresentarem uma altura de 0,5 m. Nas áreas "menos preparadas", deve-se aplicar no plantio 100 g/planta da mistura 3:2:1, com uma reaplicação de 75 g/planta quando as plantas estiverem com 0,5 m. Nessas mesmas áreas "menos preparadas", mas com teores de argila abaixo de 15%, ou seja, em solos bastante arenosos, a adubação só deve ser realizada quando a capina não puder ser realizada, devendo-se, nessas condições, aplicar 90 g/planta de Nitrocálcio.

Pela revisão, torna-se evidente a necessidade do parcelamento da adubação para o eucalipto. O que falta para a obtenção de resultados mais conclusivos é a montagem de experimentos mais controlados e a utilização de técnicas mais

precisas.

2.1.3. Tipo de fertilizante

O termo "nitrogênio disponível" pode ser definido como sendo aquele que se encontra em formas químicas prontamente assimiláveis pelos vegetais. Essas formas são representadas, na quase totalidade, pelas espécies inorgânicas NH_4^+ (amônio) e NO_3^- (nitrato), pois a absorção de moléculas orgânicas em geral é bastante restrita. Pode-se dizer, portanto, que o nitrogênio disponível às plantas corresponde às quantidades de amônio e nitrato do solo

A escolha do fertilizante é basicamente função das características do solo, da espécie a ser adubada, do local de aplicação (viveiro ou campo), do custo do produto e da presença ou não de elementos no adubo. O emprego do fertilizante sem o conhecimento de suas propriedades físicas e químicas pode resultar num fracasso ou mesmo apresentar resultados negativos. Efeitos de queima do sistema radicular e morte de mudas, por excesso de concentração salina, foram observados por diversos pesquisadores (MELLO *et alii*, 1961; CROMER, 1971; BARDHAN ROY, 1976; SCHUTZ, 1976; BARROS, 1982; SHONAU, 1983; KIEHL, 1987).

Ao contrário do que se observa com outros nutrientes como o fósforo e o potássio, a quantidade de nitrogênio disponível do solo pode sofrer flutuações muito grandes em função de alterações dos processos de adição e perda desse elemento no solo. É que esses processos são, na grande maioria, de natureza microbiológica e, por isso, muito sensíveis às variações de temperatura, umidade e aeração do meio. Uma das consequências práticas mais importantes desse fato é a de que a variabilidade do teor de N disponível do solo dificulta a utilização desse índice nas recomendações de adubação nitrogenada.

Quando o fertilizante amoniacal é aplicado ao solo, antes de ser absorvido pelas plantas pode sofrer os processos de

fixação, imobilização e nitrificação. Esse processo de nitrificação é a última fase da mineralização do N orgânico. Todos esses processos e também aqueles responsáveis pelas perdas de N do solo serão comentados a seguir.

2.1.3.1. Processos de nitrificação e mineralização

A maior parte do N orgânico do solo, que representa 95 a 99% do total, está ligada a grandes polímeros de compostos fenólicos do humus e, assim, oferece grande resistência á decomposição. Essa resistência também pode ser atribuida à formação de complexos organo-minerais de argila e, possivelmente, com os óxidos de ferro e alumínio. Como consequência da resistência à decomposição, apenas pequena fração (1 a 3%) do N orgânico do solo é mineralizado a cada ano (Alexander[11], citado por KIEHL, 1987).

Em solos ácidos, o primeiro fato que acontece com a amônia liberada no processo de mineralização é sua conversão de NH_3, molécula gasosa e alcalina, para NH_4^+, íon estável e passível de aproveitamento por plantas e microrganismos. Essa conversão é o ponto-chave de todos os processos de retenção química da amônia no solo. (Mortland[12] e Parr & Pappendick[13], citados por KIEHL, 1987).

A forma reduzida do íon amônio (NH_4^+), no solo, apresenta uma tendência de ser convertida a nitrato (NO_3^-). Essa etapa,

---

11-ALEXANDER, M. Introductions to soil microbiology. 2 ed. New York, John Wiley & Sons, 1977.

12-MORTLAND, M.M. Reactions of ammonia in soils. *Advances in Agronomy*, New York , *10*: 3245-348, 1958.

13-PARR, J.F. & PAPENDICK, R.I. Retention of ammonia in soils. In: Mc Vickar, M.H. et alii, ed. *Agricultural anhjydrous ammonia technology and use*. Menphis, Agricultural Ammonia Institute, 1966. p. 213-236.

realizada pelos microrganismos, é chamada nitrificação. A curva que descreve a nitrificação dos adubos amoniacais adicionados ao solo em função do tempo é geralmente sigmóide. Um dos fatores que afetam o processo de nitrificação é o pH do solo. A pH baixo (solos ácidos), há uma diminuição na população microbiana do solo e, conseqüentemente, um decréscimo na nitrificação.

A velocidade com que o amônio é oxidado para nitrato varia de solo para solo. Resultados obtidos por KIEHL & COBRA NETO (1976) mostram que a capacidade de nitrificação tende a ser maior nos solos argilosos e menor nos arenosos. MALAVOLTA *et alii* (1957-1958) estudando a velocidade da nitrificação do sulfato de amônio em um Latossol Vermelho-Amarelo, em condições de laboratório, obtiveram que cerca de 60- 70% do NH_4^+ foi convertido em NO_3^- em 5 semanas de incubação. MENGEL & KIRKBY (1987) citam uma velocidade bem menor, informando que somente cerca de 11,5% dos íons NH_4^+ aplicados em um solo com pH 4,4 foram transformados em NO_3^- após 3 semanas, e cerca de 24,0% após 35 dias.

Alguns solos florestais que apresentaram baixa transformação de amônio a nitrato, baseado em incubações de 1 mês de duração, mostraram acúmulos substanciais de NO_3^- quando o período de incubação foi prolongado (JOHNSON *et alii*, 1980; VITOUSEK *et alii*, 1982 e GOSZ & WHITE, 1986). Leal & Alvahyds[14], citados por ALMEIDA *etalii* (1985), obtiveram que, num solo arenoso da série Itaguaí, todo o nitrogênio amoniacal foi nitrificado após 3 meses da sua aplicação, em condições de campo.

RAUHE & BORNHAK (1968), em experimentos de campo utilizando sulfato de amônio-^{15}N, encontraram que a mineralização do N do solo foi consideravelmente aumentada pela aplicação de 40 kg N/ha e principalmente por 80 kg N/ha. OVERREIN (1967) também obteve um efeito estimulante do fertilizante nitrogenado sobre a liberação de N pela matéria

orgânica. Esse aumento na mineralização da matéria orgânica devido à aplicação de altas doses de fertilizante nitrogenado, provocando uma redução na relação C/N e um aumento na atividade dos microrganismos, com um conseqüente aumento de N no solo, é chamado Efeito "Priming". A ocorrência desse fenômeno também já foi observada por outros pesquisadores, entre eles, HAUCK & BREMNER (1976), HEILMAN *et alii* (1982b) e NAMBIAR & BOWEN (1986), e o seu estudo pode ser de grande importância para a área de adubação nitrogenada em essências florestais.

De acordo com BINKLEY & HART (1989), a maioria dos estudos sobre disponibilidade de N em essências florestais examinam somente a camada mineral superior do solo (0-10 ou 0-15 cm), e ocasionalmente a manta orgânica sobre o solo ("forest floor"). Essa manta orgânica juntamente com a camada mineral de 0-15 cm produz a metade ou mais do N mineralizado em florestas, sendo que essa mineralização diminui com a profundidade. Porém, ocorrem exceções como é o caso de ecossistemas naturais de *Eucalyptus* em que a taxa de mineralização à profundidade de 5-10 cm excedeu à de 0-5 cm (RAISON *et alii*, 1987). BINKLEY (1983), em plantios de "Douglas-fir" (*Pseudotsuga menziesii*) em sítios muito férteis, obteve que o N mineralizado durante incubações anaeróbicas aumentou com a profundidade. Segundo BINKLEY & HART (1989), a quantidade de N mineralizado em relação à profundidade depende, em parte, da distribuição de N total no perfil, o qual geralmente diminui com a profundidade do solo. Entretanto, FEDERER (1983) encontrou que o N mineralizado por grama de matéria seca não foi constante com a profundidade e que as variações dessa taxa não seguiram padrões consistentes no sítio por ele examinado.

14-LEAL, J.R. & ALVAHYDS, R. Transformação e deslocamento do íon amônio em solo da série Itaguaí. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 6: 129-135, 1971.

Segundo PRITCHETT (1979), as taxas de mineralização em solos ácidos são extremamente baixas nas florestas naturais. Distúrbios provocados pelo preparo do solo e operações de corte aumentam as taxas de decomposição de matéria orgânica e liberação de N. Aumentos na temperatura do solo após o corte raso também estimulam a nitrificação, fato observado por MATSON & VITOUSEK (1981) que notaram um aumento de 65% na mineralização.

KRAUSE & RAMLAL (1987) compararam a disponibilidade de nutrientes em uma floresta de "Balsam Fir" (*Abies balsamea*) com 80 anos de idade e uma de "Black Spruce" (*Picea mariana*) da mesma idade, com florestas adjacentes das mesmas espécies com dois anos de idade e que sofreram corte raso, e obtiveram que as disponibilidades de NH_4^+ e NO_3^- (e fosfato) foram diversas vezes maiores nas florestas que sofreram corte raso do que naquelas mais antigas. Glavac & Koenies[15], citados por BINKLEY & HART (1989), também estudando os efeitos do corte raso sobre a mineralização, encontraram que esta foi três vezes maior após o corte de dois povoamentos de "Spruce" (*Picea abies*), mas não variou no povoamento de "Beech" (*Fagus sylvatica*). No mesmo tipo de estudo, BINKLEY (1984) encontrou um aumento de 7 a 12 vezes na disponibilidade de N após o corte de uma floresta em Vancouver Island, British Columbia.

FOX *et alii* (1986) estudando o impacto de diversos tipos de preparo de solo sobre a mineralização do nitrogênio, obtiveram que nas áreas onde houve apenas derrubada e queima do material a taxa de mineralização foi de 58 kg N/ha durante o primeiro ano, e de 95 kg N/ha nas áreas mais intensivamente manejadas (destoca + enleiramento + queima + gradagem), em comparação com 38 kg N/ha nas áreas não cortadas.

15-GLAVAC, V. & KOENIES, H. Vergleich der N-Nettomineralisations in einem Sauerhumus - Buchenwald (Luzulo-Iagetum) und einem benachbarten Fictenforst am gleichen standart vor und nach dem kahlschlag. *Oecologia Plantarum, 13*: 219-226, 1978

Após o corte, segundo PRITCHETT (1979), parte do nitrogênio contido nos restos de cultura (galhos + folhas) e nas camadas de "litter" é volatilizado durante a queima, e o decréscimo da acidez da superfície do solo resultante dos depósitos de cinza podem estimular a mineralização do nitrogênio na matéria orgânica residual. Portanto, a disponibilidade de nitrogênio às árvores é aumentada temporariamente após a queima dos resíduos orgânicos.

BARROS *et alii* (1987) confirmaram esse fato, salientando que apesar da rápida liberação de nutrientes provocada pela queima dos resíduos orgânicos resultando em perdas consideráveis por volatilização (N e S), lixiviação (N, K, Ca e Mg) e erosão em áreas declivosas, o intenso desenvolvimento dos plantios de eucalipto em áreas de reforma, nessas condições, sugere que uma parte desses nutrientes liberados pela queima suplementaria a adubação realizada.

De acordo com FOX *et alii* (1986), devido às quantidades relativamente pequenas de nitrogênio disponível no solo, o conteúdo desse elemento nos resíduos orgânicos é importante para a nutrição dos povoamentos florestais. O tamanho do reservatório de nitrogênio nesses resíduos e a taxa com que é mineralizado determinam em grande parte a suficiência ou deficiência de nitrogênio no desenvolvimento do povoamento. Embora o fertilizante nitrogenado possa ser usado para suplementar o teor desse elemento dos solos florestais, o reabastecimento de nitrogênio nos ecossistemas florestais através da fertilização não é muito eficiente (Bengtston,[16] citado por FOX *et alii*, 1986).

Nota-se, portanto, que as atividades de manejo deveriam ser dirigidas no sentido de manter as reservas de nitrogênio no sítio.

16-BENGTSTON, G.W. Nutrient conservation in forestry: A perspective. *S. J. Appl. For.*, *5*: 50-59, 1981.

2.1.3.2. Processos de fixação e imobilização

O íon amoniacal (NH_4^+) no solo está na forma trocável e não trocável. O íon trocável, segundo MALAVOLTA (1982), pode aparecer como taranaquita (composto de amônio, ferro e fosfato), inclusão em minerais primários (mica e feldspatos) onde ocupa sítios normalmente ocupados pelo K^+, e pode estar entre as camadas de argila 2:1 em posições onde K^+ também pode ser retido em forma não trocável. O íon também pode ser imobilizado na matéria orgânica e pelos microrganismos.

O amônio imobilizado é libertado gradualmente para a solução do solo, podendo ser aborvido diretamente pelas plantas ou sofrer o processo de nitrificação. A demora relativa na oxidação do NH_4^+ a NO_3^- parece desejável do ponto de vista de retenção de N e da eficiência de sua absorção pelas plantas.

Em experimentos com vasos, ATANASIU *et alii* (1968) utilizando fertilizantes amoniacais marcados com ^{15}N, mostraram que esses são altamente afetados pela capacidade do solo em fixar o íon amônio. Por exemplo, solos ricos em argila 2:1 frequentemente contêm quantidades apreciáveis de NH_4^+ fixado, variando de 2000 a 3000 kg N/ha (Sherer & Mengel[17], citados por MENGEL & KIRKBY, 1987). NOMMIK (1957) obteve que o K^+ aplicado simultaneamente com o íon amônio ao solo resultou numa fixação preferencial de amônio na proporção de 3,4:1, e que outros cátions diminuiram a fixação de amônio na seguinte ordem: Na <Mg <Ca <Ba <La <H. A capacidade de fixação desse íon foi mais alta na fração de solo entre 1-2μ e foi bastante diminuída com o decréscimo do pH.

Segundo NOMMIK & NILSSON (1963), a capacidade dos solos em reter o íon amônio está fortemente correlacionada com o seu

---

17-SHERER, H.W. & MENGEL, K. Contents of fixed ammonium nitrogen of twelve representative soils in Hessia. *Landw Forsch.*, 32: 416-424, 1979.

conteúdo de carbono orgânico, sendo que os solos orgânicos retêm muito mais que os solos minerais. OVERREIN (1968) realizando estudos com lisímetro e uréia marcada com ^{15}N em solos de floresta boreal, obteve que as perdas de N foram desprezíveis quando as taxas aplicadas foram menores que 250 kg N/ha. A retenção da uréia foi atribuída principalmente aos processos envolvendo a formação de complexos não lixiviáveis entre o fertilizante nitrogenado e a matéria orgânica.

Trabalhos realizados por KOWALENKO & CAMERON (1977) e MENGEL & SCHERER (1981) mostraram que o NH_4^+ tornou-se disponível para as plantas durante a fase de crescimento. MENGEL & SCHERER (1981) obtiveram que a liberação de NH_4^+ foi especialmente alta nas camadas mais profundas do solo (60 a 100 cm) e ocorreram durante o principal período de crescimento das plantas. Ao final desse período observou-se novamente um aumento na fixação do NH_4^+.

GASSER *et alii* (1967), em experimentos com sulfato de amônio marcado com ^{15}N e aplicado em solos arenosos, encontraram que uma quantidade apreciável do fertilizante nitrogenado foi incorporado por microrganismos imediatamente após a sua aplicação. Num estágio seguinte ele foi liberado e tornou-se disponível para as plantas. As pesquisas realizadas por STANFORD *et alii* (1970) também mostraram que o fertilizante amoniacal é rapidamente incorporado em várias frações de N-orgânico do solo, concluindo-se, portanto, que esse tipo de fertilizante pode suprir as culturas de forma direta e indireta, através da mineralização de compostos orgânicos do solo.

NOMMIK (1968), fazendo testes de incubação por um período de 3 meses, com húmus não decomposto (crú) proveniente de uma floresta de "Spruce" (*Picea abies*), após a aplicação de amônio marcado, obteve que mudanças no reservatório de amônio trocável indicaram a existência de uma reciclagem microbiana no solo, que refletiu numa troca gradual do N marcado no

reservatório de amônio pelo N não marcado da fração N-orgânico nativo.

Segundo BINKLEY & HART (1989), o reservatório de N contido na biomassa microbiana é a maior fonte de N-lábil para a maioria dos solos. Estudos recentes com ^{15}N confirmam essa afirmativa (MYROLD & TIEDJE, 1986). MARUMOTO *et alii* (1982a e 1982b) e AMATO & LADD (1980) mostraram que a reciclagem do N das células microbianas mortas é cerca de cinco vezes mais rápida no solo do que a do N não presente na biomassa, o que torna o reservatório microbiano uma fonte prontamente disponível de N.

O teor de matéria orgânica nos solos florestais é, portanto, de fundamental importância para o aproveitamento do nitrogênio pelas espécies. Além de reter esse elemento e liberá-lo gradativamente para as plantas, aumenta a quantidade de microrganismos no solo, os quais também são fontes de N.

2.1.3.3. Processos de perda do nitrogênio no solo

2.1.3.3.1. Movimento do N no perfil do solo e perdas por lixiviação

Em regiões de alta precipitação pluviométrica e de solos bem drenados como os dos cerrados, um dos principais mecanismos responsáveis pela baixa eficiência de absorção dos adubos nitrogenados pelas culturas é a alta taxa de lixiviação, devido à elevada mobilidade do íon nitrato (BEEVERS & HAGEMAN, 1969; HUCKLESB *et alii*, 1971; ASHLEY *et alii*, 1975). Em contraste com o fosfato e com os nutrientes catiônicos que estão envolvidos principalmente em processos físico-químicos, a mobilidade do N do solo depende muito dos processos biológicos. Por esta razão, a taxa de mineralização do N orgânico a NO_3^- influencia consideravelmente a taxa de

lixiviação de N (MENGEL & KIRKBY, 1987). Assim, Pfaff[18], citado por MENGEL & KIRKBY (1987), obteve que o N lixiviado no período chuvoso do verão se originou do N orgânico mineralizado durante o outono e o inverno.

A quantidade de N que se perde por lixiviação varia grandemente em função do tipo, dose e do método de aplicação do fertilizante, da velocidade de mineralização e imobilização por plantas e organismos, da quantidade de chuva e das propriedades do solo que influenciam sua capacidade de reter água, ou seja, a textura, a estrutura e a porosidade.

A capacidade de retenção de água e a taxa de movimentação desta nos solos influenciam significativamente a lixiviação de nitrogênio. Segundo Aldrich[19], citado por PERES & SUHET (1985), para uma mesma quantidade de chuva, o nitrato num solo arenoso lixivia 4 vezes mais rapidamente do que num franco, e 6 vezes mais do que num argiloso. WILD (1972), estudando o movimento do NO_3^- num Alfissolo bem agregado da Nigéria, verificou que esse íon descia à taxa de 0,5 mm por milímetro de chuva, a qual pode ser considerada baixa se comparada à de 1 a 5 mm por milímetro de chuva encontrada por TERRY & McCANTS (1970) em solos arenosos da Carolina do Norte. Tem-se observado também que as perdas de N por lixiviação estão diretamente relacionadas com o volume de água percolado no perfil (LETEY *et alii*, 1977; SMIKA *et alii*, 1977).

Resultados obtidos no Brasil por diferentes autores e em diferentes solos e regimes pluviométricos foram reunidos por REICHARDT *et alii* (1982). Os autores observaram que, em média, para doses de N em torno de 90 kg/ha, e sob condições tropicais, apenas 15,8 kg/ha do elemento são perdidos durante

---

18-PFAFF, C. The behaviour of nitrogen in the soil after a long term lysimeter experiment. Z. Acker-u. *Pflanzenbau, 117*: 77-99, 1963.

19-ALDRICH, S.R. Behaviour of nitrogen in water, air, and soil. In: ALDRICH, S.R., ed. *Nitrogen in relations to food, environment, and energy*. Urbana, Univertity of Illinois, 1980. p.9-34. (Special Publication, 61).

o período de cultivo e, desse total, somente 3,4 kg/ha são provenientes do fertilizante. Esses valores correspondem, respectivamente, a 20,9 e 4,5 g N perdidos por hectare para cada milímetro de chuva.

Vömel,[20] citado por MENGEL & KIRKBY (1987), obteve os valores máximos e mínimos de lixiviação de nutrientes em solos de diferentes texturas observados durante um período de 8 anos em regiões da Alemanha, encontrando que para solos arenosos, com teores de argila abaixo de 3%, as perdas variaram de 12 a 52 kg N/ha/ano, enquanto que para solos barro-arenosos, com teores de 16% de argila, as perdas variaram de 0 a 27 kg N/ha/ano.

O íon nitrato, de carga negativa, é repelido pelas argilas de mesma carga e , por conseguinte, esse íon não é quase retido no solo. Já o NH_4^+, possuindo carga positiva é retido pelos colóides de carga negativa do solo com força suficiente para dar-lhe certa estabilidade contra a lixiviação. Como resultado dos processos de adsorção e fixação, a mobilidade do NH_4^+ no solo é menor que a do NO_3^-. DANCER (1975), estudando o movimento do N em solos arenosos, obteve que o NO_3^-, na forma de nitrato de amônio, lixiviou a uma taxa de 4,1 mm por milímetro de chuva e o NH_4^+, na forma de sulfato de amônio, lixiviou a uma taxa de 2,5 mm por milímetro de chuva. Considerando prazos superiores a dois meses, entretanto, quantidades apreciáveis do amônio aplicado à superfície podem ser encontradas a profundidade de até 40 cm em solos de textura média ou argilosa, conforme verificaram FELIZARDO *et alii* (1972) e KIEHL *et alii* (1981). Esses autores encontraram, até 6 meses após a aplicação de sulfato de amônio em cobertura em cana-de-açúcar, altos teores de NH_4^+ tanto na camada superficial de 0-15 cm de profundidade quanto na camada subjacente de 15-30 cm, mesmo quando se tratava de um Latossol

---

20-VÖMEL, A. Nutrient balance in various lysimeter soils. I. Water leaching and nutrient balance. Z. Acker-u. *Pflanzenbau*, *123*:155-188, 1965/66.

Vermelho-Escuro orto, de classe textural argilosa e apresentando elevada CTC. Isso evidencia que grandes quantidades de nitrogênio amoniacal aplicado em cobertura pode atingir a zona das raízes com relativa facilidade sem necessidade prévia de conversão a nitrato.

Em estudos comparativos de perdas por lixiviação de três fontes de nitrogênio (nitrato de cálcio, sulfato de amônio e uréia) em subssolo de solo ilítico argiloso, WIKLANDER & VAHTRAS (1975) observaram que o sulfato de amônio e a uréia aumentaram o conteúdo de NH_4^+ trocável e fixado do solo, e que as perdas de N por lixiviação foram maiores para o nitrato de cálcio e menores para a uréia. Utilizando as mesmas fontes, CRASWELL (1979) obteve resultados semelhantes em um solo de textura média, sendo que as perdas de N por lixiviação totalizaram 9, 23 e 26%, respectivamente, da uréia, sulfato de amônio e nitrato de cálcio. OVERREIN (1969), estudando a aplicação de uréia, cloreto de amônio e nitrato de potássio em um solo podzólico florestal, obteve que ao final de um período de 12 semanas as perdas totais por lixiviação na dose aplicada de 25 kg N/ha foram cerca de 1,6, 21,5 e 91,8% do N aplicado, respectivamente, nas formas de uréia, amônio e nitrato. Terman & Allen,[21] citados por CRUZ *et alii* (1983), verificaram um aumento das perdas de N por lixiviação proporcional ao aumento das doses de nitrato de amônio, uréia e uréia recoberta com enxofre.

CERVELLINI *et alii* (1980) aplicaram 100 kg N/ha na forma de sulfato de amônio marcado com ^{15}N em uma Terra Roxa Estruturada e obtiveram que apenas cerca de 1% de nitrato proveniente do fertilizante lixiviou a profundidades abaixo de 120 cm. BROADBENT (1975), em estudos realizados no campo, utilizando milho plantado em um solo barro-arenoso, e testando

---

21-TERMAN, G.L. & ALLEN, S.E. Laching of soluble and slow-release N and K fertilizers from Lakeland Sand under grass and fallow. *Proc. Soil and Crop Sci. Soc. of Florida*, 1970.

três níveis de irrigação e quatro níveis de sulfato de amônio marcado com ^{15}N-empobrecido, obteve que a movimentação do nitrato proveniente do fertilizante para profundidades abaixo da zona radicular foi mínima, mesmo quando o nível de fertilizante e a quantidade de água aplicada foram excessivos. Entretanto, FILIPOVIC (1980) aplicando sulfato de amônio-^{15}N em milho, obteve que após a colheita o N mineral moveu-se para profundidade abaixo de 2 m e que apenas cerca de 10% foram provenientes do fertilizante marcado. Teske & Matzel[22], citados por MENGEL & KIRKBY (1987), estudando o balanço do N em experimentos com uréia marcada com ^{15}N e lisímetros, encontraram uma taxa de lixiviação variando de 8,8 a 16,7 kg N/ha/ano, sendo que 12 a 15% se originaram do fertilizante nitrogenado.

Altas perdas por lixiviação também podem ocorrer quando a dose de fertilizante nitrogenado não é ajustada para a demanda de N da cultura. Weller[23], citado por MENGEL & KIRKBY (1987), demonstrou que as macieiras apresentam uma demanda de 20-40 kg N/ha, mas são freqüentemente fertilizadas com 150 kg N/ha. Esse tipo de problema também foi citado por ADRIANO *et alii* (1972).

O tipo de cultura também influi no movimento do N no perfil e nas perdas, sendo as de alta produção de biomassa e de maior sistema radicular as mais importantes. Assim, Brink & Johansson[24], citados por URQUIAGA (1982), consideram que as culturas de cobertura reduzem as perdas por lixiviação, uma

---

22-TESKE, W. & MATZEL, W. Nitrogen leaching and nitrogen utilization by the plants as established in field lysimeters using ^{15}N-urea. Arch. Arcker-u. *Pflanzenbau u. Bodenk. 20*: 489-502, 1976.

23-WELLER, F. A method for studyng the distribution of absorbing roots of fruit trees. *Expl. Agric.,* 7: 351-361, 1971.

24-BRINK, N. & JOHANSSON, R. Leaching of nitrogen. In: SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITED. *Ecological systems of arable land*. Uppsala, 1980. p. 95-96.

vez que absorvem o N mineral e o imobiliza na biomassa vegetal. COOKE (1981) faz referência a trabalhos em que as perdas de íons solúveis (NO_3^-, Cl^- e SO_4^{-2}) foram muito menores (2 a 5 vezes) nos campos vegetados com gramíneas do que nos campos somente arados, com igual fertilização, encontrando também, efeitos muito diferentes entre espécies.

Em nossas condições, LIBARDI & REICHARDT (1978), ao estudarem o destino da uréia-^{15}N (120 KG N/ha), aplicada à uma cultura de feijão "carioca", em Terra Roxa Estruturada, encontraram que durante o cultivo foram perdidos 6,72 Kg N/ha no total (N do fertilizante + N do solo), considerando para este fim 90 cm de profundidade como o limite inferior da exploração radicular. Porém, no mesmo solo, MEIRELLES *et alii* (1980), aplicando sulfato de amônio-^{15}N (100 kg. N/ha) ao feijoeiro "rosinha", encontraram que as perdas por lixiviação a mais de 120 cm de profundidade foram de 15 kg N/ha, sendo 1,35 kg N/ha proveniente do fertilizante.

Em espécies florestais, CHAVES *et alii* (1978) estudando as perdas do fertilizante nitrogenado por lixiviação em solos da província de Sevilha, Espanha, em casa de vegetação, obtiveram que a percolação de água através dos solos nos quais havia eucalipto foi metade daquela onde as plantas estavam ausentes, ocorrendo maiores perdas de N quando este foi aplicado na forma de sulfato de amônio. A nitrificação foi rápida, sendo que mais de 90% do N lixiviado estava na forma nítrica, para todas as fontes utilizadas (amônio, nitrato e uréia). HINGSTON & JONES (1985), através da aplicação de fertilizantes em florestas formadas de *Eucalyptus marginata* na Austrália, durante um período de 3 anos, concluíram que 46,0% do N aplicado na forma de uréia no primeiro ano e 11,0% do N aplicado no segundo ano foram lixiviados a uma profundidade de 35 cm.

THEODOROU (1986) estudou o movimento do N na forma de sulfato de amônio aplicado nas entre-linhas de povoamentos de

Pinus radiata, plantados em solos arenosos da Austrália (contendo 3% de argila e 2% de matéria orgânica), com idades de < 1, 2 e 15 anos. Após 1 mês da aplicação, cerca de 50% (no plantio com menos de 1 ano) e 35% (nos plantios com 2 e 15 anos) do nitrogênio aplicado moveu-se para camadas abaixo de 40 cm, sendo que as quantidades de chuva nesse período foram, respectivamente, 39 e 33 mm. Após 7 meses, todo N aplicado tinha deixado essa camada na forma de amônio, já que a nitrificação no solo foi baixa, com a quantidade de chuva nesse período sendo de 273 mm no plantio com menos de 1 ano e 242mm nos plantios com 2 a 15 anos de idade. Os autores concluiram que, no plantio mais novo, praticamente todo N se perdeu por lixiviação, enquanto que nos mais velhos, as raízes conseguiram absorver uma pequena parte do N aplicado. Os experimentos de campo e laboratório mostraram que a presença da camada de "litter" e humus, além da interceptação pelas raízes, nos plantios mais velhos, ajudaram a reter parte do nitrogênio na zona radicular.

Um fenômeno que pode influir sensivelmente na disponibilidade de nitrogênio é o da capilaridade, ou seja, ascenção capilar da água, cujos efeitos são inversos aos da lixiviação (PAGE & TALIBUDEEN, 1977; MENGEL & KIRKBY, 1987 e KIEHL, 1987). Esse movimento ascendente de nitrogênio ocorre quando a água da superfície do solo evapora ou é absorvida pelas plantas no processo de transpiração. A altura com que a água se eleva por capilaridade é inversamente proporcional ao menor diâmetro dos poros intercomunicantes, enquanto que a velocidade de ascenção é proporcional ao tamanho dos poros maiores. HARDING (1954), obteve que quantidades de sais solúveis de até 3 toneladas por hectare, contendo cerca de 800 kg de nitrogênio e outros nutrientes, podem se acumular na superfície. Esse fenômeno também tem sido observado em pomares irrigados de laranja na Califórnia (KIEHL, 1987).

Na última década, fertilizantes nitrogenados de baixa

liberação de N têm sido desenvolvidos com o objetivo de reduzir as perdas por lixiviação e tornar o N disponível por um período mais longo de tempo. Os mais comuns, segundo MENGEL & KIRKBY (1987), são a uréia formaldeído, diuréia isobutilideno, diuréia crotonilideno, uréia revestida com enxofre e nitrato de amônio revestido com enxofre.

De acordo com PRITCHETT (1979), a uréia recoberta com enxofre tem sido muito usada na Europa em viveiros florestais. Esse tipo de material não tem sido muito aceito, em condições operacionais normais devido ao seu alto custo (Christy[25], citado por CRUZ *et alii*, 1983; PRITCHETT, 1979). Esse tipo de recobrimento faz com que o N da uréia seja pouco liberado logo após a sua aplicação, sendo essa liberação mantida durante um período de 3 a 9 meses (PRITCHETT, 1979). Assim, LOXTON & DONALD (1987), estudando o efeito da uréia formaldeído, granulada e peletizada, sobre o crescimento do *E.grandis*, em condições de vaso, obtiveram, aos 6 meses de idade, que essa espécie respondeu linearmente a esta fonte nitrogenada e que as doses testadas não cobriram o pico de resposta de crescimento.

Portanto, segundo a literatura, a redução das perdas de N por lixiviação pode ser conseguida através do parcelamento ou atraso da aplicação do fertilizante nitrogenado, quando a planta já tiver um sistema radicular mais desenvolvido, ou acertando a dose de fertilizante nitrogenado para a demanda de N da cultura em determinada época, ou ainda, utilizando fertilizante de baixa liberação de N. Essas alternativas, sem dúvida, irão melhorar a eficiência de absorção desse nutriente pelo eucalipto.

25-CHRISTY, C.M. Nitrifications inibihitors. Soil and crops comments from Agronomy. Ed. by University of Missouri. Columbia Extension Division, 4 (7).

2.1.3.3.2. Perdas por volatilização e denitrificação.

As perdas de nitrogênio do solo na forma gasosa ocorrem como resultado de processos biológicos, nos quais os microorganismos participam, e de processos químicos que têm lugar juntamente com as transformações biológicas ou independente delas. Os principais mecanismos de perda são através da volatilização de amônia e denitrificação.

O emprego de fertilizantes amoniacais pode resultar em perdas de NH_3, porém estas serão mais significativas em solos com $CaCO_3$ livre ou que tenham recebido calagem pesada. Para esses fertilizantes, portanto, como é o caso do sulfato de amônio, a alcalinidade favorece acentuadamente a volatilização, assim como temperaturas elevadas, baixa capacidade de retenção de amônia (geralmente associada a solos arenosos e pobres em matéria orgânica), doses elevadas do adubo e presença de ventos (KIEHL, 1987). Outros fatores que afetam essas perdas são: pH, CTC, umidade, tempo decorrido entre a aplicação e a chuva seguinte e a profundidade de aplicação (GASSER, 1964; ACQUAYE & CUNNINGHAM, 1965; FENN & KISSEL, 1976; MORE & VARADE, 1978; TERMAN, 1979; MALAVOLTA, 1981; MENGEL & KIRKBY, 1987). Aumentos do pH do solo, temperatura e dose de N aplicada, assim como solos contendo baixa CTC e baixos teores de matéria orgânica, aumentam as perdas.

TERMAN (1979) afirma que as perdas de N por volatilização variam de 30 a 70% da dose de N do fertilizante aplicado. Entretanto, resultados mais recentes obtidos por TORELLO *et alii* (1983) indicam que as perdas nas condições de campo são da ordem de 5-10% e que os experimentos de laboratório geralmente fornecem valores superestimados. Segundo FASSBENDER (1978), somente com a utilização do nitrogênio -15 (^{15}N) é que tornou- se possível avaliar exatamente essas perdas.

De acordo com MALAVOLTA (1981) e TERMAN (1979), o ânion

complementar nos adubos amoniacais tem grande influência na perda de amônia. A susceptibilidade a essas perdas segue a seguinte sequência: uréia >sulfato de amônio >fosfato diamônio =fosfato monoamônio.

ANJOS & TEDESCO (1976) estudaram, no Rio Grande do Sul, a volatilização da amônia proveniente da uréia e do sulfato de amônio. As perdas variaram entre 0,5 e 1,1% para o sulfato de amônio e entre 12 e 30% para a uréia, ocorrendo, neste último caso, um acréscimo pelo aumento na temperatura. Esses autores obtiveram que o tipo de cultura também influencia nas perdas por volatilização.

De acordo com TERMAN (1979), as perdas de amônia são praticamente eliminadas em solos ácidos, quando se colocam os adubos nitrogenados a, pelo menos, 5 cm de profundidade. Quando a incorporação não é possível de ser realizada, LOPES & GUILHERME (1989) sugerem que as perdas podem ser minimizadas misturando-se o fertilizante com a camada superficial do solo. Assim, LIBARDI & REICHARDT (1978), num estudo para avaliar o destino da uréia marcada com ^{15}N, aplicada à cultura do feijão plantado em uma Terra Roxa Estruturada, encontraram que as perdas por volatilização do adubo aplicado foram insignificantes quando enterrado na parte superficial do solo.

A segunda maneira pela qual o nitrogênio do solo pode se perder para a atmosfera é através da denitrificação, processo realizado pelos microrganismos que promovem a redução do nitrato a compostos gasosos como óxido nitroso (N_2O) e dinitrogênio (N_2).

Acreditava-se até há pouco tempo que o fenômeno da denitrificação só ocorria em solos encharcados ou mal drenados. Resultados mais recentes, estretanto, têm mostrado que as perdas podem ocorrer mesmo em solos bem drenados, desde que estejam úmidos (KIEHL, 1980), ou quando o O_2 não estiver uniformemente distribuído pelo solo, ocorrendo regiões de anaerobiose (MENGEL & KIRKBY, 1987). Outros fatores como o pH,

temperatura e concentração de nitratos influenciam a denitrificação biológica. (FASSBENDER, 1978). Woldendorp[26], citado por MENGEL & KIRKBY (1987), obteve uma perda de 10-40% do N do fertilizante aplicado em pastagens. A denitrificação pode ser particularmente alta se após a aplicação do fertilizante nitrogenado ocorrerem chuvas pesadas. (WEBSTER & DOWDELL, 1982).

As taxas de denitrificação em solos arenosos bem aerados são geralmente mais baixas do que nos solos argilosos (STEFANSON, 1972; Dilz & Woldendorp[27], citados por MENGEL & KIRKBY, 1987). Esses últimos autores citam que a perda de N em relação ao N aplicado varia de 11-25% nos solos arenosos e de 16-31% nos solos argilosos. Em condições anaeróbicas, LIND (1980) verificou que a camada superficial dos solos argilosos apresentou uma capacidade duas vezes maior de denitrificação do que os solos arenosos.

Tem-se observado, ainda, que as perdas de nitrogênio são maiores na rizosfera que no restante do solo, devido à maior demanda de O_2 pela raiz e pelos microrganismos que normalmente se concentram nessa região (KIEHL, 1987), e também aos exudados das raízes que estimulam as bactérias denitrificantes (Dilz & Woldendorp[27], citados por MENGEL & KIRKBY, 1987).

As perdas por volatilização são, portanto, praticamente eliminadas quando se incorpora o adubo nitrogenado. As perdas por denitrificação, entretanto, são mais difíceis de serem controladas.

26-WOLDENDORP. J.W. Losses of soil nitrogen. *Dutch Nitrogeneous Fertilizer Review*, Stikstof, (12): 32-46, 1968.

27-DILZ, K. & WOLDENDORP, J.W. Distribution and nitrogen balance of ^{15}N labelled nitrate applied on grass sods. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 8, Reading, 1960. *Proceedings*. Reading, 1960. p. 150-152.

2.1.3.3.3. Perdas por erosão e deflúvio superficial.

A desagregação e o arraste do solo provocado principalmente pela água é um dos fatores mais importantes ligados à baixa eficiência de fertilizantes no Brasil. Estima-se, segundo LOPES & GUILHERME (1989), que se perde no Brasil, por erosão laminar, cerca de 500 milhões de toneladas de terra anualmente, arrastando, também, milhares de toneladas de fertilizantes aplicados.

A camada superficial do solo é, normalmente, a mais rica em nutrientes e a que se apresenta com as melhores condições para o crescimento das plantas. Mesmo para povoamentos artificiais de eucalipto esse acúmulo ocorre, pois devido à baixa fertilidade dos solos onde normalmente são plantados, como os de cerrado, há uma grande concentração de raízes mais finas nos 20 a 40 cm superiores, ocorrendo uma maior concentração de elementos nos centímetros superficiais como resultado da ciclagem de nutrientes. Por esse motivo, sua perda pode, muitas vezes, levar a uma diminuição na fertilidade do solo e, consequentemente, na produtividade das culturas, além da poluição das águas naturais de superfície.

Nas regiões tropicais, a erosão hídrica é a mais importante. É fortemente afetada pelas condições de clima, solo, relevo, cobertura vegetal e manejo das culturas (BERTONI *et alii*, 1972; BERTONI *et alii*, 1975).

A cobertura vegetal, normalmente, é de grande importância no controle da erosão. Assim, sabe-se que nas florestas nativas, o deflúvio superficial e a erosão são quase imperceptíveis na maioria dos solos (SANCHEZ, 1976). Em florestas nativas ou implantadas de Pinus, as perdas de solo raramente excedem 100 kg/ha/ano (Megahan[28], citado por PRITCHETT, 1979).

28-MEGAHAN, W.F. Logging, erosion, sedimentation - are they the dirty words? *Journal of Forestry, 70*: 403-407, 1972.

Em plantios de florestas para fins comerciais, a necessidade do preparo de solo, a ocorrência de um período de crescimento das mudas, quando o solo permanece praticamente sem proteção, e também o corte raso final da floresta, são fatores que podem resultar em perdas consideráveis de solo por erosão (LIMA, 1988). Desse modo, o corte raso e os distúrbios causados pelas atividades de exploração reduzem as taxas de infiltração de água e aumentam as perdas de solo e nutrientes por deflúvio superficial e erosão, como verificado em vários trabalhos (PANDEY *et alii*, 1983/84; MILLER, 1984).

Os limites de perdas de vários solos tropicais do Brasil, segundo BERTONI *et alii* (1975), são de 2 a 7 t/ha/ano para o Litossol, 5 a 13 t/ha/ano para o Podzólico e 12 a 16 t/ha/ano para o Latossol Vermelho-Escuro. Esses valores são relativamente baixos mas, com o tempo, podem chegar a ser significativos.

Em culturas anuais plantadas num Latossol Roxo, com declive de 9 a 12% e chuva de 1300 mm/ano, BERTONI *et alii* (1972) obtiveram perdas de solo de 0,9 t/ha/ano para café, 3,4 t/ha/ano para mandioca, 7,0 t/ha/ano para batata-doce e 27,0 t/ha/ano para algodão.

Na área florestal, o uso do fogo controlado como medida silvicultural provoca a destruição do piso florestal (vegetação + camada orgânica), o qual funciona como camada protetora. Em florestas de *Pinus oocarpa* em Honduras, HUDSON *et alii* (1983a) verificaram um aumento na perda de sedimentos de 80 kg/ha nas parcelas não queimadas para 1732 kg/ha após a queima. Estes aumentos foram acompanhados de maiores perdas de nutrientes nas parcelas queimadas (HUDSON *et alii*, 1983b). Em Manaus, Fearnside[29] *et alii*, citados por LIMA (1988), também verificaram que a derrubada da floresta tropical, seguida de queima da área para o estabelecimento de pastagens, resultaram

---

29-FEARNSIDE, P.M. *et alii*. Erosão do solo na Amazônia Brasileira: métodos de medição e resultados preliminares. Manaus, INPA, 1986. (relatório não publicado).

num aumento de 4.341% na perda de solo, passando de 158 kg/ha/ano em área com floresta para 6858 kg/ha/ano após o desmatamento e a queima da área.

LIMA (1988) estudando as perdas de solo através da erosão e deflúvio superficial durante um período de 4 anos, em Areia Quartzosa distrófica com 7% de declividade, plantado com *E.grandis* sob vários espaçamentos em comparação com área sem plantio, no município de São Simão - SP, obteve que, com o crescimento do eucalipto, houve uma sensível diminuição no escoamento superficial e nas perdas de solo, sendo que a parcelas reflorestadas apresentaram uma perda média de solo de 1,0 t/ha/ano e a sem vegetação de 8,5 t/ha/ano. As perdas de nutrientes apresentaram a seguinte sequência: Ca >K >NO_3^- >Mg. A parcela sem vegetação apresentou a maior perda de nitrato, cerca de 0,53 kg/ha/ano, enquanto que as parcelas florestadas apresentaram uma perda média de 0,24 kg NO_3^-/ha/ano.

Pelos resultados de LIMA (1988), as perdas de N por erosão em plantas de *Eucalyptus* spp são baixas, mesmo em Areias Quartzosas. Entretanto, o descuido no manejo e na conservação do solo pode provocar perdas tão grandes de nutrientes que outras medidas que visem aumentar o aproveitamento dos mesmos pelas plantas tornam-se secundárias.

2.1.4. Absorção preferencial dos íons amônio e nitrato

As duas formas de N, nítrica e amoniacal, podem ser absorvidas e metabolizadas pelas plantas. O nitrato é, em geral, a fonte predominantemente absorvida em condições naturais, mas essa absorção depende da espécie e de fatores ambientais.

Diversos trabalhos têm mostrado que a absorção de ambas as formas é dependente da temperatura, sendo que as taxas de absorção diminuem com a queda da mesma, (ZSOLDOS, 1972;

CLARKSON & WARNER, 1979). À temperaturas mais baixas, a forma mais absorvida é o NH_4^+ (CLARKSON & WARNER, 1979).

Entretanto, a diferença mais importante entre as absorções de NO_3^- e NH_4^+ é quanto ao pH do solo . O NH_4^+ é mais intensamente absorvido a pH 7,0 e sua absorção diminui com o decréscimo do pH, ocorrendo o contrário com o NO_3^- (RAO & RAINS, 1976). Assim, Michael *et alii*[30], citados por MENGEL & KIRKBY (1987), estudando a absorção de NH_4^+ e NO_3^- em várias espécies de plantas encontraram que ambas as formas foram absorvidas em taxas iguais a pH 6,8. A pH 4,0, entretanto, a absorção de nitrato foi consideravelmente maior.

Na faixa de pH variando de 4,0 a 6,0, muitas espécies de plantas crescem muito bem a altos níveis de NH_4^+ devido a maior concentração de H^+ aumentar a de NH_3 (aquoso). Isto ficou demonstrado para diversas culturas, incluindo o trigo, beterraba e arroz, todas estudadas por diversos autores citados por MENGEL & KIRKBY (1987).

Maiores taxas de absorção de N foram observadas por Blondel & Blanc[31], citados por MENGEL & KIRKBY (1987), quando ambas as formas, nítrica e amoniacal, estavam presentes na solução nutritiva. DROUINEAU & BLANC (1961) encontraram que a adição de NH_4^+ ao NO_3^- resultaram em maiores taxas de crescimento. Resultados semelhantes foram obtidos por COX & REISENAUER (1973). Ainda não se sabe porque o NH_4^+ teria esse efeito benéfico sobre o crescimento, mas, segundo MENGEL & KIRKBY (1987), como a redução do NO_3^- a NH_3 requer energia, pode-se supor que pelo suprimento de NH_4^+, a energia é conservada e desviada para outros processos metabólicos,

---

30-MICHAEL, G.; SCHUMACHER, H.; MARSCHNER, H. Uptape of ammonium and nitrate nitrogen from labelled ammonium nitrate and their distribution in the plant. Z. Pflanzenernahr. Dung. Bodenk. *110*: 225-238, 1965.

31-BLONDEL, A. & BLANC, D. Influence of ammonium uptake and reduction in young wheat plants. *C.R. Acad. Sci. (Paris) Ser. D, 277*: 1325-1327, 1973.

incluindo absorção iônica e crescimento. Ainda segundo os autores, é também possível que o NH_4^+ a baixas concentrações possam estimular a redução do NO_3^-.

De um modo geral, a maioria das espécies florestais crescem bem com o íon amônio como fonte predominante de N (PRITCHETT, 1979). Assim, HOFFMANN (1966) em experimentos com vasos e utilizando nitrato de amônio marcado com ^{15}N, obteve que as mudas de *Picea abies* absorveram mais amônio do que nitrato. Diversos outros autores, todos citados por PRITCHETT (1979), também obtiveram que o nitrogênio amoniacal foi fisiologicamente a forma preferida por plantas jovens de coníferas.

Num estudo sobre o desenvolvimento de mudas de *E.grandis* em relação a formas de N, em casa de vegetação, LOCATELLI *et alii* (1984a) obtiveram que as plantas absorveram maior quantidade de NH_4^+ do que NO_3^-, embora o incremento máximo em altura tenha requerido sempre maior percentual de NO_3^- na solução. Os autores também obtiveram que a produção máxima de matéria seca total ocorreu com uma relação NH_4^+/NO_3^- em torno de 50/50. McFEE & STONE (1968), trabalhando com mudas de *Pinus radiata* sob várias condições, constataram que as mudas exibiam maior crescimento e absorção de N quando supridas com uma fonte amoniacal, tanto em solo como em solução nutritiva. Entretanto, MOORE & KERAITIS (1971) estudando a resposta de 12 espécies de eucalipto ao NO_3^- e NH_4^+, em diferentes proporções, verificaram que as espécies variaram amplamente na resposta às formas de nitrogênio, independente do grupo taxonômico, mas mostrando similaridades se os habitats ecológicos eram parecidos.

PRITCHETT & SMITH (1970) observaram que o desenvolvimento de micorrizas é diminuído pelo nitrato em relação ao amônio. Paavilainen[32], citado por PRITCHETT (1979), observou que o

---

32-PAAVILAINEN, E. Reaction of Scots pine to various nitrogen fertilizer on drained peatland. Commun. Inst. For. Fenn. 77. 3. 46p.

nitrato de cálcio e amônio produziu melhor crescimento inicial em *Pinus sylvestris*, desenvolvido em solos turfosos bem drenados, do que o sulfato de amônio, nitrato de cálcio e uréia. Como o nitrato foi rapidamente lixiviado do solo e o sulfato de amônio não, este promoveu com o decorrer do tempo maiores produções. Segundo Möller[33], citado por PRITCHETT (1979), resultados de experimentos de campo na Suécia mostraram que o nitrato de amônio aumentou o crescimento em *Pinus sylvestris* de 30 a 50% em relação à uréia. Em *Picea abies*, a superioridade do nitrato de amônio sobre a uréia foi de 30%. Resultados semelhantes foram obtidos por BENGTSON (1973) em plantios de *Pinus*.

LOCATELLI *et alii* (1984b) estudaram os efeitos de quatro fontes de N (nitrato de amônio, nitrato de sódio, sulfato de amônio e uréia) em várias dosagens, sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em um Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa e num Latossolo Vermelho-Amarelo textura arenosa. Os autores obtiveram que não houve diferença significativa entre as fontes de N e a produção de matéria seca em ambos os solos, mas a concentração de nitrogênio nas mudas cultivadas em solo argiloso foi superior à das mudas no solo arenoso, sendo reflexo do maior crescimento nesse último tipo de solo, o que resultou num efeito de diluição. Num estudo semelhante, BARROS & PRITCHETT (1978) trabalhando em casa de vegetação com *E.grandis* desenvolvido em um spodosol, testando as mesmas fontes de N e em várias doses, obtiveram que o sulfato de amônio reduziu significativamente o crescimento das mudas e o nitrato de amônio produziu melhores resultados.

Em condições de campo, BARROS *et alii* (1984) obtiveram que a utilização de sulfato de amônio em *E.grandis* se mostrou superior à uréia, tanto em Latossol Vermelho-Amarelo fase

---

33-MÖLLER, G. Prognoskurvor för gods ling seffekt i tall och gran. Inst. Skogsförbättring. Gödsling. nº 2. 7p.

arenosa (plantio com 27 meses de idade) como em Areia Quartzosa (plantio com 20 meses de idade). Segundo MALAVOLTA (1981), a acidez residual do sulfato de amônio que, quando em excesso é prejudicial, pode ter efeito favorável tornando o fósforo do solo ou dos adubos mais assimilável. Elementos acompanhantes de alguns adubos nitrogenados, não considerados normalmente no seu valor comercial, também podem ajudar na escolha do fertilizante, como por exemplo, o enxofre do sulfato de amônio que é capaz de corrigir uma eventual deficiência desse elemento.

De acordo com VALE *et alii* (1982), mudas de *E.alba* (híbrido de Rio Claro) apresentaram maior eficiência em absorver amônio do que nitrato. Essa espécie, quando suprida com amônio, foi capaz de operar seu mecanismo de absorção de N até concentrações relativamente mais baixas do que com nitrato. Esses mesmos resultados foram obtidos por LOCATELLI *et alii* (1984a) utilizando *E.grandis*. Desse modo, a aplicação de fertilizantes nitrogenados no campo, na forma nítrica, deverá ser em quantidades mais elevadas do que na forma amoniacal para que a planta mostre igual eficiência de absorção do elemento. A utilização de quantidades mais elevadas de fertilizante aumenta, contudo, as perdas por lixiviação.

No mesmo trabalho, VALE *et alii* (1982) mostraram que as plantas submetidas aos pré-tratamentos com alumínio tiveram a sua eficiência de absorção de N aumentada. Esses resultados sugerem que práticas que favorecem o processo de nitrificação, como é o caso da calagem, deverão ser desfavoráveis à nutrição nitrogenada do eucalipto, além de ser indesejável por produzir ou eliminar a atividade do alumínio do solo, dificultando a absorção de nitrogênio. Os autores obtiveram também que a absorção de fosfato pelas plantas, em presença de amônio ou nitrato, parece refletir o comportamento diferencial do eucalipto quanto a esses dois íons. Quando a fonte de N foi o

amônio, o eucalipto absorveu fosfato até concentrações em solução bem inferiores, cerca de 4 vezes menor que aquelas observadas quando a fonte foi nitrato.

VALE *et alii* (1982) concluiram que a superioridade da forma amoniacal para o eucalipto pode ser reflexo de uma adaptação ecológica dessa essência a solos ácidos onde essa forma de N é predominante, nos quais essa espécie é geralmente encontrada. Segundo LOCATELLI *et alii* (1984a), no seu processo de evolução, o eucalipto teria desenvolvido um mecanismo eficiente de absorção de NH_4^+ do meio de crescimento.

Uma outra explicação para a preferência do eucalipto pela forma amoniacal em relação à nítrica, segundo MOORE & KERAITIS (1971) e VAN DEN DRIESSCHE & DANGERFIELD (1975), é a de que em cultivos florestais mais prolongados, a absorção do N amoniacal pode implicar em menor gasto de energia, uma vez que a incorporação do NH_4^+ aos esqueletos carbônicos é imediata, ao contrário do NO_3^- que tem que ser reduzido pela planta, com consumo de energia antes de ser metabolizado. Um outro motivo, segundo ATTIWILL (1979), seria de que as plantas teriam que, preferencialmente, absorver NH_4^+, pois a atividade da redutase do nitrato, enzima responsável pela redução do NO_3^- a NH_4^+, seria muito reduzida. Como essa enzima é também tida como o carregador de NO_3^-, ou seja, é o sistema enzimático responsável pela absorção de nitrato, a absorção dessa forma de N pelo eucalipto é baixa em comparação com o amônio.

2.1.5. Eficiência de absorção (ou recuperação) e balanço do N

De um modo geral, a eficiência de absorção do nitrogênio proveniente do fertilizante pela maioria das plantas raramente excede o valor de 50% (ARORA *et alii*, 1980; RAISON *et alii*, 1982). Por esse motivo, inúmeros experimentos de

adubação têm mostrado que o nitrogênio é um dos nutrientes que mais limitam o desenvolvimento do eucalipto (YOST, 1987).

Segundo BARTHOLOMEW (1971), a baixa recuperação do nitrogênio pelas plantas parece estar relacionada principalmente às condições desfavoráveis da relação solo-água, pois as plantas só absorvem os nutrientes que estão na solução do solo, e quando a água não está disponível na zona radicular, o N também não está. Condições de seca ou de excesso de água levam à baixa recuperação dos fertilizantes nitrogenados.

Estudos sobre eficiência de absorção e balanço de N em culturas anuais têm sido realizados há muito tempo e já se tornaram rotina. Um exemplo completo desse tipo de estudo foi realizado por GUERRINI *et alii*[34] (1983) que, utilizando sulfato de amônio e uréia marcados com ^{15}N em Terra Roxa Estruturada e Latossol Vermelho-Escuro aplicados em uma cultura de trigo desenvolvida sob condições de casa-de-vegetação, obtiveram que a eficiência de absorção do nitrogênio pelas plantas na T.E. foi de 53,1% para o sulfato de amônio e 48,6% para a uréia, enquanto que no L.E. foi de 34,5% para o sulfato de amônio e 38,8% para a uréia. O N residual na T.E. foi de 19,4% para o sulfato de amônio e 28,5% para a uréia, e no L.E. foi de 32,2% para o sulfato de amônio e 39,4% para a uréia. As perdas por volatilização variaram de 22,5% a 33,4% e foram maiores para o sulfato de amônio do que para a uréia em ambos os solos.

Alguns pesquisadores têm usado o ^{15}N-empobrecido, ao invés do enriquecido, com resultados muito bons. Assim, BROADBENT (1975) utilizando milho plantado em um solo barro-arenoso, com aplicações de 0, 90, 180 e 360 kg N/ha na

---

34-GUERRINI, I.A.; RUY, V.M.; URQUIAGA, S.; VICTÓRIA, R.L.; MATSUI, E. Balanço do N-fertilizante no sistema solo-planta de uma cultura de trigo (*Triticum aestivum*) usando $(^{15}NH_4)_2SO_4$ e $CO(^{15}NH_2)_2$ em dois solos, em casa de vegetação. 1983 (não publicado).

forma de sulfato de amônio contendo menos que 0,003 át%^{15}N e com três regimes de irrigação, obteve que a eficiência de absorção do N pela cultura variou de 33% na aplicação de 360 kg N/ha a 53% na aplicação de 90 kg N/ha. STARR *et alii* (1974) aplicaram sulfato de amônio em 3 rotações de azevém (*Lolium perenne*), sendo que após a 3ª rotação a absorção total de ^{15}N foi de 58,1% nos plantios em coluna de PVC e 45,5% nos plantios em vaso. LOCKE & HONS (1989) aplicaram nitrato de amônio na concentração de 0,001 át%^{15}N em plantas de sorgo, utilizando a dose de 150 kg N/ha.

Os primeiros estudos sobre a estimativa de absorção do N após a fertilização nitrogenada em essências florestais, correlacionando com as respostas de crescimento das plantas, foram realizados recentemente e, em geral, utilizando povoamentos de coníferas já formadas. Num trabalho realizado por Tamm[35], citado por HEILMAN *et alii* (1982a), obteve-se que a absorção do N do fertilizante por coníferas na Suécia não foi superior a 20%. HEILMAN & GESSEL (1963) obtiveram que cerca de 24% do N aplicado como fertilizante em 5 povoamentos de "Douglas-fir" (*Pseudotsuga menziesii*) foi encontrado nos tecidos das árvores. TURCHIN *et alii* (1964), num estudo em que não citam a espécie e a fonte de N marcada, obtiveram que a eficiência de absorção de N variou de 50 a 75%, sendo maior para o íon amônio do que para o nitrato, e ocorrendo uma perda de 10-15% por denitrificação.

Na Suécia, NOMMIK (1966) utilizou fertilizante marcado com ^{15}N, aplicado em cobertura num raio de 0-80 cm das plantas, a uma taxa de 10 g N/árvore como sulfato de amônio, nitrato de amônio ou $CaCN_2$ em *Pinus sylvestris*, e 20 g N/árvore como sulfato de amônio em *Picea abies*. Os autores obtiveram que a eficiência de absorção variou de 3 a 8% para o *Pinus* e foi de 23% para a *Picea*, mostrando também que as

---

35-TAMM, C.O. Die Nährstoffufnahme gedüngter Fichtenund Kiefernbestände. Arch. Forstw. 12:211, 1963

acículas do ano corrente apresentaram maiores porcentagens de ^{15}N do que as dos anos anteriores. BJORKMAN *et alii* (1967), estudando a distribuição e o balanço do fertilizante nitrogenado marcado com ^{15}N aplicado em plantios jovens de *Pinus sylvestris*, obtiveram que 21,0% do N aplicado foi encontrado na vegetação (Pinus + vegetação rasteira + raízes) das parcelas contendo pouca vegetação de cobertura, e 33,0% nas parcelas contendo vegetação mais densa, demonstrando uma maior retenção de nitrogênio nessa última parcela.

Com o objetivo de quantificar a eficiência de absorção de N por "Black Spruce" (*Picea mariana*), KNOWLES & LEFEBVRE (1972), utilizando uréia-^{15}N, obtiveram valores variando de 8% (em condições de campo) a 12% (em casa de vegetação), após uma estação de crescimento. MEAD & PRITCHETT (1975a), em estudos com "Slash Pine" (*Pinus elliottii* var. *elliottii*) de 11 anos de idade em solos arenosos, em que foram aplicados 56 e 224 kg N/ha de sulfato de amônio-^{15}N, encontraram que o nitrogênio se acumulou na parte mais baixa da copa e em maiores níveis nas folhas mais novas. A absorção de ^{15}N foi bastante reduzida na 7ª semana após a aplicação, associada a uma queda na quantidade de ^{15}N na zona radicular. A concentração de ^{15}N nas folhas atingiu um máximo após 12 semanas da aplicação, com uma recuperação de 8,5% e 27,5% de N do fertilizante, correpondentes às doses de 56 e 224 kg N/ha, respectivamente. Os autores também obtiveram que o N-fertilizante lixiviou rapidamente. Após 3 semanas da aplicação, apenas 20% e 17% do N-aplicado, correspondente às doses mais baixa e mais alta, ainda permanecia no "litter" e, após 12 semanas, apenas 39% e 21%, respectivamente, se encontrava no "litter" e camada de 0-10 cm de solo, indicando que o restante foi volatilizado ou lixiviado para camadas mais profundas. No mesmo estudo, MEAD & PRITCHETT (1975b) obtiveram que, no balanço realizado 19 meses após a aplicação, somente 50% do N aplicado ainda permanecia no ecossistema. Cerca de 25,5%, foi absorvido pelas árvores e

24,5% foi encontrado na camada de "litter" + solo a 2 m de profundidade, com o restante sendo perdido.

Em estudos semelhantes ao anterior, utilizando "Corsican Pine" de 40 anos de idade e duas dosagens (252 e 504 kg N/ha) de uma fonte não mencionada marcada com ^{15}N, MILLER *et alii* (1976) obtiveram, após 3 anos, uma eficiência de absorção de 49% para a dose mais baixa e de 44% para a dose mais alta. HEILMAN *et alii* (1982a), em Washington, utilizando "Douglas-fir" (*Pseudotsuga menziesii*) com 7-9 anos de idade, aplicaram 224kg N/ha de uréia -^{15}N. Após 2 anos, os resultados apresentaram uma eficiência de absorção do N pelas plantas de 30%, com 38% permanecendo no solo + manta orgânica ("forest floor") e cerca de 32% tendo sido perdido através das mais diversas formas. As folhas apresentaram 55% do N total proveniente do fertilizante absorvido pela árvore. HEILMAN *et alii* (1982b), nesse mesmo trabalho, também obtiveram evidências de que a maior parte da absorção do N-fertilizante pelas árvores teria ocorrido logo após a sua aplicação, num período entre 6 e 24 semanas. Em experimentos com "Scots Pine" (*Pinus sylvestris*) de 120 a 140 anos de idade, MELIN *et alii* (1983), aplicando 100 kg N/ha de nitrato de amônio-^{15}N, obtiveram, após 2 anos, uma eficiência de absorção variando de 12-29%, permanecendo 13 a 22% retido na manta orgânica ("forest floor").

No único trabalho encontrado na literatura sobre eficiência de absorção de N em eucalipto, PRASAD *et alii* (1984) obtiveram que a recuperação de N, aplicado na forma de uréia, pelo *E.grandis* desenvolvido em solos degradados da Índia, no primeiro ano de crescimento, foi de 79,1%, uma eficiência bem superior em relação àquelas encontradas na literatura para outras essências florestais. Esse resultado pode ter sido superestimado, já que foi obtido de maneira indireta. Em um solo podzólico amarelo siltoso na Tansmânia, NEILSEN *et alii* (1984) otiveram, também através de estimativas indiretas, uma absorção de N pelas plantas de *Pinus radiata* de

14% aos 3 anos de idade, após uma aplicação de 23 g N/árvore, em faixas, 2 meses após o plantio.

VITOUSEK & MATSON (1985) estudaram o efeito de dois tipos de preparo de solo, após corte raso, sobre o balanço do nitrogênio no sistema solo-planta. Após 5 meses do plantio de "Loblolly Pine" (*Pinus taeda*), o tratamento em que os resíduos vegetais maiores foram quebrados e esparramados na área, seguido de queima, apresentou uma eficiência de absorção de nitrogênio de 11%, permanecendo 31% retido na manta orgânica (resíduos não decompostos), 12% na biomassa microbiana e 40% na matéria orgânica do solo (material já decomposto), perfazendo um total contabilizado de 94%, e ocorrendo, portanto, 6% de perdas. No tratamento em que a área foi trabalhada intensamente, ou seja, foi realizado o arrancamento de tocos com lâmina KG, seguido do enleiramento (em que se ajuntou também os resíduos orgânicos), queima e gradagem nas entre-leiras até 12 cm de produndidadde, a eficiência de absorção foi de 13%, permanecendo 5% na manta orgânica, 15% na biomassa microbiana e 40% na matéria orgânica do solo, perfazendo um total contabilizado de 73%, e ocorrendo, portanto, 27% de perdas. Os autores concluiram que onde a área foi pouco trabalhada, as taxas de mineralização e nitrificação do nitrogênio foram menores, sugerindo uma imobilização do N pelos microrganismos do solo e evitando, assim, a sua perda. VITOUSEK & ANDARIESE (1986), continuando os estudos nessa mesma área, confirmaram a maior imobilização de N pela fauna microbiana na área pouco trabalhada, além de que o íon amônio foi imobilizado 2 a 3 vezes mais rapidamente que o nitrato em ambos os tratamentos. Esses autores concluiram que o nitrato do solo das áreas com corte raso é mais disponível às plantas do que o amônio, embora as perdas também sejam maiores.

Em estudos com *Pinus radiata*, Waring[36], citado por

36-WARING, H.D. The role of nitrogen in the maintenance of productivity in conifer plantations. *Commonw. For. Rev.*, *48*: 228-237, 1969.

NAMBIAR & BOWEN (1986), obtive uma absorção de 29,3% pela biomassa aérea durante um período de mais de 5 anos, após uma adubação de 600 kg N/ha, 235 kg P/ha e 360 kg S/ha, a lanço e parcelada em 5 aplicações durante os primeiros 4 anos de idade. Numa crítica a esse trabalho, NAMBIAR & BOWEN (1986) afirmaram que essa absorção foi superestimada por duas razões: altas taxas de aplicação de fertilizante nitrogenado aumentariam a mineralização de N do solo devido ao efeito "Priming", e um aumento na biomassa provocada pelo fertilizante, o qual aumentaria a capacidade das árvores fertilizadas em absorver N do solo. Esses mesmos autores, Nambiar & Bowen[37], citados por THEODOROU (1986), comprovaram as críticas realizando um experimento com ^{15}N em *Pinus radiata* de 1-2 anos de idade, e observaram que somente 10% do nitrogênio aplicado foi absorvido pelas plantas durante o primeiro ano após a aplicação, motivado pelo baixo desenvolvimento do sistema radicular nessa idade.

NAMBIAR & BOWEN (1986) estudaram a eficiência de absorção de nitrogênio proveniente do sulfato de amônio -^{15}N, aplicado aos 2 e 13 meses após o plantio, em *Pinus radiata* plantado em um solo Podzólico arenoso da Austrália. Aos 4,8 anos de idade, os autores concluíram que a aplicação de fertilizante aumentou o crescimento em diâmetro em 12%, não se notando efeito significativo sobre a altura . As eficiências de absorção de N foram baixas, atingindo um máximo de 6,4% nas árvores fertilizadas 2 meses após o plantio e 17,7% naquelas fertilizadas 13 meses após o plantio. A absorção de ^{15}N cessou 12 meses após a aplicação do fertilizante, embora o crescimento das árvores e a absorção total de N tenham continuado a aumentar. A porcentagem de N nas acículas variou de 58 a 72% do total de ^{15}N absorvido, sendo altamente móvel

---

37-NAMBIAR, E.K.S. & BOWEN, G.D. (CSIRO Division of Forest Research, Mount Gambier, and CSIRO Division of Soils, Glen Osmond, respectively. Australia). Particular Communication, 1986.

na planta. Desse total de ^{15}N nas acículas, 12 meses após a aplicação do fertilizante, somente 22,1% permaneceu nas mesmas aos 56 meses de idade, enquanto que 71,6% foi retranslocado para novos tecidos e 6,3% foi encontrado no "litter", proveniente da queda de galhos e folhas. Os autores notaram que embora o solo fosse muito pobre em N total, com concentrações muito baixas (0,03% N), a absorção de N do solo pelas plantas foi alta, sugerindo que as práticas de preparo de solo tenham aumentado a taxa de mineralização do N do solo.

Ainda com relação ao trabalho anterior, os autores também concluíram que a baixa retenção do fertilizante nitrogenado no solo e a baixa porcentagem absorvida pelas árvores podem ser parcialmente explicadas pela imediata lixiviação dos nutrientes solúveis nos solos arenosos, e pelo pequeno contato entre as raízes e os nutrientes resultante da aplicação localizada dos fertilizantes. Para justificar essas afirmativas, os autores citam que em outro estudo nessa mesma área, utilizando lisímetros, Nambiar & Woods[38], citados por NAMBIAR & BOWEN (1986), obtiveram que 72% do N aplicado em faixas semi-circulares foram lixiviados para profundidades abaixo de 40 cm após 142 mm de chuva na primavera. Como o *Pinus radiata* em solos arenosos profundos, após duas estações de crescimento, consegue absorver água e nutrientes a pelo menos 2 metros de profundidade, segundo SANDS & NAMBIAR (1984), os autores NAMBIAR & BOWEN (1986) concluiram que o N lixiviado pode ter sido movido para profundidades abaixo de 2 m. O baixo enraizamento das plantas aos 4 anos de idade e a aplicação localizada do fertilizante diminuiram o contato fertilizante-raíz, com os autores sugerindo que aplicações a lanço, provavelmente, aumentem a absorção dos nutrientes pelo aumento do contato com as raízes, reduzindo as perdas por

---

38-NAMBIAR, E.K.S. & WOODS, R.V. Nitrogen cycle and supply to radiata pine on sandy soils. In: WORKSHOP ON DYNAMIC ASPECTS OF NITROGEN CYCLING IN AUSTRALIAN ECOSYSTEMS, Aspendale, 1979 (unpublished).

lixiviação mesmo nos estágios iniciais de desenvolvimento, e aumentando, portanto, as respostas de crescimento.

De um modo geral, a eficiência de absorção do fertilizante nitrogenado pelas essências florestais é baixa, principalmente em solos arenosos. O retardamento da aplicação do adubo com o objetivo de esperar um maior desenvolvimento do sistema radicular, e a redução no número de atividades do preparo de solo, visando manter o N retido no sistema através do "litter", matéria orgânica e biomassa microbiana, são recomendações sugeridas pela literatura. Para o eucalipto, entretanto, devido à falta de trabalhos científicos, há necessidade de, primeiramente, se quantificar o aproveitamento de N pelas plantas no modo atual com que vem sendo conduzido os plantios, para depois se pensar em novas alternativas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização geográfica

O experimento foi realizado em condições de campo em duas áreas bem distintas pertencentes à empresa Champion Papel e Celulose Ltda. Uma delas, localizada no Horto Gigante, município de Aguaí - SP, apresenta as coordenadas 22°04' de latitude sul, 47°08' de longitude oeste e altitude média de 625 m, e a outra, localizada na Fazenda Zacharias, município de São Simão - SP, com as coordenadas 21°32' de latitude sul, 47°23' de longitude oeste e altitude média de 700 m.

3.2. Clima

O clima das duas regiões em estudo, segundo a classificação de Koeppen, é Cwa. Os balanços hídricos, contendo entre outros dados, as variações da temperatura (C), precipitação (mm) e períodos de déficits e excessos de água (mm) no solo, que ocorreram durante o desenvolvimento da cultura, neste experimento, são apresentados nas Tabelas 1 a 4. Pode-se observar que, durante o período de duração dos ensaios (novembro/86 a maio/87), não houve ocorrência de déficit hídrico no solo, tanto na região de Aguaí-SP como em S. Simão-SP.

TABELA 1: Balanço hídrico obtido para o Horto Gigante (Aguaí - SP), segundo o método de Thornthwaite. Período: 1986

MESES	TEMP. °C	P mm	EP mm	P-EP mm	NEG ACUM	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
JAN	22,0	237	107	130	-	100	0	107	0	130
FEV	22,0	306	93	213	-	100	0	93	0	213
MAR	22,0	146	98	48	-	100	0	98	0	48
ABR	21,0	68	82	-14	14	87	-13	81	1	0
MAI	19,0	43	66	-23	37	68	-19	62	4	0
JUN	15,0	0	35	-35	72	48	-20	20	15	0
JUL	16,0	30	45	-15	87	41	-7	37	8	0
AGO	17,0	87	53	34	28	75	34	53	0	0
SET	20,0	18	72	-54	82	43	-32	50	22	0
OUT	21,0	98	92	6	60	49	6	92	0	0
NOV	22,6	130	116	14	52	63	14	116	0	0
DEZ	21,0	457	97	360	-	100	37	97	0	323
ANO	19,9	1620	956	664	-	-	-	904	50	714

TABELA 2: Balanço hídrico obtido para o Horto Gigante (Aguaí - SP), segundo o método de Thornthwaite. Período: 1987

MESES	TEMP. °C	P mm	EP mm	P-EP mm	NEG ACUM	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
JAN	22,0	211	107	104	-	100	0	107	0	104
FEV	22,0	150	93	57	-	100	0	93	0	57
MAR	22,0	113	98	15	-	100	0	98	0	15
ABR	22,0	216	90	126	-	100	0	90	0	126
MAI	20,0	164	71	93	-	100	0	71	0	93
JUN	15,0	34	38	-4	4	96	-4	38	0	0
JUL	16,0	15	45	-30	34	70	-26	41	4	0
AGO	15,0	4	41	-37	71	48	-22	26	15	0
SET	17,0	92	54	38	15	86	38	54	0	0
OUT	20,0	61	82	-21	36	69	-17	78	4	0
NOV	22,1	175	102	73	-	100	31	102	0	42
DEZ	21,0	156	97	59	-	100	0	97	0	59
ANO	19,5	1391	918	473	-	-	-	895	23	496

TABELA 3: Balanço hídrico obtido para a Fazenda Zacharias (S. Simão - SP), segundo o método de Thornthwaite. Período: 1986

MESES	TEMP. °C	P mm	EP mm	P-EP mm	NEG ACUM	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
JAN	24,0	215	117	98	-	100	0	117	0	98
FEV	24,0	195	102	93	-	100	0	102	0	93
MAR	24,0	128	107	21	-	100	0	107	0	21
ABR	24,0	37	99	-62	62	53	-47	84	15	0
MAI	22,0	103	77	26	44	79	26	77	0	0
JUN	19,0	0	49	-49	93	38	-41	41	8	0
JUL*	18,0	43	45	-2	95	38	0	43	2	0
AGO*	20,9	22	71	-49	144	23	-15	37	34	0
SET*	22,6	36	87	-51	195	14	-9	45	42	0
OUT*	22,8	147	104	43	55	57	43	104	0	0
NOV*	28,0	153	141	12	36	69	12	141	0	0
DEZ	26,0	338	149	189	-	100	31	149	0	158
ANO	23,2	1417	1148	269	-	-	-	1047	101	370

(*) Dados obtidos de uma média de 38 anos

TABELA 4: Balanço hídrico obtido para a Fazenda Zacharias (S. Simão - SP), segundo o método de Thornthwaite. Período: 1987

MESES	TEMP. °C	P mm	EP mm	P-EP mm	NEG ACUM	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
JAN	25,0	206	138	68	-	100	0	138	0	68
FEV	24,0	335	114	221	-	100	0	114	0	221
MAR	24,0	167	120	47	-	100	0	120	0	47
ABR	23,0	105	105	0	-	100	0	105	0	0
MAI	19,0	150	54	96	-	100	0	54	0	96
JUN	18,0	23	49	-26	26	77	-23	46	3	0
JUL	21,0	23	73	-50	76	46	-31	54	19	0
AGO	21,0	4	77	-73	149	22	-24	28	49	0
SET	14,0	65	27	38	50	60	38	27	0	0
OUT	25,5	87	143	-56	106	34	-26	113	30	0
NOV	25,4	307	145	162	-	100	66	145	0	96
DEZ	25,0	183	139	44	-	100	0	139	0	44
ANO	22,1	1655	1184	471	-	-	-	1083	101	572

3.3. Solos

O solo foi uma das variáveis estudadas neste experimento, tentando-se avaliar a retenção de nitrogênio em cada um deles, em função, principalmente, de suas características físicas. No Horto Gigante, Talhão 30, área anterior de *Eucalyptus* spp., com declividade de 3%, o solo foi classificado como Latosol Vermelho-Amarelo fase arenosa (segundo BRASIL, 1960) , e na Fazenda Zacharias, Talhão 166, antiga área abandonada de *Eucalyptus* spp., também com declividade de 3%, foi classificado como Areia Quartzosa distrófica, segundo o mesmo autor.

Foram colhidas amostras de duas profundidades (0-20 e 60-80 cm) no mesmo local onde foi colocado o adubo, com o objetivo de, além de obter as variações das características físicas e químicas nessas camadas, tentar avaliar uma possível lixiviação do nitrogênio para os perfis mais profundos do solo. Essas amostras foram coletadas no momento do encerramento do ensaio, e as do tratamento "testemunha" (sem adubo) apresentaram resultados muitos semelhantes àquelas coletadas antes da instalação do mesmo.

3.4. Exploração e preparo de solo

O método de exploração utilizado para ambas as áreas foi o corte raso e retirada da madeira, com os restos vegetais (galhos+folhas) sendo enleirados e queimados. Como parte do preparo da área, foi realizada a descoivara manual do material restante das leiras, seguido da sua queima.

As gradagens efetuadas nas duas áreas foram diferentes, em função do tipo de solo existente nas mesmas. No Talhão 30 do Horto Gigante (LVA), como o solo se apresentava compactado, foi realizada uma subssolagem, seguida de gradagem pesada (discos de 32"), enquanto que no Talhão 166 da Fazenda Zacharias (AQ) foi realizada apenas uma gradagem leve (discos

de 26").

3.5. Espécie, espaçamento, plantio e adubação

A espécie utilizada foi o *Eucalyptus grandis* procedência Mogi Guaçu, proveniente de Área de Produção de Sementes da própria empresa, escolhida por ser aquela de maior representatividade nos plantios da mesma e em todo o país, e plantada em ambas as áreas no espaçamento 3,0 x 2,0 m, totalizando 1667 plantas por hectare.

O plantio do Talhão 30 do Horto Gigante (LVA) foi realizado em 31/10/86 e o ensaio foi instalado em 05/11/86. No Talhão 166 da Fazenda Zacharias (AQ), o plantio foi realizado em 13/11/86 e o ensaio instalado em 20/11/86.

O outro parâmetro avaliado neste experimento foi a localização do adubo no solo em relação à planta, ou seja, a forma de aplicação do fertilizante. Uma das formas testadas foi a aplicação no sulco de plantio, de forma contínua, e a outra, dividindo-se a dose em duas, e colocando-se metade em cada lado da planta, a uma distância de 30 cm da mesma. Em ambas as formas de aplicação o adubo foi incorporado ao solo, a uma profundidade de 5 cm com o objetivo de evitar perdas por volatilização. Como as mudas já estavam plantadas, no caso da adubação no sulco de plantio, o adubo foi aplicado na linha de plantio (em filete contínuo), 1m de cada lado da planta e contornando a mesma.

A dose e fórmula do fertilizante empregado foi a mesma utilizada na época pela empresa, ou seja, 150 g/planta da fórmula 10-20-10, tendo como fonte nitrogenada o Sulfato de Amônio marcado com ^{15}N-empobrecido, na concentração de 0,065% átomos de ^{15}N. Essa fonte de N foi escolhida pelo fato de, no solo, sofrer os processos de fixação e imobilização, com o N sendo liberado gradativamente na solução do solo (GASSER *et alii*, 1967; KOWALENKO & CAMERON, 1977; MENGEL & SCHERER, 1981, entre outros), e também devido ao amônio ser o íon preferencialmente absorvido pelo eucalipto e outras espécies

florestais (McFEE & STONE, 1968; PRITCHETT, 1979; VALE *et alii*, 1982; LOCATELLI *et alii*, 1984a, 1984b; BARROS *et alii*, 1984). As outras fontes utilizadas foram Superfosfato Simples e Cloreto de Potássio.

As plantas denominadas Bordadura (ver Figura 1) também foram adubadas com o mesmo modo de aplicação que a marcada, correspondente a cada tratamento. Como fonte de nitrogênio, nessas plantas, foi utilizado o Sulfato de Amônio comercial não empobrecido em ^{15}N (0,366% de átomos de ^{15}N). As plantas denominadas Adjacentes não foram adubadas.

3.6. Tratamentos, delineamento estatístico e croqui do ensaio

Este estudo constou dos seguintes tratamentos, instalados tanto no Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa (Horto Gigante) como na Areia Quartzosa distrófica (Fazenda Zacharias):

T1: Testemunha (sem adubo)
T2: Adubação nos dois lados da planta
T3: Adubação no sulco de plantio

O delineamento estatístico utilizado foi o Blocos Casualiazados com Repetição Dentro de Blocos, variando-se o modo de aplicação do fertilizante e o tipo de solo. O ensaio foi subdividido em 3 blocos, contendo 2 repetições de cada tratamento por bloco, totalizando 6 repetições por tratamento. Maiores detalhes podem ser visualizados no croqui dos ensaios (Figura 1). Uma das repetições do ensaio montado na Areia Quartzosa (Tratamento 2-B, Bloco III) foi eliminada para a análise de matéria seca, devido ao seu baixo desenvolvimento, o que provocou a perda de 1 grau de liberdade nessa análise.

Na análise da matéria seca, foi aplicada sobre os dados originais a função Ln(x) (logaritmo neperiano) com o objetivo

de uniformizar as variâncias dos tratamentos, tendo sido recomendado por CATANEO[39] (1989) e KROLL[40] (1989). Nessa idade da planta (6 meses) é comum ocorrer altos Coeficientes de Variação, já que ainda há muita influência individual (genética) sobre o desenvolvimento em altura, fator que tende a diminuir com o decorrer do tempo.

```
                                                                                  2,0m
                                                                                  <->
          X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X  ^3,0
            1 1 1   2 2 2   3 3 3   2 2 2   1 1 1   3 3 3      | m
          X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X  v
BLOCO 1     1 1A1   2 2A2   3 3A3   2 2B2   1 1B1   3 3B3
          X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X
            1 1 1   2 2 2   3 3 3   2 2 2   1 1 1   3 3 3
          X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X

          X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X
            1 1 1   3 3 3   2 2 2   3 3 3   2 2 2   1 1 1
          X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X
BLOCO 2     1 1A1   3 3A3   2 2A2   3 3B3   2 2B2   1 1B1
          X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X
            1 1 1   3 3 3   2 2 2   3 3 3   2 2 2   1 1 1
          X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X

          X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X
            3 3 3   1 1 1   2 2 2   3 3 3   1 1 1   2 2 2
          X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X
BLOCO 3     3 3A3   1 1A1   2 2A2   3 3B3   1 1B1   2 2B2
          X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X
            3 3 3   1 1 1   2 2 2   3 3 3   1 1 1   2 2 2
          X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X

          X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X
```

OBS: As plantas com número/letra são as coletadas (marcadas);
As que estão apenas com numeração, são as da BORDADURA;
As restantes são as ADJACENTES;
Números = tratamentos
Letras = repetições
X = plantas

FIGURA 1: Croqui dos ensaios montados tanto no LVA fase arenosa como na AQ distrófica.

Foi realizada também uma análise estatística (teste t para amostras pareadas) para teor de N total e % Át.^{15}N com o objetivo de verificar a representatividade de sub-amostragens em relação às amostras dos diversos órgãos da planta. (ver Figura 2).

3.7. Coleta do ensaio no campo

O ensaio foi montado em novembro/86 e colhido em maio/87, tempo considerado como suficiente para que todo o nitrogênio aplicado tivesse sido absorvido pelas plantas e/ou perdido por lixiviação ou outras formas, já que passou por todo o período chuvoso e as caracteristicas físicas dos solos não favorecem a retenção de N, principalmente a Areia Quartzosa.

Antes da coleta do material, as parcelas, contendo 9 plantas cada (1 planta marcada + 8 plantas de bordadura), foram medidas em termos de altura, com régua graduada, e número de falhas.

A coleta do ensaio foi realizada aos 6 meses de idade, e as plantas marcadas foram colhidas totalmente, inclusive com as raízes. Nas plantas denominadas Bordadura (plantas que circundam a planta marcada) e nas denominadas Adjacentes (restantes das plantas do ensaio) foram colhidas apenas amostras das folhas, com o objetivo de verificar se essas plantas haviam absorvido algum adubo marcado.

A planta marcada foi dividida em três partes iguais: Ponta, Meio e Base, e também subdividida em órgãos, como Folhas, Galhos, Tronco e Raiz. Portanto, com exceção da raiz,

---

39-CATANEO, A. (Faculdade de Ciências Agronômicas - FCA/UNESP. Polo Computacional do Lageado, Botucatu). Comunicação Pessoal, 1989.

40-KROLL, L.B. (Instituto de Biociências/ UNESP. Departamento de Bioestatística, Botucatu). Comunicação pessoal, 1989.

que não foi subdividida, a planta marcada apresentou a seguinte divisão: Folhas-Ponta, Galhos-Ponta, Tronco-Ponta, Folhas-Meio, Galhos-Meio, Tronco-Meio, Folhas-Base, Galhos-Base, Tronco-Base e Raiz. Como a quantidade de material de cada amostra era muito grande, foram coletadas sub-amostras para análise em cada parte da planta, representando a parte total. Por exemplo, coletou-se um galho da Ponta que representou todos os galhos dessa parte da planta, o mesmo ocorrendo para as folhas e tronco. No caso da raíz não houve coleta de sub-amostras. O método de amostragem no campo pode ser melhor visualizado através da Figura 2.

3.8. Técnica do nitrogênio -15 (^{15}N)

A utilização de materiais enriquecidos (^{15}N) como traçadores em estudos de balanço e transformações de nitrogênio no solo e planta é uma das técnicas de maior precisão e, portanto, de grande importância nesse tipo de estudo.

O nitrogênio, ocorrendo naturalmente, contém 99,634% do isótopo de massa 14 e 0,366% do isótopo de massa 15. Portanto, o grau de enriquecimento é geralmente expresso em porcentagem de átomos de ^{15}N em excesso, sendo obtido subtraindo-se a abundância natural do ^{15}N (0,366%) do valor encontrado na amostra. Entretanto, o seu uso é limitado em função do alto custo do material enriquecido.

Estudos mais recentes têm sido realizados utilizando-se fertilizantes empobrecidos em ^{15}N, ou seja, com concentrações abaixo da abundância natural ($<$ 0,366%). A vantagem desse material é que é bem mais barato do que o enriquecido, da ordem de 3 a 10 vezes segundo BROADBENT (1975), podendo ser utilizado em experimentos que necessitem de grande quantidade de fertilizante marcado.

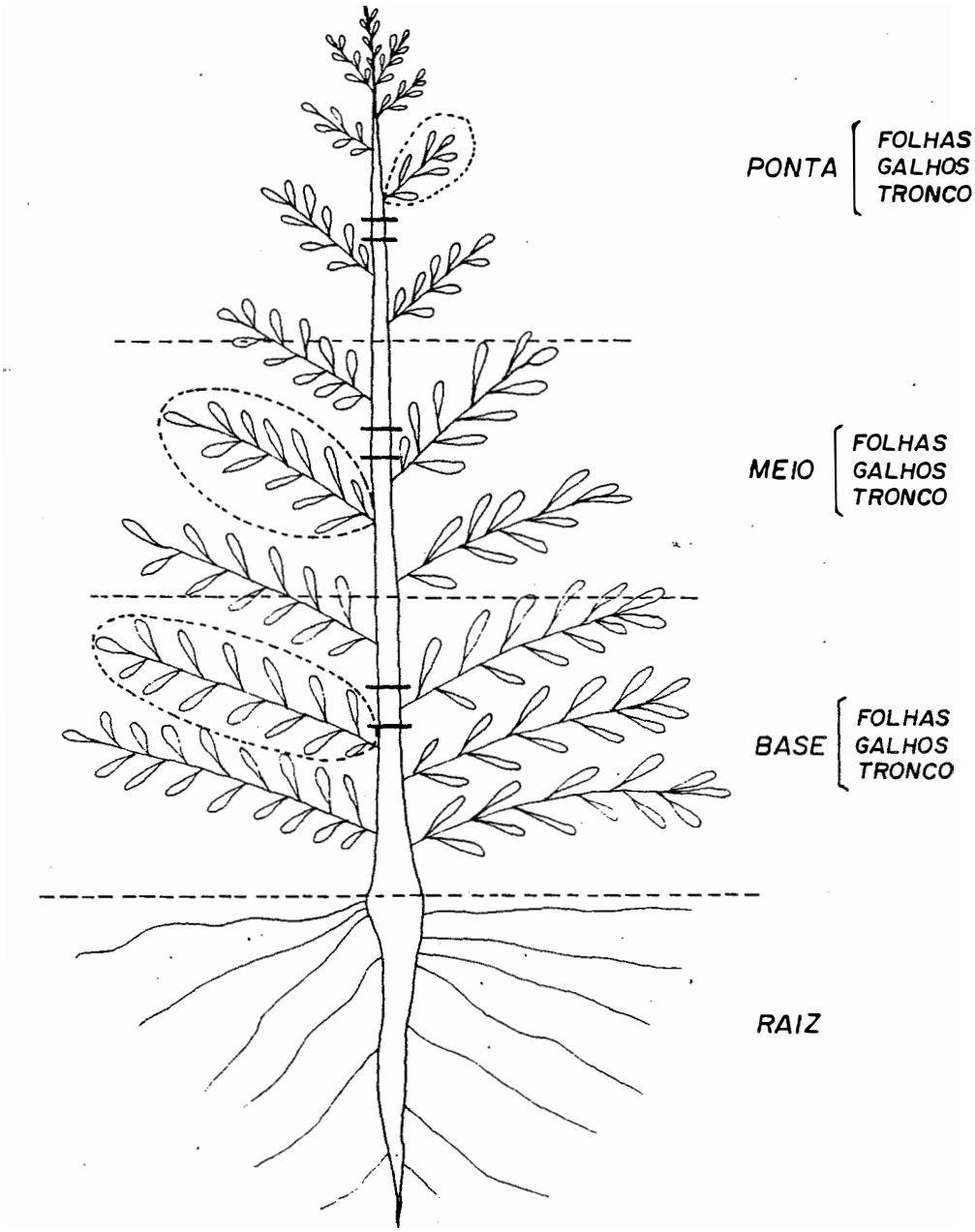

FIGURA 2: Método de coleta de amostras e sub-amostras no campo

A desvantagem do ^{15}N-empobrecido é que, muitas vezes, não pode ser medido onde ocorre uma diluição isotópica excessiva, impedindo a sua detecção. Nesse caso, é necessário utilizar grandes quantidades de material para poder fazer a medição.

O ^{15}N-empobrecido também só consegue ser detectado em experimentos de curta duração. Medidas do N-residual do solo nos anos subseqüentes ao experimento também não são possíveis de ser realizadas (LOCKE & HONS, 1989), devido à passagem do elemento para a fase orgânica, a qual possui um reservatório muito maior de N não marcado no solo (BROADBENT, 1975).

Maiores detalhes dessa técnica podem ser observadas em STARR *et alii* (1974), BROADBENT (1975) e HAUCK & BREMNER (1976).

3.9. Análise do material vegetal

3.9.1. Preparo das amostras

As amostras e subamostras colhidas no campo foram secas em estufa a 60°C até peso constante (48 horas) e, depois, pesadas. Em seguida, foram moídas no moinho Wiley todas as sub-amostras e algumas amostras que foram utilizadas para verificar a representatividade das sub-amostras.

3.9.2. Análise do nitrogênio total na planta (NTP)

Para a determinação do N-total na planta empregou-se o método semi-microkjeldahl, com digestão de 200 mg de material em solução digestora de ácido sulfúrico e posterior destilação e titulação com soda (NaOH), de acordo com o método descrito por BREMNER & MULVANEY (1982).

As quantidades de nitrogênio total extraídas pelas

plantas (QTNP), ou órgãos, foram calculadas pela seguinte expressão:

$$QTNP = \frac{\%NTP \times M.S.}{100} \qquad (1)$$

sendo:

%NTP = porcentagem de nitrogênio total na planta;

M.S. = matéria seca, em Kg/ha.

3.9.3. Determinação da relação isotópica ($^{15}N/^{14}N$) na planta

Para as análises da composição isotópica do nitrogênio contido nas amostras, estas foram processadas de acordo com o método de Dumas modificado (PROKSCH, 1972) para produzir o N_2, cuja composição isotópica foi determinada no espectrômetro de massa Atlas-Mat, modelo CH-4, pertencente ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura- CENA/USP.

A equação que expressa a concentração porcentual de átomos de ^{15}N em relação ao total de átomos de N contido na amostra é a seguinte:

$$\%\ Át.^{15}N = \frac{nº\ átomos\ ^{15}N}{nº\ átomos\ ^{14}N + nº\ átomos\ ^{15}N} \times 100 \qquad (2)$$

Dessa maneira, encontrou-se que a porcentagem de átomos de ^{15}N nas amostras de material vegetal de *Eucalyptus grandis* sem adubação nitrogenada (abundância natural de ^{15}N) foi de 0,366±0,002)%.

Detalhes dos cálculos utilizados na determinação da composição isotópica do N nas amostras podem ser vistos em TRIVELIN *et alii* (1973).

3.9.4. Cálculo do nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF)

3.9.4.1. Fração de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante

Considera-se que a planta absorva nitrogênio de 2 fontes: nitrogênio originário do solo e nitrogênio proveniente do fertilizante aplicado. A fim de se poder distinguir, na planta, o nitrogênio proveniente de cada fonte, utiliza-se como fertilizante um composto nitrogenado com concentração isotópica distinta daquela do nitrogênio nativo do solo.

Sejam:

a= concentração de ^{15}N do nitrogênio nativo do solo (%);

b= concentração de ^{15}N do nitrogênio do fertilizante aplicado (%);

c= concentração de ^{15}N do nitrogênio da planta (%);

f= fração do nitrogênio da planta proveniente do fertilizante (%).

A equação fundamental da diluição isotópica é:

$$c = f.b + (1 - f).a$$

Daqui se tem:

$$f = NPPF = \frac{c - a}{b - a}$$

Portanto, somente com o conhecimento das concentrações isotópicas do nitrogênio das duas fontes e da planta, pode-se determinar as contribuições relativas de cada fonte na planta.

Nesta formulação, foram desprezados os eventuais fracionamentos isotópicos que venham a ocorrer durante os processos de absorção e translocação do nitrogênio através dos órgãos.

A quantidade de nitrogênio na planta (ou órgãos) proveniente do fertilizante (QNPPF) foi calculada através da

seguinte equação:

$$QNPPF = \frac{\% \ NPPF \times QTNP}{100} \qquad (4)$$

onde:

QTNP = quantidade total de nitrogênio na planta (ou órgão), em kg/ha.

3.9.4.2. Eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN)

Normalmente, o termo "Eficiência de Utilização do Nitrogênio" diz respeito à quantidade de matéria seca produzida por unidade de N. Entretanto, neste experimento, o termo "Eficiência de Utilização do Fertilizante Nitrogenado" (EUFN) corresponde à porcentagem de nitrogênio, proveniente do fertilizante, absorvida pela planta, sendo uma sigla internacionalmente utilizada quando se trabalha com ^{15}N. Termos como "Eficiência de Absorção de N" ou "Recuperação pela Planta do Nitrogênio Aplicado", utilizados na literatura em geral e citados na Revisão de Literatura deste trabalho, também são equivalentes ao termo EUFN, o qual será utilizado daqui para frente.

A eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado pela planta (ou órgão) foi calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$EUFN = \frac{QNPPF}{QNA} \times 100 \qquad (5)$$

onde:

QNPPF = quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante, em kg/ha;

QNA = quantidade de nitrogênio aplicada à cultura, em kg/ha.

3.9.5. Determinação dos demais elementos na planta

Os métodos utilizados na análise química dos demais elementos na planta, ou seja, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, foram baseados em BATAGLIA *et alii* (1983).

3.10. Análise do solo

3.10.1. Teor de N total no solo

O teor, em porcentagem, de N total no solo (NTS) foi determinado em dois gramas de terra fina seca ao ar (TFSA), pelo método semi-microkjeldahl, de acordo com a técnica descrita por BREMNER & MULVANEY (1982).

3.10.2. Determinação da relação isotópica ($^{15}N/^{14}N$) do N no Solo

Com o material destilado obtido na determinação do teor total de nitrogênio, foram realizadas as análises da composição isotópica do elemento no solo.

Aplicou-se o método de Rittenberg, citado por TRIVELIN *et alii* (1973), para a produção de N_2.

A concentração de átomos de ^{15}N no N do solo foi calculada pela equação (2). Assim, nas amostras de solo que não receberam adubo nitrogenado marcado, a porcentagem de átomos de ^{15}N (abundância natural de ^{15}N) teve um valor médio de 0,369±0,002% para o Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa e de 0,371±0,002% para a Areia Quartzosa distrófica.

3.10.3. Cálculo do nitrogênio no solo proveniente do fertilizante (NSPF)

A porcentagem de nitrogênio no solo proveniente do fertilizante (% NSPF) foi calculada através da equação:

$$f = NSPF = \frac{c - a}{b - a}$$

onde:

a= concentração de ^{15}N do nitrogênio nativo do solo (%);

b= concentração de ^{15}N do nitrogênio do fertilizante aplicado (%);

c= concentração de ^{15}N do nitrogênio do solo (%);

f= NSPF = fração do nitrogênio do solo proveniente do fertilizante (%).

3.10.4. Determinação dos demais elementos e análise física do solo.

Os métodos utilizados nas análises químicas do solo foram baseados em RAIJ *et alii* (1987) e os utilizados nas análises físicas foram baseados em KILMER & ALEXANDER (1949).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise de solo

4.1.1. Análise química do solo

Os resultados das análises químicas dos solos LVA fase arenosa e AQ distrófica estão contidos na Tabela 5.

Analisando primeiramente os resultados da AQ, observa-se que, como era de se esperar, é um solo muito pobre e extremamente ácido nas duas profundidades, com teores médios de matéria orgânica na superfície (segundo CFSEMG, 1989) e valores de Saturação em Bases (V%) e CTC muito baixos. O teor de fósforo também é muito baixo, embora nas camadas superficiais dos tratamentos adubados o teor possa ser considerado médio se analisado do ponto de vista de fertilidade para culturas anuais. Entretanto, se for comparado com o nível crítico de implantação fornecido por NOVAIS *et alii* (1986) para a cultura do eucalipto, que é de 80 ppm para solos arenosos, o teor de P, mesmo onde foi adubado, deve ser considerado muito baixo. Ainda segundo os níveis críticos fornecidos por esses autores, os teores de potássio e cálcio obtidos são adequados para a implantação do eucalipto, embora não o sejam para as culturas anuais. O teor de nitrogênio obtido (Tabela 6) está dentro da faixa de valores fornecidos por MALAVOLTA (1982) em Regossolos existentes no Estado de São Paulo (0,03 a 0,07%), e é considerado baixo segundo a classificação citada por MALAVOLTA & KLIEMANN (1985) (<0,08%). O teor na camada 0-20 é o dobro em relação à camada 60-80 cm,

TABELA 5: Resultados das análises químicas dos solos Areia Quartzosa distrófica (Fazenda Zacharias, S.Simão-SP) e Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa (Horto Gigante, Aguaí-SP), nas profundidades de 0-20 e 60-80cm

SOLO	TRATA-MENTOS	PROF. cm	pH em $CaCl_2$	M.O. %	P[1]	m.e.q./100cm³ de terra						V %
						H^++Al^{+3}	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	S	CTC	
AQ	T1	0-20	3,8	2,3	9	10,4	0,03	0,3	traç[2]	0,3	10,7	3
		60-80	4,0	1,0	3	4,7	traç	0,1	traç	0,1	4,8	2
	T2	0-20	3,8	1,8	28	3,3	0,03	0,3	traç	0,3	3,6	9
		60-80	4,0	1,0	3	4,0	0,02	0,2	traç	0,2	4,2	5
	T3	0-20	3,7	1,8	34	3,4	0,02	0,4	traç	0,4	3,8	11
		60-80	4,0	1,1	3	4,7	0,03	0,2	traç	0,2	4,9	5
LVA	T1	0-20	3,8	2,6	6	3,6	0,09	0,3	0,1	0,4	4,0	12
		60-80	3,9	1,2	1	5,8	0,03	0,2	traç	0,2	6,0	4
	T2	0-20	4,1	2,6	74	3,8	0,08	2,2	0,1	2,3	6,1	38
		60-80	3,9	1,2	1	5,2	0,09	0,2	traç	0,2	5,4	5
	T3	0-20	3,8	2,2	9	4,5	0,08	0,3	traç	0,3	4,8	8
		60-80	3,9	1,2	1	5,8	0,09	0,2	traç	0,2	6,0	5

[1]-resina (μg P/cm³)
[2]-traç = traços
T1 = Testemunha (sem adubo)
T2 = Adubação nos dois lados da planta
T3 = Adubação no sulco de plantio

TABELA 6: Teor médio de nitrogênio no solo (%) a duas profundidade após 6 meses da aplicação do fertilizante nitrogenado em função do tipo de solo e modo de aplicação

TRATAMENTOS	TEOR DE NITROGÊNIO NO SOLO (%)			
	LVA (L1)		AQ (L2)	
	0-20	60-80	0-20	60-80
T1	$0,081^{Aa}$	$0,032^{Aa}$	$0,040^{Ba}$	$0,019^{Ba}$
T2	$0,070^{Aa}$	$0,035^{Aa}$	$0,035^{Ba}$	$0,018^{Ba}$
T3	$0,066^{Aa}$	$0,034^{Aa}$	$0,038^{Ba}$	$0,019^{Ba}$

Valores da mesma variável seguidos da mesma letra maiúscula na mesma linha, ou minúscula na mesma coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.
T1 = Testemunha (sem adubo)
T2 = Adubação nos dois lados da planta
T3 = Adubação no sulco de plantio

mas não varia estatisticamente entre os tratamentos dentro da mesma camada (Tabelas 7 e 8).

Para o LVA fase arenosa, os resultados indicam um pH muito baixo e um teor médio de matéria orgânica na camada superficial. O nível de fósforo é considerado baixissimo, com exceção do apresentado pela camada de 0-20 cm no T2, o qual quase atinge o nível adequado de P para implantação de eucalipto, segundo NOVAIS *et alii* (1986). Ainda de acordo com os níveis críticos fornecidos por esses autores, os teores de K, Ca e Mg, este último na camada superficial, são considerados adequados para o eucalipto. Os valores de CTC e V% são baixos, o mesmo ocorrendo para os teores de N (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985), os quais estão de acordo com os

existentes nesse tipo de solo no Estado de São Paulo (0,05 a 0,08%, segundo MALAVOLTA, 1982).

Comparando-se os dois solos entre si, nota-se que os teores de matéria orgânica, Mg, e os valores de S e CTC são um pouco superiores para o LVA. O teor de K é três vezes superior no LVA em relação à AQ. Quanto aos teores de N, a análise estatística (Tabelas 7 e 8) mostra que esses solos são bastante diferentes (p=0,01), confirmando-se a maior fertilidade do LVA fase arenosa.

TABELA 7: Teste F para os teores de N no solo

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F	
Causa de Variação	G.L.	0-20	60-80
Local	1	76,68**	156,47**
Tratamento	2	1,79ns	0,21ns
Tratamento X Local	2	1,01ns	1,11ns
Bloco (local)	4	0,35ns	0,30ns
Rep. (Bloco x Local)	6	1,03ns	1,78ns
(Modelo)	(15)	5,99**	11,40**
Resíduo	20	-	-
Total	35	-	-
Desdobramento			
Local dentro T1	1	36,05**	38,03**
Local dentro T2	1	26,63**	68,51**
Local dentro T3	1	16,02**	52,16**
Tratamento dentro L1	2	2,51ns	1,01ns
Tratamento dentro L2	2	0,29ns	0,32ns
	C.V.=	21,80%	13,58%

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 8: Teste de comparação de médias (Tukey) para os teores de N (%) no solo, a duas profundidade

CAUSAS DA VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS	
	0-20 cm	60-80 cm
TRATAMENTOS		
T1 - T2	0,008^{ns}	-0,001^{ns}
T1 - T3	0,008^{ns}	-0,001^{ns}
T2 - T3	0,000^{ns}	-0,000^{ns}
LOCAIS		
L1 - L2	0,035**	0,015**
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS		
T1 : L1 - L2	0,041**	0,013**
T2 : L1 - L2	0,035**	0,017**
T3 : L1 - L2	0,028**	0,015**
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS		
L1 : T1 - T2	0,011^{ns}	-0,003^{ns}
T1 - T3	0,015^{ns}	-0,002^{ns}
T2 - T3	0,004^{ns}	0,001^{ns}
L2 : T1 - T2	0,005^{ns}	0,001^{ns}
T1 - T3	0,002^{ns}	0,000^{ns}
T2 - T3	-0,003^{ns}	-0,001^{ns}

4.1.2. Análise física do solo

As análises físicas dos solos em estudo estão apresentadas na Tabela 9. Observa-se que os teores de argila nos dois solos são bastante baixos e semelhantes em ambas as profundidades. O que difere, fundamentalmente, um solo do outro são os teores de silte, bem superiores para o LVA, e os teores de areia total, maiores na AQ. Com relação a estes

últimos, a AQ apresenta maiores quantidades de areia fina e muito fina em relação ao LVA, enquanto que este apresenta maiores quantidades de areia grossa em relação à AQ.

TABELA 9: Resultados, em porcentagem, das análises físicas dos solos Areia Quartzosa distrófica (Fazenda Zacharias, S.Simão-SP) e Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa (Horto Gigante, Aguaí-SP), nas profundidades de 0-20 e 60-80 cm

SOLO	TRATAMENTOS	PROF (cm)	AREIA MUITO GROSSA 2 - 1 mm	AREIA GROSSA 1 - 0,5 mm	AREIA MÉDIA 0,5-0,25 mm	AREIA FINA 0,25-0,10 mm	AREIA MUITO FINA 0,10-0,05mm	AREIA TOTAL 2 - 0,05 mm	SILTE 0,05-0,002 mm	ARGILA 0,002 mm
					%					
AQ	T1	0-20	0,0	6,0	31,0	40,0	13,0	90,0	3,0	7,0
		60-80	1,0	8,0	32,0	40,0	11,0	92,0	3,0	5,0
	T2	0-20	1,0	10,0	35,0	36,0	10,0	92,0	1,0	7,0
		60-80	1,0	5,0	31,0	42,0	12,0	91,0	2,0	7,0
	T3	0-20	0,0	7,0	31,0	40,0	13,0	91,0	3,0	6,0
		60-80	0,0	6,0	31,0	41,0	11,0	89,0	5,0	6,0
LVA	T1	0-20	3,0	15,0	30,0	18,0	6,0	72,0	19,0	9,0
		60-80	2,0	12,0	29,0	22,0	6,0	71,0	22,0	7,0
	T2	0-20	2,0	13,0	32,0	22,0	5,0	74,0	23,0	3,0
		60-80	2,0	12,0	28,0	20,0	6,0	68,0	27,0	5,0
	T3	0-20	2,0	12,0	33,0	21,0	6,0	74,0	23,0	3,0
		60-80	2,0	11,0	27,0	21,0	7,0	68,0	19,0	13,0

4.1.3. Nitrogênio no solo

Os teores (%) de nitrogênio total nos. solos LVA fase arenosa e AQ distróica para os três tratamentos testados já

foram comentados no item 4.1.1.

Quanto às análises da porcentagem de átomos de ^{15}N nos solos (%At.^{15}N), nas profundidades 0-20 e 60-80 cm, os resultados não indicaram a presença de fertilizante nitrogenado marcado, motivo pelo qual os mesmos não foram apresentados.

Entretanto, a não detecção do sulfato de amônio-^{15}N no solo não significa que todo o adubo tenha se perdido. Pode ser que uma parte do fertilizante aplicado ainda esteja no solo, mas a sensibilidade do espectrômetro de massa utilizado não permitiu a sua detecção. Na verdade, não é problema do aparelho, mas, sim, do método empregado. Uma das desvantagens da utilização do ^{15}N-empobrecido, como já citado, é que não pode ser medido em locais onde ocorre diluição isotópica excessiva (BROADBENT, 1975; HAUCK & BREMNER, 1976), o que poderia ter ocorrido neste caso. Por outro lado, num teste realizado antes da montagem do experimento definitivo, em Areia Quartzosa, foi encontrada uma quantidade significativa de fertilizante nitrogenado marcado (^{15}N-empobrecido), após 4 meses da sua aplicação, em virtude, provavelmente, da baixa precipitação pluviométrica ocorrida durante esse período (meses de julho e agosto/86, de pouca chuva, conforme o balanço hídrico da região de S.Simão-SP), o que demonstra que a quantidade de fertilizante aplicada foi suficiente para a sua detecção.

Uma outra hipótese é a de que, realmente, todo o nitrogênio proveniente do fertilizante, que não foi absorvido pelas plantas, tenha se perdido através, principalmente, de lixiviação, devido às características físicas dos dois solos e do período chuvoso durante a época de condução dos ensaios. Esses dados foram levados em consideração quando se definiu o período de 6 meses para duração dos experimentos.

Segundo MEAD & PRITCHETT (1975a, 1975b) e HEILMAN *et alii* (1982b) , a maioria do N do fertilizante se perde durante os

primeiros meses após sua aplicação. Estudos realizados por DANCER (1975), mostraram que o NH_4^+, na forma de sulfato de amônio, é lixiviado à uma taxa de 2,5 mm por milímetro de chuva em solos arenosos. Se considerarmos que durante o período de condução dos experimentos (novembro/86 a maio/87) choveu 1294 mm no Horto Gigante (LVA fase arenosa) e 1302,5 mm na Fazenda Zacharias (AQ), e levando-se em conta somente metade das precipitações de novembro/86 e maio/87, chega-se à conclusão de que o íon amônio, ao final do experimento, lixiviou a uma profundidade de 323,5 cm no LVA e 325,6 cm na AQ, considerando-se a mesma permeabilidade para os dois solos, já que o autor citado não especifica o teor de areia no solo por ele estudado.

De qualquer maneira, como a amostragem mais profunda, neste experimento, foi realizada na camada de 60-80 cm, todo o N lixiviado abaixo dessa profundidade pode ser considerado perdido. Ainda, se for levado em conta os resultados obtidos por Leal & Alvahyds[14], citados por ALMEIDA *et alii* (1985), os quais encontraram que todo o nitrogênio amoniacal aplicado a um solo arenoso (série Itaguaí) foi nitrificado após 3 meses de experimentação, em condições de campo, e que o íon nitrato é muito mais móvel no solo do que o amônio, chega-se à conclusão de que, provavelmente, o nitrogênio do adubo não absorvido pelas plantas foi lixiviado para as camadas mais profundas do solo.

4.2. Análise de crescimento

Os resultados das medições do crescimento em altura (m) e do número de falhas (%) do *E.grandis*, aos 6 meses de idade, desenvolvido em Areia Quartzosa (S.Simão-SP) e em Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa (Aguaí-SP) estão incluídos na Tabela 10. O teste F se encontra na Tabela 11 e as diferenças

entre as médias dos tratamentos (teste de Tukey) estão apresentadas na Tabela 12.

Analisando-se a média dos tratamentos independentemente dos locais (tipo de solo), nota-se que a altura média dos tratamentos adubados (T2 e T3) foi superior à testemunha (T1) ao nível de 1% de probabilidade, o mesmo acontecendo quando se comparou a média dos tratamentos no LVA com a média na AQ. As diferenças em altura dos tratamentos T1, T2 e T3 no LVA em relação à AQ foram, respectivamente, 42,2% (p=0,01), 17,8% (p=0,05) e 10,1% (n.s.), ocorrendo, portanto, como era de se esperar, um maior desenvolvimento do eucalipto no solo de melhores características físicas e químicas, embora as diferenças de crescimento tenham diminuido com a aplicação do adubo.

Comparando-se a altura média dos tratamentos em cada tipo de solo, observa-se que, na Areia Quartzosa, os tratamentos T2 e T3 foram superiores (p=0,05) à testemunha (T1), apresentando ganhos de 48,8% e 56,2%, respectivamente, enquanto que no LVA não houve diferença significativa entre esses tratamentos e a testemunha, embora os ganhos em altura tenham sido de 23,3% (T2) e 20,9% (T3).

Com relação aos tratamentos adubados (T2 e T3), não houve diferença significativa entre eles tanto na AQ (ganho de 5,0% para o T3 em relação ao T2) como no LVA (ganho de 1,9% para o T2 em relação ao T3).

Quanto às falhas, a sua porcentagem foi bastante baixa em todos os tratamentos, não ocorrendo diferenças significativas entre eles. Apesar disso, foram superiores nos tratamentos implantados na AQ quando comparados aos mesmos implantados no LVA.

TABELA 10: Crescimento médio em altura (m) e número de falhas (%) em *E.grandis* aos 6 meses de idade, em função do tipo de solo e do modo de aplicação do fertilizante. (Média de 6 repetições)

TRATAMENTO	AQ (L1)			LVA (L2)			Comparação das alturas entre L2 e L1 (%)
	H(m)	F(%)	Ganho em Altura %	H(m)	F(%)	Ganho em Altura %	
T1	$1,21^{Aa}$	$5,55^{Aa}$	-	$1,72^{Ba}$	$3,70^{Aa}$	-	42,2
T2	$1,80^{Ab}$	$3,70^{Aa}$	48,8	$2,12^{Ba}$	$0,00^{Aa}$	23,3	17,8
T3	$1,89^{Ab}$	$5,55^{Aa}$	56,2	$2,08^{Aa}$	$1,85^{Aa}$	20,9	10,1

Valores da mesma variável seguidos da mesma letra maiúscula na mesma linha, ou minúscula na mesma coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.
T1 = Testemunha (sem adubo)
T2 = Adubação nos dois lados da planta
T3 = Adubação no sulco de plantio

TABELA 11: Teste F para os dados de crescimento em altura (m) e falhas (%) para *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F	
Causa de Variação	G.L.	ALTURA	FALHAS
Local	1	15,61**	1,69ns
Tratamento	2	15,96**	0,47ns
Tratamento X Local	2	1,19ns	0,07ns
Bloco (local)	4	0,77ns	0,47ns
Rep. (Bloco x Local)	6	1,03ns	0,61ns
(Modelo)	(15)	3,94**	0,55ns
Resíduo	20	-	-
Total	35	-	-
Desdobramento			
Local dentro T1	1	11,82**	0,20ns
Local dentro T2	1	4,56*	0,81ns
Local dentro T3	1	1,61ns	0,81ns
Tratamento dentro L1	2	12,64**	0,14ns
Tratamento dentro L2	2	4,51*	0,41ns
	C.V.=	14,26%	209,84%

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 12: Teste de comparação de médias (Tukey) para os dados de crescimento em altura (m) e falhas (%) para *E.grandis* aos 6 meses de idade

CAUSAS DA VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS	
	H (m)	F (%)
TRATAMENTOS		
T1 - T2	$-0,50^{**}$	$2,78^{ns}$
T1 - T3	$-0,52^{**}$	$0,93^{ns}$
T2 - T3	$-0,03^{ns}$	$-1,85^{ns}$
LOCAIS		
L1 - L2	$-0,34^{**}$	$3,08^{ns}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS		
T1 : L1 - L2	$-0,51^{**}$	$1,85^{ns}$
T2 : L1 - L2	$-0,32^{*}$	$3,70^{ns}$
T3 : L1 - L2	$-0,19^{ns}$	$3,70^{ns}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS		
L1 : T1 - T2	$-0,59^{*}$	$1,85^{ns}$
T1 - T3	$-0,68^{*}$	$0,00^{ns}$
T2 - T3	$-0,09^{ns}$	$-1,85^{ns}$
L2 : T1 - T2	$-0,40^{ns}$	$3,70^{ns}$
T1 - T3	$-0,36^{ns}$	$1,85^{ns}$
T2 - T3	$0,04^{ns}$	$-1,85^{ns}$

4.3. Produção de matéria seca e teor de nutrientes na planta

Os valores médios de produção de matéria seca nos diferentes orgãos do *E.grandis*, aos 6 meses de idade, em função do tipo de solo e do modo de aplicação do fertilizante, estão apresentados na Tabela 13.

Analisando, para o LVA, a quantidade total de matéria seca nas folhas, observa-se que a produção foi maior nos

tratamentos adubados, apesar de não haver diferenças estatísticas entre eles. A adubação no sulco (T3) proporcionou um ganho de 29,4% sobre a adubação nos dois lados da planta (T2). Na AQ, as quantidades de matéria seca nas folhas foram

TABELA 13: Produção média de matéria seca (kg/ha) dos diferentes orgãos do *E.grandis* em função do tipo de solo e modo de aplicação do fertilizante, aos 6 meses de idade

PARTES DA PLANTA	PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA (Kg/ha)					
	LVA (L1)			AQ (L2)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
FOLHA-PONTA	33,53^{Aa}	27,02^{Aa}	43,18^{Aa}	15,94^{Ba}	34,19^{Aa}	29,48^{Aa}
FOLHA-MEIO	115,80^{Aa}	193,93^{Aa}	232,93^{Aa}	187,64^{Ba}	207,51^{Aa}	216,13^{Aa}
FOLHA-BASE	407,23^{Aa}	446,87^{Aa}	587,89^{Aa}	78,41^{Ba}	642,42^{Ab}	618,95^{Ab}
TOTAL	556,56^{Aa}	667,82^{Aa}	864,00^{Aa}	281,99^{Ba}	889,07^{Ab}	864,56^{Ab}
GALHO-PONTA	32,22^{Aa}	15,83^{Aa}	26,15^{Aa}	6,20^{Ba}	15,13^{Aa}	12,97^{Aa}
GALHO-MEIO	89,01^{Aa}	118,29^{Aa}	179,82^{Aa}	96,75^{Aa}	149,11^{Aa}	160,74^{Aa}
GALHO-BASE	288,31^{Aa}	363,66^{Aa}	456,64^{Aa}	48,62^{Ba}	523,93^{Ab}	524,54^{Ab}
TOTAL	409,54^{Aa}	497,78^{Aa}	662,61^{Aa}	151,57^{Ba}	668,17^{Ab}	698,25^{Ab}
TRONCO-PONTA	10,48^{Aa}	10,96^{Aa}	18,20^{Aa}	3,43^{Ba}	13,50^{Aa}	11,35^{Aa}
TRONCO-MEIO	60,30^{Aa}	94,20^{Aa}	94,60^{Aa}	30,61^{Ba}	82,86^{Aa}	82,94^{Aa}
TRONCO-BASE	220,57^{Aa}	352,72^{Aa}	372,03^{Aa}	82,82^{Ba}	413,82^{Ab}	390,20^{Ab}
TOTAL	291,35^{Aa}	457,88^{Aa}	484,83^{Aa}	116,86^{Ba}	510,18^{Ab}	484,49^{Ab}
RAIZ	178,57^{Aa}	306,13^{Aa}	312,09^{Aa}	72,48^{Ba}	376,94^{Ab}	257,59^{Ab}
PLANTA INTEIRA	1436,02^{Aa}	1929,61^{Aa}	2323,53^{Aa}	622,90^{Ba}	2464,36^{Ab}	2304,89^{Ab}

Valores seguidos da mesma letra maiúscula para locais diferentes, ou minúscula para o mesmo local, na mesma linha , não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.
T1 = Testemunha (sem adubo)
T2 = Adubação nos dois lados da planta
T3 = Adubação no sulco de plantio

equivalentes em ambos os tratamentos (T2 e T3) e muito superiores em relação à testemunha (cerca de 210,0%). As análises estatísticas (Tabelas 14 e 15) mostram que a média dos tratamentos T1 nos dois solos difere (p=0,01) da média dos tratamentos T2 e T3, sendo que a produção de matéria seca pela testemunha no LVA foi bem superior à da testemunha na AQ (p=0,01).

Para os galhos, no LVA, a maior quantidade de matéria seca foi produzida pelo T3 em todas as partes (Ponta, Meio e Base), também não ocorrendo diferenças estatísticas entre os tratamentos. Na AQ, os tratamentos T2 e T3 diferiram estatisticamente (p=0,01) da testemunha (T1) para Galho-Base e Galho-Total (Tabelas 16 e 17).

Os resultados encontrados no tronco e raiz também foram semelhantes aos das folhas e galhos, sendo que as análises estatísticas se encontram nas Tabelas 18 e 19.

Na análise da planta inteira (Tabelas 13, 18 e 19, e Figura 3), observa-se que, no LVA, a produção de matéria seca foi maior no T3 (61,8% em relação ao T1), seguido do T2 (34,4% em relação ao T1), com o tratamento T3 produzindo 394 kg/ha a mais que o T2. Para a AQ, a diferença de produção de T2 para T1 foi de 295,6% e de T3 para T1 de 270,0%, com uma diferença de 160 kg/ha de T2 sobre T3.

Comparando-se os mesmos tratamentos em solos diferentes, nota-se que a testemunha no LVA produziu 813 kg/ha (130,0%) a mais do que na AQ, evidenciando a melhor qualidade do LVA. Entretanto, com a aplicação de fertilizantes, as produções de matéria seca tornaram-se equivalentes nos dois solos (para T3) e até superior na AQ para o tratamento T2, com uma diferença de produção de 535 kg/ha (28,0%), mostrando, aparentemente que a adubação até essa idade, suprimiu as diferenças de qualidade dos dois sítios em termos de produção de matéria seca, já que também não houve déficit hídrico em ambos os solos que pudesse afetar o desenvolvimento das plantas.

A Figura 4 mostra a distribuição (%) de matéria seca nos diversos orgãos da planta para os três tratamentos nos dois tipos de solo. Para todos os tratamentos e em ambos os solos, houve maior acúmulo nas folhas, seguido dos galhos, tronco e raiz, e, ainda, numa proporção semelhante, independentemente se adubado ou não. Entretanto, com o aumento da idade do eucalipto, deverá ocorrer uma queda na porcentagem de biomassa nas folhas, galhos e raiz, aumentando no tronco e passando a ter a seguinte seqüência: tronco >galhos >folhas. (BELLOTE *et alii*, 1980; POGGIANI *et alii*, 1983; PEREIRA *et alii*, 1984; REIS *et alii*, 1985).

Quanto à distribuição dos teores de nutrientes nos diversos órgãos da planta, os resultados estão apresentados nas Tabelas 20 a 25 (Apêndice). De um modo geral, observa-se que tanto os macro como os micronutrientes se acumularam em maiores proporções nas folhas, seguido dos galhos, tronco e raiz, exceção feita aos elementos Ca, S e Zn, cujos teores na raiz vieram logo a seguir ao das folhas, e ao Fe que se acumulou em maiores quantidades na raiz.

Notou-se uma tendência de acúmulo de Mg, principalmente nas folhas, nas plantas da testemunha (T1), em relação às dos tratamentos adubados em ambos os solos. Esse fato é explicado pelo acentuado antagonismo existente entre o potássio e o magnésio, sendo que maiores teores do primeiro no solo inibem a absorção do segundo (DEJOU & MONTARD, 1982; BÜLL, 1986). Como a testemunha não recebeu adubo potássico, o magnésio foi mais absorvido pelas plantas nesse tratamento. Foi observado também uma maior concentração de Fe nas raízes do tratamento T2, decorrente, provavelmente, da maior concentração de fósforo existente nas proximidades das raízes das plantas desse tratamento.

Para os demais nutrientes, não se notou qualquer tendência de acúmulo nos tratamentos em função do tipo de solo e, aparentemente, nenhuma deficiência nutricional na testemunha em relação aos tratamentos adubados.

TABELA 14: Teste F para quantidade de matéria seca nas folhas de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIANCIA		VALORES DE F			
Causa de Variação	G.L.	FOLHA-PONTA	FOLHA-MEIO	FOLHA-BASE[1]	FOLHA-TOTAL
Local	1	$3,25^{ns}$	$1,79^{ns}$	$6,74^{*}$	$1,75^{ns}$
Tratamento	2	$1,74^{ns}$	$4,20^{*}$	$10,47^{**}$	$15,05^{**}$
Tratamento X Local	2	$2,68^{ns}$	$2,11^{ns}$	$8,65^{**}$	$6,44^{**}$
Bloco (local)	4	$0,83^{ns}$	$1,58^{ns}$	$0,13^{ns}$	$0,88^{ns}$
Rep. (Bloco x Local)	6	$0,32^{ns}$	$0,61^{ns}$	$1,12^{ns}$	$1,01^{ns}$
(Modelo)	(15)	$1,16^{ns}$	$1,63^{ns}$	$3,48^{**}$	$3,62^{**}$
Resíduo	19	–	–	–	–
Total	34	–	–	–	–
Desdobramento					
Local dentro T1	1	$6,78^{*}$	$5,80^{*}$	$23,66^{**}$	$12,60^{**}$
Local dentro T2	1	$0,52^{ns}$	$0,09^{ns}$	$0,37^{ns}$	$2,02^{ns}$
Local dentro T3	1	$1,31^{ns}$	$0,12^{ns}$	$0,00^{ns}$	$0,01^{ns}$
Tratamento dentro L1	2	$1,06^{ns}$	$6,13^{**}$	$0,11^{ns}$	$1,62^{ns}$
Tratamento dentro L2	2	$3,35^{ns}$	$0,19^{ns}$	$19,01^{**}$	$19,88^{**}$
	C.V.=	20,99%	8,15%	22,73%	6,43%

1- Houve perda de 1 G.L. para o Resíduo devido à ocorrência de uma parcela perdida.

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente

ns : Não significativo

L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa

L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 15: Teste de comparação de médias (Tukey) para quantidade de matéria seca nas folhas de *E.grandis* aos 6 meses de idade

CAUSAS DA VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS			
	FOLHA-PONTA	FOLHA-MEIO	FOLHA-BASE	FOLHA-TOTAL
TRATAMENTOS				
T1 - T2	$-5,87^{ns}$	$-49,00^{ns}$	$-301,83^{**}$	$-359,17^{**}$
T1 - T3	$-11,60^{ns}$	$-72,81^{*}$	$-360,60^{**}$	$-445,01^{**}$
T2 - T3	$-5,73^{ns}$	$-23,81^{ns}$	$-58,78^{ns}$	$-85,84^{ns}$
LOCAIS				
L1 - L2	$8,04^{ns}$	$-22,87^{ns}$	$34,07^{*}$	$17,59^{ns}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS				
T1 : L1 - L2	$17,59^{*}$	$-71,84^{*}$	$328,82^{**}$	$274,57^{**}$
T2 : L1 - L2	$-7,17^{ns}$	$-13,58^{ns}$	$-195,55^{ns}$	$-221,25^{ns}$
T3 : L1 - L2	$13,70^{ns}$	$16,80^{ns}$	$-31,06^{ns}$	$-0,56^{ns}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS				
L1 : T1 - T2	$6,51^{ns}$	$-78,13^{ns}$	$-39,64^{ns}$	$-111,26^{ns}$
T1 - T3	$-9,65^{ns}$	$-117,13^{ns}$	$-180,66^{ns}$	$-307,44^{ns}$
T2 - T3	$-16,16^{ns}$	$-39,00^{ns}$	$-141,02^{ns}$	$-196,18^{ns}$
L2 : T1 - T2	$-18,25^{ns}$	$-19,87^{ns}$	$-564,01^{**}$	$-607,08^{**}$
T1 - T3	$-13,54^{ns}$	$-28,49^{ns}$	$-540,54^{**}$	$-582,57^{**}$
T2 - T3	$4,71^{ns}$	$-8,62^{ns}$	$23,47^{ns}$	$24,51^{ns}$

TABELA 16 Teste F para quantidade de matéria seca nos galhos de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIANCIA		VALORES DE F			
Causa de Variação	G.L.	GALHO-PONTA	GALHO-MEIO	GALHO-BASE[1]	GALHO-TOTAL
Local	1	7,09*	0,02ns	6,32*	2,83ns
Tratamento	2	0,38ns	5,28*	14,24**	14,41**
Tratamento X Local	2	1,99ns	0,26ns	10,02**	7,42**
Bloco (local)	4	0,52ns	1,53ns	0,28ns	0,43ns
Rep. (Bloco x Local)	6	0,38ns	0,56ns	1,18ns	1,05ns
(Modelo)	(15)	1,08ns	1,37ns	4,20**	3,63**
Resíduo	19	–	–	–	–
Total	34	–	–	–	–
Desdobramento					
Local dentro T1	1	10,05**	0,02ns	25,68**	16,36ns
Local dentro T2	1	0,27ns	0,47ns	0,64ns	1,23ns
Local dentro T3	1	0,76ns	0,06ns	0,04ns	0,07ns
Tratamento dentro L1	2	0,47ns	2,66ns	0,28ns	0,93ns
Tratamento dentro L2	2	1,91ns	2,89ns	23,98**	20,89**
	C.V.=	41,02%	12,81%	18,82%	9,90%

1- Neste caso, houve perda de 1 G.L. para o Resíduo devido à ocorrência de 1 parcela perdida.
(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 17: Teste de comparação de médias (Tukey) para quantidade de matéria seca nos galhos de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSAS DA VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS			
	GALHO-PONTA	GALHO-MEIO	GALHO-BASE	GALHO-TOTAL
TRATAMENTOS				
T1 - T2	$3,73^{ns}$	$-40,82^{ns}$	$-275,33^{**}$	$-302,42^{**}$
T1 - T3	$-0,35^{ns}$	$-77,40^{*}$	$-322,13^{**}$	$-399,88^{**}$
T2 - T3	$-4,08^{ns}$	$-36,58^{ns}$	$-46,80^{ns}$	$-97,46^{ns}$
LOCAIS				
L1 - L2	$13,30^{*}$	$-6,49^{ns}$	$3,84^{*}$	$17,31^{ns}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS				
T1 : L1 - L2	$26,02^{**}$	$-7,74^{ns}$	$239,69^{**}$	$257,97^{**}$
T2 : L1 - L2	$0,70^{ns}$	$-30,82^{ns}$	$-160,27^{ns}$	$-170,39^{ns}$
T3 : L1 - L2	$13,18^{ns}$	$19,08^{ns}$	$-67,90^{ns}$	$-35,64^{ns}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS				
L1 : T1 - T2	$16,39^{ns}$	$-29,28^{ns}$	$-75,35^{ns}$	$-88,24^{ns}$
T1 - T3	$6,07^{ns}$	$-90,81^{ns}$	$-168,33^{ns}$	$-253,07^{ns}$
T2 - T3	$-10,32^{ns}$	$-61,53^{ns}$	$-92,98^{ns}$	$-164,83^{ns}$
L2 : T1 - T2	$-8,93^{ns}$	$-52,36^{ns}$	$-475,31^{**}$	$-516,60^{**}$
T1 - T3	$-6,77^{ns}$	$-63,99^{ns}$	$-475,92^{**}$	$-546,68^{**}$
T2 - T3	$2,16^{ns}$	$-11,63^{ns}$	$-0,61^{ns}$	$-30,08^{ns}$

TABELA 18: Teste F para quantidade de matéria seca no tronco, raiz e na planta inteira de *E.grandis* aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F					
Causa de Variação	G.L.	TRONCO-PONTA[1]	TRONCO-MEIO[1]	TRONCO-BASE[1]	TRONCO-TOTAL[1]	RAIZ[1]	PLANTA INTEIRA[1]
Local	1	$4,87^{*}$	$3,61^{ns}$	$3,86^{ns}$	$3,79^{ns}$	$3,41^{ns}$	$2,88^{ns}$
Tratamento	2	$5,59^{*}$	$5,36^{*}$	$16,67^{**}$	$14,13^{**}$	$12,06^{**}$	$15,90^{**}$
Tratamento X Local	2	$3,67^{*}$	$0,87^{ns}$	$6,12^{**}$	$4,71^{*}$	$4,27^{*}$	$6,50^{**}$
Bloco (local)	4	$0,42^{ns}$	$0,54^{ns}$	$0,50^{ns}$	$0,51^{ns}$	$0,71^{ns}$	$0,63^{ns}$
Rep. (Bloco x Local)	6	$0,24^{ns}$	$0,47^{ns}$	$1,01^{ns}$	$0,76^{ns}$	$0,39^{ns}$	$0,80^{ns}$
(Modelo)	(15)	$1,77^{ns}$	$1,41^{ns}$	$3,83^{**}$	$3,20^{**}$	$2,75^{*}$	$3,67^{**}$
Resíduo	19	–	–	–	–	–	–
Total	34	–	–	–	–	–	–
Desdobramento							
Local dentro T1	1	$9,98^{**}$	$4,89^{*}$	$15,64^{**}$	$12,97^{**}$	$11,24^{**}$	$14,68^{**}$
Local dentro T2	1	$0,59^{ns}$	$0,10^{ns}$	$0,43^{ns}$	$0,24^{ns}$	$0,60^{ns}$	$1,19^{ns}$
Local dentro T3	1	$1,62^{ns}$	$0,36^{ns}$	$0,03^{ns}$	$0,00^{ns}$	$0,10^{ns}$	$0,01^{ns}$
Tratamento dentro L1	2	$1,41^{ns}$	$0,87^{ns}$	$1,31^{ns}$	$1,27^{ns}$	$1,01^{ns}$	$1,34^{ns}$
Tratamento dentro L2	2	$7,84^{**}$	$5,36^{*}$	$21,48^{**}$	$17,56^{**}$	$15,33^{**}$	$21,06^{**}$
	C.V.=	35,78%	16,19%	10,62%	9,88%	12,40%	6,47%

1- Houve perda de 1 G.L. para o Resíduo devido à ocorrência de uma parcela perdida

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente

ns : Não significativo

L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa

L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 19: Teste de comparação de médias (Tukey) para quantidade de matéria seca no tronco, raiz e planta inteira de *E.grandis* aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS					
	TRONCO-PONTA	TRONCO-MEIO	TRONCO-BASE	TRONCO-TOTAL	RAIZ	PLANTA INTEIRA
TRATAMENTOS						
T1 - T2	$-5,28^{ns}$	$-43,08^{*}$	$-231,58^{**}$	$-279,93^{**}$	$-216,01^{**}$	$-1167,53^{**}$
T1 - T3	$-7,82^{*}$	$-43,32^{*}$	$-229,42^{**}$	$-280,56^{**}$	$-159,32^{**}$	$-1284,75^{**}$
T2 - T3	$-2,55^{ns}$	$-0,24^{ns}$	$2,16^{ns}$	$-0,63^{ns}$	$56,70^{ns}$	$-117,23^{ns}$
LOCAIS						
L1 - L2	$3,78^{*}$	$17,56^{ns}$	$19,50^{ns}$	$40,84^{ns}$	$29,93^{ns}$	$99,01^{ns}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS						
T1:L1-L2	$7,05^{**}$	$29,69^{*}$	$137,75^{**}$	$174,49^{**}$	$106,09^{**}$	$813,12^{**}$
T2:L1-L2	$-2,54^{ns}$	$11,34^{ns}$	$-61,10^{ns}$	$-52,30^{ns}$	$-70,81^{ns}$	$-534,75^{ns}$
T3:L1-L2	$6,85^{ns}$	$11,66^{ns}$	$-18,17^{ns}$	$0,34^{ns}$	$54,50^{ns}$	$18,64^{ns}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS						
L1:T1-T2	$-0,48^{ns}$	$-33,90^{ns}$	$-132,15^{ns}$	$-166,53^{ns}$	$-127,56^{ns}$	$-493,59^{ns}$
T1-T3	$-7,72^{ns}$	$-34,30^{ns}$	$-151,46^{ns}$	$-193,48^{ns}$	$-133,52^{ns}$	$-887,51^{ns}$
T2-T3	$-7,24^{ns}$	$-0,40^{ns}$	$-19,31^{ns}$	$-26,95^{ns}$	$-5,96^{ns}$	$-393,92^{ns}$
L2:T1-T2	$-10,07^{ns}$	$-52,25^{ns}$	$-331,00^{**}$	$-393,32^{**}$	$-304,46^{**}$	$-1841,46^{**}$
T1-T3	$-7,92^{ns}$	$-52,33^{ns}$	$-307,38^{**}$	$-367,63^{**}$	$-185,11^{*}$	$-1681,99^{**}$
T2-T3	$2,15^{ns}$	$-0,08^{ns}$	$23,62^{ns}$	$25,69^{ns}$	$119,35^{ns}$	$159,47^{ns}$

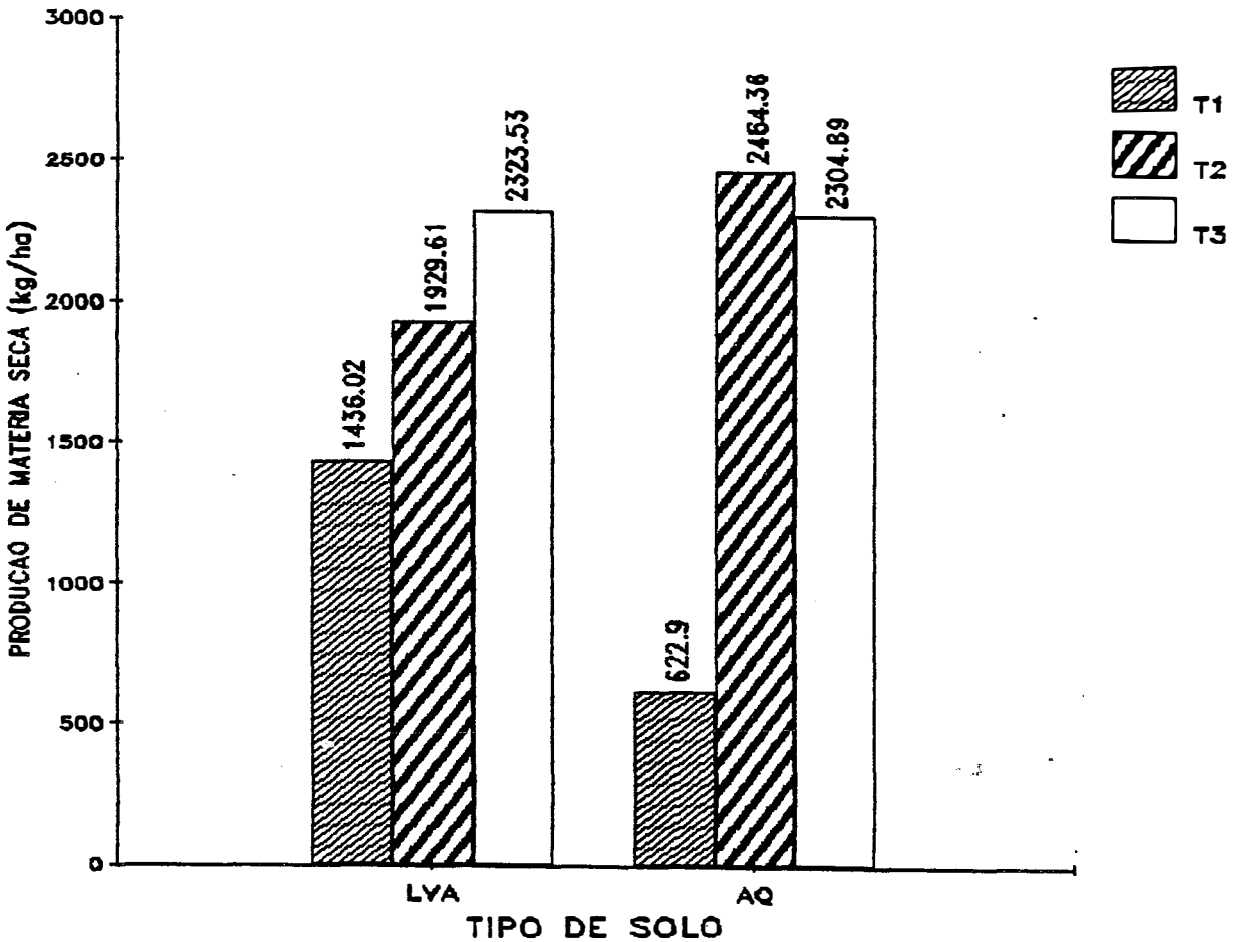

FIGURA 3: Produção média de matéria seca (kg/ha) em *E.gandis*, aos 6 meses de idade, em função do tipo de solo e do modo de aplicação do fertilizante

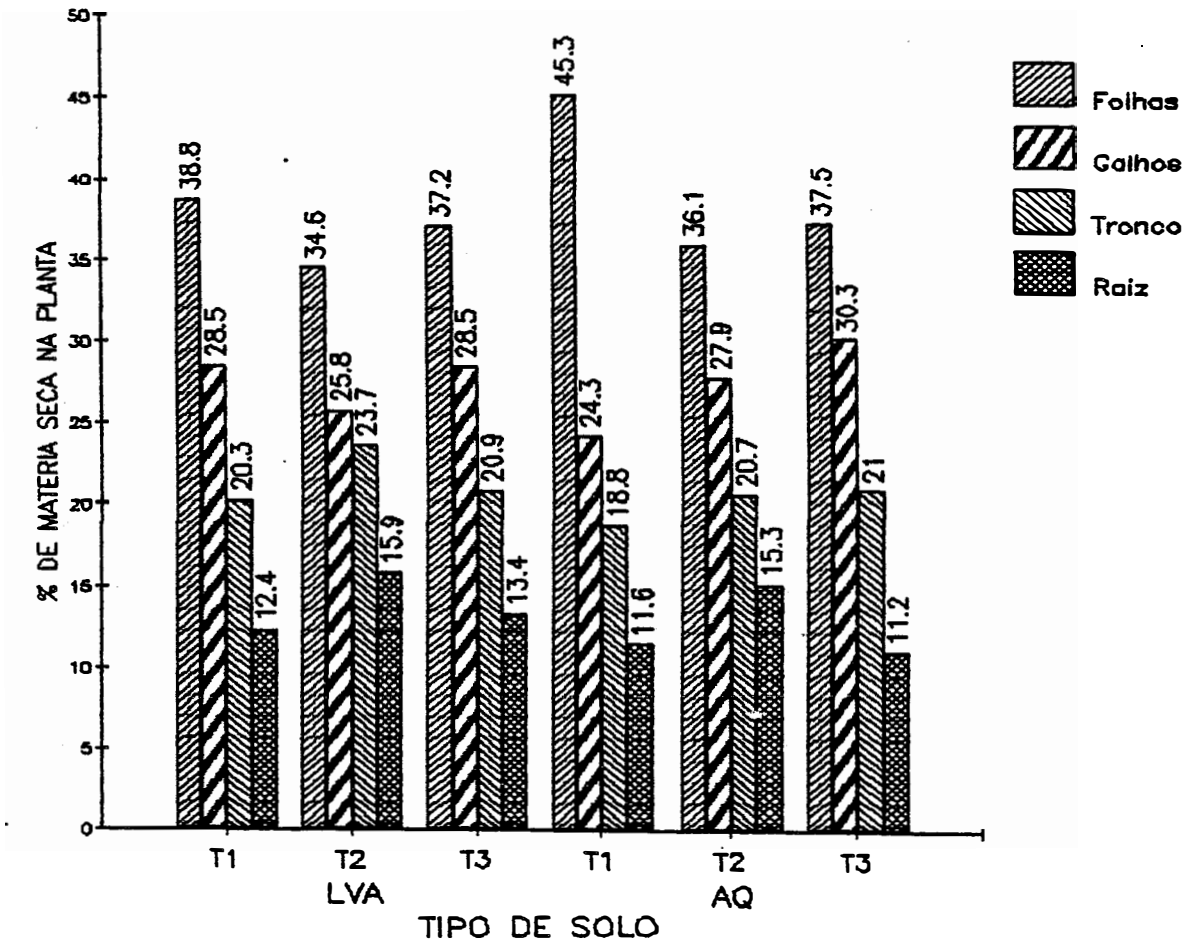

FIGURA 4: Distribuição (%) de matéria seca nos diversos orgãos de *E.gandis*, aos 6 meses de idade, em função do tipo de solo e do modo de aplicação do fertilizante

4.4. Nitrogênio na planta

4.4.1. Teor de N na planta

Com a finalidade de verificar a representatividade dos resultados obtidos na sub-amostragem em relação às amostras, foi aplicado um teste t para dados pareados sobre a porcentagem de N do tratamento T2, ficando evidenciada a confiabilidade dos resultados. (Tabelas 26 e 27, no Apêndice)

Na Tabela 28 são apresentados os teores de nitrogênio total (%) nos diversos orgãos de *E.grandis*, aos 6 meses de idade, em função do tipo de solo e do modo de aplicação do fertilizante.

Considerando os tratamentos dentro de um mesmo tipo de solo, no caso das folhas, observa-se que as concentrações não variaram estatisticamente e, para o LVA, estão bem acima do nível crítico fornecido por BARROS & PRITTCHETT (1978) para essa espécie que é de 2,22%, embora estejam equivalentes a esse nível na AQ. Neste caso, entretanto, não se pode afirmar que as plantas estejam próximas de apresentar deficiência já que o nível adequado de nutrientes para uma mesma espécie varia de um local para outro, conforme ficou demonstrado por HAAG *et alii* (1976) e BALLONI (1978), que obtiveram teores normais para *E.grandis* de 2,26% em Mogi Guaçu-SP, 1,97% em Casa Branca-SP (ambos locais próximos ao Horto Gigante -LVA), e 1,95% em Curvelo-MG. Deve-se lembrar também que os resultados obtidos aqui são uma média de todas as folhas da copa, enquanto que o nível nutricional adequado para o eucalipto, segundo MALAVOLTA (1987), deve ser analisado em folhas recém-maduras de ramos primários.

As análises estatísticas (Tabelas 29 e 30) confirmam que a concentração de nitrogênio nas folhas das plantas cultivadas no LVA foi, em média, superior (p=0,01) à das plantas na AQ.

TABELA 28: Teor de nitrogênio total (%) nos diversos orgãos de *E.grandis* aos 6 meses de idade, em função do tipo de solo e modo de aplicação do fertilizante (média de 6 repetições)

PARTES DA PLANTA	LVA (L1)			AQ (L2)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
FOLHA-PONTA	2,75^{Aa}	2,95^{Aa}	2,69^{Aa}	2,44^{Aa}	2,24^{Ba}	2,46^{Aa}
FOLHA-MEIO	2,58^{Aa}	2,91^{Aa}	2,95^{Aa}	2,25^{Aa}	2,14^{Ba}	2,37^{Ba}
FOLHA-BASE	2,79^{Aa}	2,84^{Aa}	2,83^{Aa}	1,95^{Ba}	1,24^{Ba}	2,13^{Ba}
GALHO-PONTA	0,89^{Aa}	1,07^{Aa}	0,98^{Aa}	0,86^{Aa}	0,79^{Ba}	0,78^{Ba}
GALHO-MEIO	0,61^{Aa}	0,72^{Aa}	0,68^{Aa}	0,62^{Aa}	0,51^{Ba}	0,59^{Aa}
GALHO-BASE	0,61^{Aa}	0,50^{Aa}	0,49^{Aa}	0,65^{Aa}	0,50^{Aa}	0,44^{Aa}
TRONCO-PONTA	0,79^{Aa}	0,82^{Aa}	0,82^{Aa}	0,63^{Aa}	0,67^{Aa}	0,58^{Ba}
TRONCO-MEIO	0,49^{Aa}	0,48^{Aa}	0,54^{Aa}	0,45^{Aa}	0,39^{Ba}	0,37^{Ba}
TRONCO-BASE	0,33^{Aa}	0,40^{Aa}	0,32^{Aa}	0,36^{Aa}	0,32^{Ba}	0,29^{Aa}
RAIZ	0,52^{Aa}	0,49^{Aa}	0,48^{Aa}	0,53^{Aa}	0,39^{Bb}	0,42^{Aab}

Valores seguidos da mesma letra maiúscula para locais diferentes, ou minúscula para o mesmo local, na mesma linha , não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.
T1 = Testemunha (sem adubo)
T2 = Adubação nos dois lados da planta
T3 = Adubação no sulco de plantio

TABELA 29: Teste F para teor (%) de N nas folhas de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIANCIA		VALORES DE F		
Causa de Variação	G.L.	FOLHA-PONTA	FOLHA-MEIO	FOLHA-BASE[1]
Local	1	17,80**	30,29**	80,43**
Tratamento	2	0,02ns	1,90ns	0,20ns
Tratamento X Local	2	2,25ns	1,63ns	1,63ns
Bloco (local)	4	0,99ns	0,35ns	0,89ns
Rep. (Bloco x Local)	6	0,71ns	0,60ns	1,57ns
(Modelo)	(15)	2,04ns	2,82*	6,47**
Resíduo	20	-	-	-
Total	35	-	-	-
Desdobramento				
Local dentro T1	1	3,35ns	3,42ns	29,56**
Local dentro T2	1	17,18**	19,29**	22,80**
Local dentro T3	1	1,78ns	10,83**	31,33**
Tratamento dentro L1	2	1,29	2,68ns	0,10ns
Tratamento dentro L2	2	0,99ns	0,84ns	1,74ns
	C.V.=	11,46%	12,01%	8,68%

1- Neste caso, houve perda de 3 G.L. para o Resíduo devido à ocorrência de 3 parcelas perdidas.
(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 30: Teste de comparação de médias (Tukey) para teor (%) de N nas folhas de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSAS DA VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS		
	FOLHA-PONTA	FOLHA-MEIO	FOLHA-BASE
TRATAMENTOS			
T1 - T2	0,00^{ns}	-0,11^{ns}	-0,17^{ns}
T1 - T3	0,02^{ns}	-0,25^{ns}	-0,11^{ns}
T2 - T3	0,02^{ns}	-0,14^{ns}	0,06^{ns}
LOCAIS			
L1 - L2	0,42**	0,56**	0,71**
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS			
T1 : L1 - L2	0,31^{ns}	0,33^{ns}	0,84**
T2 : L1 - L2	0,71**	0,77**	0,60**
T3 : L1 - L2	0,23^{ns}	0,58**	0,70**
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS			
L1 : T1 - T2	-0,20^{ns}	-0,33^{ns}	-0,05^{ns}
T1 - T3	0,06^{ns}	-0,37^{ns}	-0,04^{ns}
T2 - T3	0,26^{ns}	-0,04^{ns}	0,01^{ns}
L2 : T1 - T2	0,20^{ns}	0,11^{ns}	-0,29^{ns}
T1 - T3	-0,02^{ns}	-0,12^{ns}	-0,18^{ns}
T2 - T3	-0,22^{ns}	-0,23^{ns}	0,11^{ns}

Para os galhos e tronco, dentro de um mesmo solo, os teores não variaram estatisticamente (Tabelas 31 e 32 para galhos e Tabelas 33 e 34 para tronco) entre os tratamentos em nenhuma das partes (ponta, meio ou base). Entretanto, para os dois órgãos, nota-se um decrécimo nas concentrações da ponta para a base para todos os tratamentos e em ambos os solos, indicando um acúmulo na parte de maior atividade. Quanto à variação de solo para solo, no caso dos galhos, apenas o tratamento T2 mostrou diferença significativa (p=0,05), enquanto que no tronco houve diferença (p=0,01) para T2 e T3. Os teores médios dos galhos e tronco estão acima dos obtidos por PEREIRA *et alii* (1984) para essa mesma espécie com 1 ano de idade em Três Marias-MG (0,39% nos galhos e 0,33% no tronco).

Com relação à raiz, comparando-se as médias dos tratamentos independente do tipo de solo (local), obteve-se que o teor médio de N nas plantas da Testemunha (T1) foi superior às do T2 e T3 (p=0,05), com o mesmo resultado sendo observado especificamente no LVA entre os tratamentos T1 e T2 (Tabelas 33 e 34). Isso, provavelmente, é um reflexo do maior desenvolvimento do sistema radicular nos tratamentos adubados, o que resultou num efeito de diluição. Ocorreu também uma diferença significativa (p=0,05) entre os solos para o tratamento T2, com teores superiores no LVA. As concentrações médias de N nas raízes, para ambos os solos, estão abaixo das obtidas por HAAG *et alii* (1963) para *E.grandis* com 2 anos de idade (0,60%)

A Tabela 35 apresenta os teores de N nas folhas da Bordadura (adubadas) e Adjacentes (não adubadas). De acordo com os resultados, não houve diferença entre os tratamentos para um mesmo tipo de solo (Tabela 36 e 37), mas ocorreu uma grande diferença (p=0,01) quando se comparou cada tratamento em solos diferentes, com superioridade para o LVA.

TABELA 31: Teste F teor (%) de N nos galhos de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F		
Causa de Variação	G.L.	GALHO-PONTA	GALHO-MEIO	GALHO-BASE[1]
Local	1	12,70**	6,41*	0,15ns
Tratamento	2	0,55ns	0,10ns	4,64*
Tratamento X Local	2	2,25ns	3,00ns	0,33ns
Bloco (local)	4	1,57ns	2,51ns	1,95ns
Rep. (Bloco x Local)	6	1,13ns	1,13ns	1,39ns
(Modelo)	(15)	2,09ns	1,96ns	1,75ns
Resíduo	20	–	–	–
Total	35	–	–	–
Desdobramento				
Local dentro T1	1	0,16ns	0,04ns	1,37ns
Local dentro T2	1	11,09**	10,56**	0,01ns
Local dentro T3	1	5,94**	1,80ns	0,54ns
Tratamento dentro L1	2	2,27ns	1,56ns	1,62ns
Tratamento dentro L2	2	0,52ns	1,54ns	3,35ns
	C.V.=	15,88%	17,95%	23,90%

1- Neste caso, houve perda de 2 G.L. para o Resíduo devido à ocorrência de 2 parcelas perdidas.
(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 32: Teste de comparação de médias (Tukey) para teor (%) de N nos galhos de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSAS DA VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS		
	GALHO-PONTA	GALHO-MEIO	GALHO-BASE
TRATAMENTOS			
T1 - T2	$-0,06^{ns}$	$0,00^{ns}$	$0,13^{ns}$
T1 - T3	$-0,01^{ns}$	$-0,02^{ns}$	$0,17^{*}$
T2 - T3	$0,05^{ns}$	$-0,02^{ns}$	$0,04^{ns}$
LOCAIS			
L1 - L2	$0,17^{**}$	$0,10^{*}$	$0,00^{ns}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS			
T1 : L1 - L2	$0,03^{ns}$	$-0,01^{ns}$	$-0,04^{ns}$
T2 : L1 - L2	$0,28^{**}$	$0,21^{**}$	$0,00^{ns}$
T3 : L1 - L2	$0,20^{*}$	$0,09^{ns}$	$0,03^{ns}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS			
L1 : T1 - T2	$-0,18^{ns}$	$-0,11^{ns}$	$0,11^{ns}$
T1 - T3	$-0,09^{ns}$	$-0,07^{ns}$	$0,12^{ns}$
T2 - T3	$0,09^{ns}$	$0,04^{ns}$	$0,01^{ns}$
L2 : T1 - T2	$0,07^{ns}$	$0,11^{ns}$	$0,15^{ns}$
T1 - T3	$0,08^{ns}$	$0,03^{ns}$	$0,21^{ns}$
T2 - T3	$0,01^{ns}$	$-0,08^{ns}$	$0,06^{ns}$

TABELA 33: Teste F para teor de nitrogênio total (%) no tronco e raiz de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIANCIA		VALORES DE F			
Causa de Variação	G.L.	TRONCO-PONTA	TRONCO-MEIO	TRONCO-BASE	RAIZ
Local	1	13,44**	16,40**	2,84ns	4,76*
Tratamento	2	0,30ns	0,73ns	4,79*	5,51*
Tratamento X Local	2	0,28ns	2,59ns	3,52*	2,41ns
Bloco (local)	4	1,32ns	1,46ns	2,01ns	1,89ns
Rep. (Bloco x Local)	6	0,64ns	1,20ns	1,31ns	0,39ns
(Modelo)	(15)	1,58ns	2,40*	2,36*	2,03ns
Resíduo	20	-	-	-	-
Total	35	-	-	-	-
Desdobramento					
Local dentro T1	1	3,54ns	0,60ns	0,91ns	0,15ns
Local dentro T2	1	3,04ns	5,05*	7,83*	7,25*
Local dentro T3	1	7,42*	15,94**	1,15ns	2,18ns
Tratamento dentro L1	2	0,06ns	1,00ns	5,03*	0,47ns
Tratamento dentro L2	2	0,52ns	2,32ns	3,28*	7,45**
C.V.=		20,50%	16,50%	14,37%	14,07%

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 34: Teste de comparação de médias (Tukey) para teor de nitrogênio total (%) no tronco e raiz de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS			
	TRONCO-PONTA	TRONCO-MEIO	TRONCO-BASE	RAIZ
TRATAMENTOS				
T1 - T2	$-0,04^{ns}$	$0,04^{ns}$	$-0,02^{ns}$	$0,09^{*}$
T1 - T3	$0,01^{ns}$	$0,02^{ns}$	$0,04^{ns}$	$0,08^{*}$
T2 - T3	$0,05^{ns}$	$-0,02^{ns}$	$0,06^{*}$	$-0,01^{ns}$
LOCAIS				
L1 - L2	$0,18^{**}$	$0,10^{**}$	$0,03^{ns}$	$0,05^{*}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS				
T1 : L1 - L2	$0,16^{ns}$	$0,04^{ns}$	$-0,03^{ns}$	$-0,01^{ns}$
T2 : L1 - L2	$0,15^{ns}$	$0,09^{*}$	$0,08^{*}$	$0,10^{*}$
T3 : L1 - L2	$0,24^{*}$	$0,17^{**}$	$0,03^{ns}$	$0,06^{ns}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS				
L1 : T1 - T2	$-0,03^{ns}$	$0,01^{ns}$	$-0,07^{ns}$	$0,03^{ns}$
T1 - T3	$-0,03^{ns}$	$-0,05^{ns}$	$0,01^{ns}$	$0,04^{ns}$
T2 - T3	$0,00^{ns}$	$-0,06^{ns}$	$0,08^{ns}$	$0,01^{ns}$
L2 : T1 - T2	$-0,04^{ns}$	$0,06^{ns}$	$0,04^{ns}$	$0,14^{*}$
T1 - T3	$0,05^{ns}$	$0,08^{ns}$	$0,07^{ns}$	$0,11^{ns}$
T2 - T3	$0,09^{ns}$	$0,02^{ns}$	$0,03^{ns}$	$-0,03^{ns}$

TABELA 35: Teor de nitrogênio total (%) nas Folhas Bordadura e Adjacentes de *E.grandis*, aos 6 meses de idade, em função do tipo de solo e modo de aplicação do fertilizante (média de 6 repetições)

	FOLHAS BORDADURA		FOLHAS ADJACENTES	
TRATAMENTOS	LVA	AQ	LVA	AQ
T1	$2,99^{Aa}$	$2,19^{Ba}$	$2,72^{Aa}$	$2,66^{Ba}$
T2	$2,91^{Aa}$	$2,11^{Ba}$	$2,87^{Aa}$	$2,16^{Ba}$
T3	$2,87^{Aa}$	$2,26^{Ba}$	$2,82^{Aa}$	$2,24^{Ba}$

Valores da mesma variável seguidos da mesma letra maiúscula na mesma linha, ou minúscula na mesma coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.
T1 = Testemunha (sem adubo)
T2 = Adubação nos dois lados da planta
T3 = Adubação no sulco de plantio

TABELA 36: Teste F para teor de nitrogênio (%) total nas Folhas Bordadura e Adjacentes em *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIANCIA		VALORES DE F	
Causa de Variação	G.L.	FOLHAS BORDADURA[1]	FOLHAS ADJACENTES
Local	1	123,85**	95,13**
Tratamento	2	1,07ns	0,15ns
Tratamento X Local	2	0,40ns	1,50ns
Bloco (local)	4	2,35ns	2,15ns
Rep. (Bloco x Local)	6	1,23ns	2,48ns
(Modelo)	(15)	9,57**	8,13**
Resíduo	20	-	-
Total	35	-	-
Desdobramento			
Local dentro T1	1	45,36**	19,67**
Local dentro T2	1	49,94**	47,41**
Local dentro T3	1	29,35**	31,05**
Tratamento dentro L1	2	0,58ns	1,11ns
Tratamento dentro L2	2	0,90ns	0,54ns
C.V.=		7,64%	7,18%

[1]- Neste caso houve perda de 1 G.L. para o Resíduo devido à ocorrência de uma parcela perdida

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente

ns : Não significativo

L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa

L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 37: Teste de comparação de médias (Tukey) para teor de nitrogênio total (%) nas Folhas Bordadura e Adjacentes em *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS	
	FOLHAS BORDADURA	FOLHAS ADJACENTES
TRATAMENTOS		
T1 - T2	$0,08^{ns}$	$-0,03^{ns}$
T1 - T3	$0,02^{ns}$	$-0,04^{ns}$
T2 - T3	$-0,06^{ns}$	$-0,01^{ns}$
LOCAIS		
L1 - L2	$0,73^{**}$	$0,58^{**}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS		
T1 : L1 - L2	$0,80^{**}$	$0,46^{**}$
T2 : L1 - L2	$0,80^{**}$	$0,71^{**}$
T3 : L1 - L2	$0,61^{**}$	$0,58^{**}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS		
L1 : T1 - T2	$0,08^{ns}$	$-0,15^{ns}$
T1 - T3	$0,12^{ns}$	$-0,10^{ns}$
T2 - T3	$0,04^{ns}$	$0,05^{ns}$
L2 : T1 - T2	$0,08^{ns}$	$0,10^{ns}$
T1 - T3	$-0,07^{ns}$	$0,02^{ns}$
T2 - T3	$-0,15^{ns}$	$-0,08^{ns}$

4.4.2. Quantidade de N total absorvida pela planta (QTNP)

As quantidades médias (kg/ha) de nitrogênio absorvidas pelos diferentes orgãos do *E.grandis* com 6 meses de idade, em função do tipo de solo e do modo de aplicação do fertilizante, estão apresentados na Tabela 38.

Em primeiro lugar, observa-se que a adubação promoveu um aumento na quantidade de N absorvida pela planta inteira, muito mais na AQ do que no LVA. As proporções de absorção dos tratamentos adubados (T2 e T3) sobre a testemunha (T1) foram as seguintes: 57,1% para o T3 e 25,6% para o T2 no LVA, e 156,2% para o T3 e 194,3% para o T2 na AQ. A adubação no sulco (T3) promoveu uma absorção pelas plantas de 25,1% a mais de N no LVA do que a adubação nos dois lados da planta (T2), enquanto que na AQ ocorreu o inverso, sendo 14,9% superior para o T2 em relação ao T3, indicando haver uma interação entre o tipo de solo e a forma de aplicação do adubo.

Comparando-se o mesmo tratamento em diferentes tipos de solo, nota-se que as plantas do tratamento não adubado (T1) absorveram uma quantidade de N muito maior no LVA do que na AQ, cerca de 10kg N/ha a mais, correspondendo a 105,3%. Essa alta absorção de N pelas plantas não adubadas em contraste com a baixa concentração desse elemento existente no solo nativo, indica que deve ter ocorrido um aumento na mineralização da matéria orgânica após o preparo do solo, com o consequente aumento na liberação e disponibilidade de N para as plantas, conforme também observado por PRITCHETT (1979), BINKLEY (1984), FOX *et alii* (1986), NAMBIAR & BOWEN (1986), KRAUSE & RAMLAL (1987) e BARROS *et alii* (1987). A menor absorção de N pelas plantas não adubadas na AQ é consequência do menor teor (metade) de N nativo desse solo em relação ao LVA, o qual

TABELA 38: Quantidade média de nitrogênio (kg/ha) nos diferentes orgãos de *E.grandis*, em função do tipo de solo e modo de aplicação do fertilizante aos 6 meses de idade

PARTES DA PLANTA	QUANTIDADE DE NITROGÊNIO NA PLANTA (kg/ha)					
	LVA (L1)			AQ (L2)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
FOLHA-PONTA	0,925^{Aa}	0,804^{Aa}	1,148^{Aa}	0,390^{Ba}	0,863^{Aa}	0,734^{Aa}
FOLHA-MEIO	3,061^{Aa}	5,646^{Aab}	6,767^{Ab}	4,231^{Aa}	4,443^{Aa}	5,056^{Aa}
FOLHA-BASE	11,259^{Aa}	12,397^{Aa}	16,462^{Aa}	3,164^{Ba}	16,888^{Ab}	13,107^{Ab}
TOTAL	15,245	18,847	24,377	7,785	22,194	18,897
GALHO-PONTA	0,302^{Aa}	0,163^{Aa}	0,214^{Aa}	0,052^{Ba}	0,108^{Aa}	0,102^{Aa}
GALHO-MEIO	0,534^{Aa}	0,850^{Aa}	1,125^{Aa}	0,616^{Aa}	0,706^{Aa}	0,940^{Aa}
GALHO-BASE	1,741^{Aa}	1,659^{Aa}	2,190^{Aa}	0,406^{Ba}	2,374^{Ab}	2,267^{Ab}
TOTAL	2,577	2,672	3,529	1,074	3,188	3,309
TRONCO-PONTA	0,080^{Aa}	0,088^{Aa}	0,144^{Aa}	0,022^{Ba}	0,080^{Aa}	0,066^{Ba}
TRONCO-MEIO	0,284^{Aa}	0,447^{Aa}	0,464^{Aa}	0,139^{Aa}	0,302^{Aa}	0,299^{Ba}
TRONCO-BASE	0,744^{Aa}	1,406^{Aa}	1,150^{Aa}	0,285^{Aa}	1,316^{Aa}	1,090^{Aa}
TOTAL	1,108	1,941	1,758	0,446	1,698	1,455
RAIZ	0,920^{Aa}	1,474^{Aa}	1,520^{Aa}	0,362^{Aa}	1,372^{Aa}	1,108^{Aa}
PLANTA INTEIRA	19,850	24,934	31,184	9,667	28,452	24,769

Valores seguidos da mesma letra maiúscula para locais diferentes, ou minúscula para o mesmo local, na mesma linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.
T1 = Testemunha (sem adubo)
T2 = Adubação nos dois lados da planta
T3 = Adubação no sulco de plantio

promoveu uma absorção exatamente o dobro da AQ. Além das características físicas desse último solo não favorecerem a retenção de nutrientes, o fato do histórico do Talhão onde foi instalado o experimento mostrar que era uma antiga área abandonada de eucalipto, sugere ter ocorrido uma maior degradação desse solo e, consequentemente, maior empobrecimento.

A mesma forma de aplicação de adubo se comportou de maneira diferenciada nos dois tipos de solo, sendo que a adubação nos dois lados da planta (T2) promoveu maiores absorções de N na AQ (cerca de 3,5kg N/ha a mais, correspondente a 14,1%), enquanto que, na adubação no sulco (T3) ocorreu o contrário, sendo maior no LVA (cerca de 6,4kg N/ha a mais, o que corresponde a 25,6%).

Quanto à distribuição do N dentro da planta, obteve-se que esse elemento se acumulou em grandes proporções nas folhas, independente da presença de adubo, forma de aplicação e tipo de solo, sendo que as variações das concentrações nos órgãos foram as seguintes: 75,6 a 80,5% nas folhas, 10,7 a 13,6% nos galhos, 4,6 a 7,8% no tronco e 3,7 a 5,9% nas raizes.

Dentro de cada órgão da planta, o nitrogênio se acumulou, em ordem crescente, da ponta para a base, em função da quantidade de matéria seca produzida em cada parte. A base das folhas (Tabelas 39 e 40) e dos galhos (Tabelas 41 e 42) dos tratamentos T2 e T3 na AQ apresentaram diferenças significativas em relação à base dos mesmos orgãos do tratamento T1. Nesse mesmo solo, também ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos T2 e T1 para a base do tronco e raiz (Tabelas 43 e 44), embora tenham sido detectadas apenas pelo teste F e pela diferença entre médias dos tratamentos, independente de local, no teste de Tukey. No LVA, apenas a parte folha-meio do tratamento T3 foi estatisticamente diferente (p=0,05) em comparação com a mesma

parte da testemunha (T1).

Diferenças estatísticas entre locais (AQ e LVA) para o tratamento T1 ocorreram nas partes folha-ponta, folha-base, galho-ponta, galho-base e tronco-ponta, enquanto que para o tratamento T3 ocorreu apenas para tronco-ponta e tronco-meio. No tratamento T2 não ocorreu diferença estatística entre locais em nenhum órgão.

TABELA 39: Teste F para quantidade de nitrogênio (kg/ha) nas folhas de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F		
Causa de Variação	G.L.	FOLHA-PONTA[1]	FOLHA-MEIO[1]	FOLHA-BASE[2]
Local	1	5,06*	0,83ns	1,27ns
Tratamento	2	1,76ns	6,13**	5,59*
Tratamento X Local	2	2,07ns	2,57ns	3,45ns
Bloco (local)	4	1,99ns	2,54ns	2,31ns
Rep. (Bloco x Local)	6	0,63ns	0,84ns	1,22ns
(Modelo)	(15)	1,66ns	2,25*	2,37*
Resíduo	19	–	–	–
Total	34	–	–	–
Desdobramento				
Local dentro T1	1	6,07*	1,58ns	4,06ns
Local dentro T2	1	0,12ns	0,94ns	2,43ns
Local dentro T3	1	3,63ns	3,38ns	1,39ns
Tratamento dentro L1	2	1,28ns	8,35**	1,85ns
Tratamento dentro L2	2	2,49ns	0,39ns	5,44*
	C.V.=	46,50%	32,02%	38,12%

[1]– Houve perda de 1 G.L. para o Resíduo devido à ocorrência de uma parcela perdida

[2]– Houve perda de 4 G.L. para o Resíduo devido à ocorrência de quatro parcelas perdidas

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, de probabilidade respectivamente

ns : Não significativo

L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa

L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 40: Teste de comparação de médias (Tukey) para quantidade de nitrogênio (kg/ha) nas folhas de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSAS DA VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS		
	FOLHA-PONTA	FOLHA-MEIO	FOLHA-BASE
TRATAMENTOS			
T1 - T2	$-0,176^{ns}$	$-1,399^{ns}$	$-6,931^{*}$
T1 - T3	$-0,284^{ns}$	$-2,266^{**}$	$-7,573^{*}$
T2 - T3	$-0,108^{ns}$	$-0,867^{ns}$	$-0,642^{ns}$
LOCAIS			
L1 - L2	$0,297^{*}$	$0,581^{ns}$	$1,986^{ns}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS			
T1 : L1 - L2	$0,535^{*}$	$-1,170^{ns}$	$8,095^{*}$
T2 : L1 - L2	$-0,059^{ns}$	$1,203^{ns}$	$-5,491^{ns}$
T3 : L1 - L2	$0,414^{ns}$	$1,711^{ns}$	$3,355^{ns}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS			
L1 : T1 - T2	$0,121^{ns}$	$-2,585^{ns}$	$-0,138^{ns}$
T1 - T3	$-0,223^{ns}$	$-3,706^{*}$	$-5,203^{ns}$
T2 - T3	$-0,344^{ns}$	$-1,121^{ns}$	$-5,065^{ns}$
L2 : T1 - T2	$-0,473^{ns}$	$-0,212^{ns}$	$-13,724^{**}$
T1 - T3	$-0,344^{ns}$	$-0,825^{ns}$	$-9,943^{*}$
T2 - T3	$0,129^{ns}$	$-0,613^{ns}$	$3,781^{ns}$

TABELA 41: Teste F para quantidade de nitrogênio (kg/ha) nos galhos de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F		
Causa de Variação	G.L.	GALHO-PONTA[1]	GALHO-MEIO[1]	GALHO-BASE[2]
Local	1	6,39*	0,30ns	0,60ns
Tratamento	2	0,16ns	5,31*	7,36**
Tratamento X Local	2	1,20ns	0,46ns	5,41*
Bloco (local)	4	0,50ns	0,87ns	0,94ns
Rep. (Bloco x Local)	6	0,64ns	0,96ns	0,48ns
(Modelo)	(15)	1,03ns	1,41ns	1,83ns
Resíduo	19	-	-	-
Total	34	-	-	-
Desdobramento				
Local dentro T1	1	7,48*	0,17ns	8,47*
Local dentro T2	1	0,25ns	0,18ns	2,84ns
Local dentro T3	1	1,49ns	0,87ns	0,03ns
Tratamento dentro L1	2	1,18ns	4,44*	0,87ns
Tratamento dentro L2	2	0,24ns	1,33ns	9,67*
	C.V.=	100,10%	43,14%	40,90%

[1]- Houve perda de 1 G.L. para o Resíduo devido à ocorrência de uma parcela perdida

[2]- Houve perda de 3 G.L. para o Resíduo devido à ocorrência de três parcelas perdidas

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente

ns : Não significativo

L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa

L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 42: Teste de comparação de médias (Tukey) para quantidade de nitrogênio (kg/ha) nos galhos de *E.grandis* aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS		
	GALHO-PONTA	GALHO-MEIO	GALHO-BASE
TRATAMENTOS			
T1 - T2	0,041^{ns}	-0,203^{ns}	-0,943^{ns}
T1 - T3	0,019^{ns}	-0,458*	-1,155*
T2 - T3	-0,022^{ns}	-0,255^{ns}	-0,212^{ns}
LOCAIS			
L1 - L2	0,139*	0,082^{ns}	0,181^{ns}
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS			
T1 : L1 - L2	0,250*	-0,082^{ns}	1,335*
T2 : L1 - L2	0,055^{ns}	0,144^{ns}	-0,715^{ns}
T3 : L1 - L2	0,112^{ns}	0,185^{ns}	-0,077^{ns}
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS			
L1 : T1 - T2	0,139^{ns}	-0,316^{ns}	0,082^{ns}
T1 - T3	0,088^{ns}	-0,591^{ns}	-0,449^{ns}
T2 - T3	-0,051^{ns}	-0,275^{ns}	-0,531^{ns}
L2 : T1 - T2	-0,056^{ns}	-0,090^{ns}	-1,968**
T1 - T3	-0,050^{ns}	-0,324^{ns}	-1,861**
T2 - T3	0,006^{ns}	-0,234^{ns}	0,107^{ns}

TABELA 43: Teste F para quantidade de nitrogênio (kg/ha) no tronco e raiz de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIANCIA		VALORES DE F			
Causa de Variação	G.L.	TRONCO-PONTA[1]	TRONCO-MEIO[1]	TRONCO-BASE[1]	RAIZ[1]
Local	1	$8,24^{**}$	$9,97^{**}$	$1,52^{ns}$	$2,89^{ns}$
Tratamento	2	$4,12^{*}$	$6,71^{**}$	$10,49^{**}$	$6,17^{**}$
Tratamento X Local	2	$1,93^{ns}$	$0,09^{ns}$	$0,73^{ns}$	$0,52^{ns}$
Bloco (local)	4	$0,76^{ns}$	$1,06^{ns}$	$0,28^{ns}$	$0,83^{ns}$
Rep. (Bloco x Local)	6	$0,50^{ns}$	$0,84^{ns}$	$0,76^{ns}$	$0,42^{ns}$
(Modelo)	(15)	$1,79^{ns}$	$2,23^{ns}$	$1,99^{ns}$	$1,48^{ns}$
Resíduo	19	-	-	-	-
Total	34	-	-	-	-
Desdobramento					
Local dentro T1	1	$4,64^{*}$	$3,61^{ns}$	$2,98^{ns}$	$2,68^{ns}$
Local dentro T2	1	$0,00^{ns}$	$2,07^{ns}$	$0,05^{ns}$	$0,03^{ns}$
Local dentro T3	1	$8,23^{**}$	$4,67^{*}$	$0,05^{ns}$	$1,46^{ns}$
Tratamento dentro L1	2	$3,29^{ns}$	$3,39^{ns}$	$3,15^{ns}$	$1,91^{ns}$
Tratamento dentro L2	2	$2,69^{ns}$	$3,36^{ns}$	$7,95^{**}$	$4,60^{*}$
	C.V.=	58,85%	40,90%	46,58%	52,79%

[1]- Houve perda de 1 G.L. para o Resíduo devido à ocorrência de uma parcela perdida

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente

ns : Não significativo

L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa

L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 44: Teste de comparação de médias (Tukey) para quantidade de nitrogênio (kg/ha) no tronco e raiz de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS			
	TRONCO-PONTA	TRONCO-MEIO	TRONCO-BASE	RAIZ
TRATAMENTOS				
T1 - T2	$-0,033^{ns}$	$-0,163^{*}$	$-0,847^{**}$	$-0,782^{*}$
T1 - T3	$-0,054^{*}$	$-0,170^{*}$	$-0,606^{*}$	$-0,673^{*}$
T2 - T3	$-0,021^{ns}$	$-0,007^{ns}$	$0,241^{ns}$	$0,109^{ns}$
LOCAIS				
L1 - L2	$0,048^{**}$	$0,151^{**}$	$0,203^{ns}$	$0,358^{ns}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS				
T1 : L1 - L2	$0,058^{*}$	$0,145^{ns}$	$0,459^{ns}$	$0,558^{ns}$
T2 : L1 - L2	$0,008^{ns}$	$0,145^{ns}$	$0,090^{ns}$	$0,102^{ns}$
T3 : L1 - L2	$0,078^{*}$	$0,165^{*}$	$0,060^{ns}$	$0,412^{ns}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS				
L1 : T1 - T2	$-0,008^{ns}$	$-0,163^{ns}$	$-0,662^{ns}$	$-0,554^{ns}$
T1 - T3	$-0,064^{ns}$	$-0,180^{ns}$	$-0,406^{ns}$	$-0,600^{ns}$
T2 - T3	$-0,056^{ns}$	$-0,017^{ns}$	$0,256^{ns}$	$-0,046^{ns}$
L2 : T1 - T2	$-0,058^{ns}$	$-0,163^{ns}$	$-1,031^{ns}$	$-1,010^{ns}$
T1 - T3	$-0,044^{ns}$	$-0,160^{ns}$	$-0,805^{ns}$	$-0,746^{ns}$
T2 - T3	$0,014^{ns}$	$-0,003^{ns}$	$0,266^{ns}$	$0,264^{ns}$

4.4.3. Nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF)

Para se chegar aos valores de NPPF, foram realizadas análises das porcentagens de átomos de ^{15}N em cada órgão da planta, cujos resultados se encontram na Tabela 45 e as respectivas análises estatísticas nas Tabelas 46 a 51, todas colocadas no Apêndice. Os valores mais baixos para %At.^{15}N no LVA correspondem a uma maior absorção de nitrogênio do fertilizante nesse tipo de solo, conforme será discutido mais adiante. A %At.^{15}N nas folhas das plantas da Bordadura e Adjacentes (Tabela 52, no Apêndice) indicam que as mesmas não absorveram o adubo aplicado na planta marcada, conforme evidenciado pelas análises estatísticas (Tabelas 53 e 54, no Apêndice).

O teste t para dados pareados, aplicado sobre a porcentagem de átomos de ^{15}N nos diversos órgãos das plantas do tratamento T2 (adubação nos dois lados da planta), indica que não houve diferenças estatísticas entre os resultados obtidos na sub-amostragem em relação às amostras, tornando-se evidente a sua representatividade (Tabelas 55 e 56, no Apêndice).

Os teores médios (%) de nitrogênio na planta (e órgãos) proveniente do fertilizante (NPPF) estão apresentados na Tabela 57. Observa-se que a porcentagem de NPPF nos diferentes órgãos foram similares, dentro de cada tratamento e em ambos os solos, demonstrando a alta mobilidade e dinâmica do nitrogênio dentro da planta, o que explica a pouca variação na composição isotópica do N nos diversos órgãos (Tabela 45, no Apêndice). Apenas as raízes das plantas do tratamento T3, nos dois tipos de solo, apresentaram um teor mais baixo de NPPF em relação aos outros órgãos desse mesmo tratamento, indicando que esse modo de aplicação de fertilizante (no sulco de plantio) proporcionou um menor contato entre as raízes e o adubo, provocando uma menor absorção. Isso pode ser confirmado

TABELA 57: Nitrogênio na planta proveniente do fertilizante - NPPF (%) em *E.grandis*, em função do tipo de solo e modo de aplicação do fertilizante, aos 6 meses de idade

PARTES DA PLANTA	NPPF (%)			
	LVA (L1)		AQ (L2)	
	T2	T3	T2	T3
FOLHA-PONTA	15,08^{Aa}	10,09^{Aa}	10,92^{Aa}	6,59^{Aa}
FOLHA-MEIO	16,61^{Aa}	11,18^{Aa}	7,16^{Ba}	6,59^{Aa}
FOLHA-BASE	19,85^{Aa}	13,32^{Aa}	9,28^{Aa}	9,26^{Aa}
GALHO-PONTA	14,09^{Aa}	10,42^{Aa}	9,05^{Aa}	7,08^{Aa}
GALHO-MEIO	15,63^{Aa}	9,43^{Aa}	7,86^{Ba}	8,44^{Aa}
GALHO-BASE	19,57^{Aa}	12,06^{Aa}	9,31^{Ba}	9,15^{Aa}
TRONCO-PONTA	15,19^{Aa}	9,92^{Aa}	8,60^{Aa}	6,43^{Aa}
TRONCO-MEIO	15,57^{Aa}	10,58^{Aa}	6,85^{Ba}	8,61^{Aa}
TRONCO-BASE	17,76^{Aa}	14,15^{Aa}	8,00^{Ba}	9,80^{Aa}
RAIZ	15,84^{Aa}	8,00^{Ab}	7,81^{Ba}	5,17^{Aa}
PLANTA INTEIRA	16,41	10,43	8,37	7,29

Valores seguidos da mesma letra maiúscula para locais diferentes, ou minúscula para o mesmo local, na mesma linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.
T2 = Adubação nos dois lados da planta
T3 = Adubação no sulco de plantio

pelo fato da quantidade de N total nesse órgão do tratamento T3 ser maior que no tratamento T2 no LVA (Tabela 38), demonstrando que não houve uma diminuição na absorção de N do solo, mas, sim, do adubo.

A raiz foi o único órgão que apresentou diferença estatística entre os tratamentos T2 e T3 no LVA (Tabelas 62 e 63), sendo que nos demais órgãos esses não foram significativamente diferentes dentro do mesmo local (Tabelas 58 a 63). Comparando-se os mesmos tratamentos em locais diferentes, nota-se que o T3 não proporcionou diferença estatística para nenhum órgão, enquanto que o T2 provocou diferença (p=0,05) para folha-meio, galho-meio, galho-base, tronco-meio, tronco-base e raiz.

Analisando-se a planta inteira, nota-se que a porcentagem de NPPF foi maior nas plantas do tratamento T2 (com adubação localizada) do que nas do T3, em ambos os solos, evidenciando o melhor aproveitamento do N do adubo pelas raízes através da aplicação nos dois lados da planta. O tipo de solo também influenciou na porcentagem de NPPF, sendo maior no LVA do que na AQ para os dois tratamentos e em todos os órgãos (p=0,05).

A Tabela 64 apresenta a quantidade de nitrogênio (kg/ha) na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) distribuída nos diferentes órgãos e na planta inteira de *E.grandis*. Pela análise da planta inteira, pode-se notar que a aplicação localizada do adubo (T2) proporcionou uma maior absorção do N do fertilizante pelas plantas quando comparada com a adubação no sulco de plantio (T3), absorvendo 23,7% (0,91 kg N/ha) a mais no LVA e 43,7% (0,87 kg N/ha) a mais na AQ. Esses resultados indicam que deve-se procurar fazer adubações mais localizadas e próximas das plantas em solos altamente susceptíveis à lixiviação, como é o caso da AQ e do LVA fase arenosa, apesar deste último solo apresentar uma maior retenção de nutrientes do que o anterior. Essa diferença entre os solos também fica claramente evidenciada quando se compara

os mesmos tratamentos em locais (solos) diferentes, sendo que para o T2 ocorreu uma absorção 65,9% maior no LVA em relação à AQ, correspondendo à uma quantidade de 1,88 kg N/ha, e de 92,9% maior para o T3, cerca de 1,85 kg N/ha, também no LVA.

Entretanto, essa maior quantidade de N-fertilizante nas

TABELA 58: Teste F para porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (%NPPF) nas folhas de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F		
Causa de Variação	G.L.	FOLHA-PONTA	FOLHA-MEIO	FOLHA-BASE
Local	1	$2,59^{ns}$	$5,68^{*}$	$3,47^{ns}$
Tratamento	1	$4,32^{ns}$	$3,34^{ns}$	$1,76^{ns}$
Tratamento X Local	1	$0,01^{ns}$	$0,21^{ns}$	$0,41^{ns}$
Bloco (local)	4	$0,65^{ns}$	$0,97^{ns}$	$1,02^{ns}$
Rep. (Bloco x Local)	6	$0,17^{ns}$	$0,32^{ns}$	$0,34^{ns}$
(Modelo)	(13)	$0,88^{ns}$	$1,26^{ns}$	$0,99^{ns}$
Resíduo	9	–	–	–
Total	22	–	–	–
Desdobramento				
Local dentro T2	1	$1,32^{ns}$	$3,69^{ns}$	$2,87^{ns}$
Local dentro T3	1	$1,27^{ns}$	$2,05^{ns}$	$0,83^{ns}$
Tratamento dentro L1	1	$2,59^{ns}$	$2,86^{ns}$	$2,13^{ns}$
Tratamento dentro L2	1	$1,81^{ns}$	$0,86^{ns}$	$0,22^{ns}$
	C.V. =	50,42%	50,15%	57,64%

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 59: Teste de comparação de médias (Tukey) para porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (%NPPF) nas folhas de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS		
	FOLHA-PONTA	FOLHA-MEIO	FOLHA-BASE
TRATAMENTOS			
T2 - T3	$4,66^{ns}$	$3,00^{ns}$	$3,28^{ns}$
LOCAIS			
L1 - L2	$3,83^{ns}$	$7,02^{*}$	$7,32^{ns}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS			
T2 : L1 - L2	$4,16^{ns}$	$9,45^{*}$	$10,57^{ns}$
T3 : L1 - L2	$3,50^{ns}$	$4,59^{ns}$	$4,06^{ns}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS			
L1 : T2 - T3	$4,99^{ns}$	$5,43^{ns}$	$6,53^{ns}$
L2 : T2 - T3	$4,33^{ns}$	$0,57^{ns}$	$0,02^{ns}$

TABELA 60: Teste F para porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (%NPPF) nos galhos de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIANCIA		VALORES DE F		
Causa de Variação	G.L.	GALHO-PONTA	GALHO-MEIO	GALHO-BASE
Local	1	$2,48^{ns}$	$3,17^{ns}$	$5,44^{*}$
Tratamento	1	$2,87^{ns}$	$1,57^{ns}$	$3,33^{ns}$
Tratamento X Local	1	$0,00^{ns}$	$1,86^{ns}$	$1,37^{ns}$
Bloco (local)	4	$0,92^{ns}$	$0,55^{ns}$	$0,75^{ns}$
Rep. (Bloco x Local)	6	$0,28^{ns}$	$0,29^{ns}$	$0,67^{ns}$
(Modelo)	(13)	$0,87^{ns}$	$0,90^{ns}$	$1,49^{ns}$
Resíduo	9	–	–	–
Total	22	–	–	–
Desdobramento				
Local dentro T2	1	$1,16^{ns}$	$4,53^{ns}$	$5,63^{*}$
Local dentro T3	1	$1,33^{ns}$	$0,10^{ns}$	$0,74^{ns}$
Tratamento dentro L1	1	$1,61^{ns}$	$3,77^{ns}$	$4,94^{ns}$
Tratamento dentro L2	1	$1,29^{ns}$	$0,01^{ns}$	$0,19^{ns}$
	C.V. =	47,63%	52,87%	46,06%

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 61: Teste de comparação de médias (Tukey) para porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (%NPPF) nos galhos de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS		
	GALHO-PONTA	GALHO-MEIO	GALHO-BASE
TRATAMENTOS			
T2 - T3	$2,82^{ns}$	$2,81^{ns}$	$3,84^{ns}$
LOCAIS			
L1 - L2	$4,19^{ns}$	$4,38^{ns}$	$6,59^{*}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS			
T2 : L1 - L2	$5,04^{ns}$	$7,77^{*}$	$10,26^{*}$
T3 : L1 - L2	$3,34^{ns}$	$0,99^{ns}$	$2,91^{ns}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS			
L1 : T2 - T3	$3,67^{ns}$	$6,20^{ns}$	$7,51^{ns}$
L2 : T2 - T3	$1,97^{ns}$	$-0,58^{ns}$	$0,16^{ns}$

TABELA 62: Teste F para porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (%NPPF) no tronco e raiz de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIANCIA		VALORES DE F			
Causa de Variação	G.L.	TRONCO-PONTA	TRONCO-MEIO	TRONCO-BASE	RAIZ
Local	1	$3,12^{ns}$	$3,44^{ns}$	$3,29^{ns}$	$3,44^{ns}$
Tratamento	1	$4,97^{ns}$	$1,16^{ns}$	$0,86^{ns}$	$11,79^{**}$
Tratamento X Local	1	$0,03^{ns}$	$1,05^{ns}$	$0,10^{ns}$	$0,21^{ns}$
Bloco (local)	4	$0,60^{ns}$	$0,79^{ns}$	$0,83^{ns}$	$0,95^{ns}$
Rep. (Bloco x Local)	6	$0,31^{ns}$	$0,22^{ns}$	$0,76^{ns}$	$0,42^{ns}$
(Modelo)	(13)	$1,05^{ns}$	$0,79^{ns}$	$1,04^{ns}$	$1,77^{ns}$
Resíduo	9	-	-	-	-
Total	22	-	-	-	-
Desdobramento					
Local dentro T2	1	$1,72^{ns}$	$3,80^{ns}$	$2,09^{ns}$	$2,44^{ns}$
Local dentro T3	1	$1,40^{ns}$	$0,38^{ns}$	$1,23^{ns}$	$1,08^{ns}$
Tratamento dentro L1	1	$3,17^{ns}$	$2,43^{ns}$	$0,85^{ns}$	$8,31^{*}$
Tratamento dentro L2	1	$1,94^{ns}$	$0,00^{ns}$	$0,17^{ns}$	$4,07^{ns}$
	C.V. =	48,54%	50,21%	51,26%	47,58%

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 63: Teste de comparação de médias (Tukey) para porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (%NPPF) no tronco e raiz de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS			
	TRONCO-PONTA	TRONCO-MEIO	TRONCO-BASE	RAIZ
TRATAMENTOS				
T2 - T3	$3,72^{ns}$	$1,62^{ns}$	$0,91^{ns}$	$5,24^{*}$
LOCAIS				
L1 - L2	$5,04^{ns}$	$5,35^{ns}$	$7,06^{ns}$	$5,43^{ns}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS				
T2 : L1 - L2	$6,59^{ns}$	$8,72^{*}$	$9,76^{*}$	$8,03^{*}$
T3 : L1 - L2	$3,49^{ns}$	$1,97^{ns}$	$4,35^{ns}$	$2,83^{ns}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS				
L1 : T2 - T3	$5,27^{ns}$	$4,99^{ns}$	$3,61^{ns}$	$7,84^{*}$
L2 : T2 - T3	$2,17^{ns}$	$-1,76^{ns}$	$-1,80^{ns}$	$2,64^{ns}$

TABELA 64: Quantidade média (kg/ha) de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante - QNPPF no *E.grandis*, em função do tipo de solo e modo de aplicação, aos 6 meses de idade

PARTES DA PLANTA	QNPPF			
	LVA (L1)		AQ (L2)	
	T2	T3	T2	T3
FOLHA-PONTA	0,125^{Aa}	0,118^{Aa}	0,082^{Aa}	0,049^{Aa}
FOLHA-MEIO	0,974^{Aa}	0,773^{Aa}	0,445^{Ba}	0,336^{Ba}
FOLHA-BASE	2,575^{Aa}	2,197^{Aa}	1,711^{Aa}	1,133^{Aa}
TOTAL	3,674	3,088	2,238	1,518
GALHO-PONTA	0,022^{Aa}	0,024^{Aa}	0,010^{Aa}	0,008^{Ba}
GALHO-MEIO	0,136^{Aa}	0,106^{Aa}	0,055^{Ba}	0,081^{Aa}
GALHO-BASE	0,338^{Aa}	0,264^{Aa}	0,225^{Aa}	0,202^{Aa}
TOTAL	0,496	0,394	0,290	0,291
TRONCO-PONTA	0,013^{Aa}	0,015^{Aa}	0,008^{Aa}	0,004^{Aa}
TRONCO-MEIO	0,072^{Aa}	0,051^{Aa}	0,031^{Ba}	0,024^{Aa}
TRONCO-BASE	0,250^{Aa}	0,163^{Aa}	0,141^{Aa}	0,093^{Aa}
TOTAL	0,335	0,229	0,180	0,121
RAIZ	0,236^{Aa}	0,123^{Ab}	0,149^{Aa}	0,058^{Aa}
PLANTA INTEIRA	4,741	3,834	2,857	1,988

Valores seguidos da mesma letra maiúscula para locais diferentes, ou minúscula para o mesmo local, na mesma linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.
T2 = Adubação nos dois lados da planta
T3 = Adubação no sulco de plantio

plantas do tratamento T2, em relação ao T3, não serviu para produzir maior desenvolvimento nas mesmas, pelo menos até essa idade, conforme pode ser verificado pela análise de crescimento. O reflexo dessa melhor nutrição nesse elemento deverá aparecer, provavelmente, nos meses seguintes, quando ou houver falta de N no solo ou não houver água para transportar

esse elemento até as raízes. Então, a planta que estiver melhor nutrida deverá levar vantagem.

Quanto à distribuição da QNPPF nos diferentes órgãos, apenas a raiz apresentou diferença estatística entre os tratamentos num mesmo local (LVA), mostrando um melhor aproveitamento do adubo nitrogenado por esse órgão quando a aplicação foi realizada nos dois lados da planta (T2). Quando se compara os mesmos tratamentos implantados em tipos de solo diferentes (locais), nota-se que tanto o T2 como o T3 promoveram maiores absorções de N no LVA para todos os órgãos, embora somente as quantidades existentes nos órgãos folha-meio, galho-meio e tronco-meio para o T2, e folha-meio e galho-ponta para o T3 tenham sido significativamente diferentes (Tabelas 65 a 70).

As Figuras 5 a 8 mostram uma comparação entre as quantidades de N-total e N-fertilizante absorvidas pela planta nos diferentes órgãos, em função do tipo de solo e do modo de aplicação do fertilizante. A proporção entre essas duas quantidades, ou seja, N-total:N-fertilizante fornece uma relação interessante, mostrando claramente maior absorção de N-fertilizante pelas plantas localizadas no LVA. Para o T2 (adubação no dois lados da planta), essa proporção variou de 9,2 a 11,0 na AQ e de 5,1 a 6,2 no LVA, enquanto que para o T3 (adubação no sulco de plantio) variou de 11,4 a 19,1 na AQ e de 7,7 a 12,4 no LVA. Neste último tratamento, a proporção para a raiz foi bem maior do que nos outros órgãos em ambos os solos, o que indica uma menor quantidade desse elemento, proveniente do fertilizante, conforme já discutido anteriormente.

A Figura 9 fornece a distribuição (%) da QNPPF nos diferentes órgãos do *E.grandis*, aos 6 meses de idade, mostrando a seguinte sequência: folhas> galhos> tronco> raiz, sendo essas relações semelhantes entre tratamentos e tipos de solo.

Com relação à distribuição da QNPPF dentro de cada órgão, conforme mostram as Figuras 10 a 13, nota-se que a mesma acompanha a produção de matéria seca, aumentando da ponta para a base. As proporções, neste caso, também são semelhantes, independente do órgão, tratamento ou tipo de solo.

TABELA 65: Teste F para quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) nas folhas de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F		
Causa de Variação	G.L.	FOLHA-PONTA	FOLHA-MEIO	FOLHA-BASE
Local	1	$5,40^{*}$	$10,81^{**}$	$3,60^{ns}$
Tratamento	1	$0,92^{ns}$	$1,52^{ns}$	$1,70^{ns}$
Tratamento X Local	1	$0,40^{ns}$	$0,04^{ns}$	$0,22^{ns}$
Bloco (local)	4	$2,25^{ns}$	$2,79^{ns}$	$2,32^{ns}$
Rep. (Bloco x Local)	6	$0,52^{ns}$	$0,52^{ns}$	$0,78^{ns}$
(Modelo)	(13)	$1,55^{ns}$	$2,20^{ns}$	$1,53^{ns}$
Resíduo	9	-	-	-
Total	22	-	-	-
Desdobramento				
Local dentro T2	1	$1,31^{ns}$	$5,54^{*}$	$0,94^{ns}$
Local dentro T3	1	$4,81^{ns}$	$5,28^{*}$	$3,06^{ns}$
Tratamento dentro L1	1	$0,06^{ns}$	$1,11^{ns}$	$0,39^{ns}$
Tratamento dentro L2	1	$1,16^{ns}$	$0,50^{ns}$	$1,43^{ns}$
C.V.=		58,08%	51,47%	55,08%

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 66: Teste de comparação de médias (Tukey) para quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) nas folhas de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS		
	FOLHA-PONTA	FOLHA-MEIO	FOLHA-BASE
TRATAMENTOS			
T2 - T3	0,020^{ns}	0,155^{ns}	0,478^{ns}
LOCAIS			
L1 - L2	0,056*	0,483*	0,964^{ns}
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS			
T2 : L1 - L2	0,043^{ns}	0,529*	0,864^{ns}
T3 : L1 - L2	0,069^{ns}	0,437*	1,064^{ns}
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS			
L1 : T2 - T3	0,007^{ns}	0,201^{ns}	0,378^{ns}
L2 : T2 - T3	0,033^{ns}	0,109^{ns}	0,578^{ns}

TABELA 67: Teste F para quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) nos galhos de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIANCIA		VALORES DE F		
Causa de Variação	G.L.	GALHO-PONTA	GALHO-MEIO	GALHO-BASE
Local	1	$9,59^{*}$	$4,95^{ns}$	$0,78^{ns}$
Tratamento	1	$0,12^{ns}$	$0,25^{ns}$	$1,18^{ns}$
Tratamento X Local	1	$0,39^{ns}$	$0,95^{ns}$	$0,00^{ns}$
Bloco (local)	4	$1,83^{ns}$	$1,36^{ns}$	$1,23^{ns}$
Rep. (Bloco x Local)	6	$0,92^{ns}$	$2,05^{ns}$	$0,86^{ns}$
(Modelo)	(13)	$1,88^{ns}$	$2,02^{ns}$	$0,91^{ns}$
Resíduo	9	-	-	-
Total	22	-	-	-
Desdobramento				
Local dentro T2	1	$2,80^{ns}$	$4,69^{ns}$	$0,35^{ns}$
Local dentro T3	1	$7,61^{*}$	$0,86^{ns}$	$0,44^{ns}$
Tratamento dentro L1	1	$0,04^{ns}$	$1,20^{ns}$	$0,63^{ns}$
Tratamento dentro L2	1	$0,44^{ns}$	$0,10^{ns}$	$1,55^{ns}$
C.V.=		62,10%	48,84%	62,37%

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 68: Teste de comparação de médias (Tukey) para quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) nos galhos de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS		
	GALHO-PONTA	GALHO-MEIO	GALHO-BASE
TRATAMENTOS			
T2 - T3	0,000^{ns}	0,002^{ns}	0,049^{ns}
LOCAIS			
L1 - L2	0,014*	0,053*	0,088^{ns}
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS			
T2 : L1 - L2	0,012^{ns}	0,081*	0,113^{ns}
T3 : L1 - L2	0,016*	0,025^{ns}	0,062^{ns}
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS			
L1 : T2 - T3	-0,002^{ns}	0,030^{ns}	0,074^{ns}
L2 : T2 - T3	0,002^{ns}	-0,026^{ns}	0,023^{ns}

TABELA 69: Teste F para quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) no tronco e raiz de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F			
Causa de Variação	G.L.	TRONCO-PONTA	TRONCO-MEIO	TRONCO BASE	RAIZ
Local	1	$3,53^{ns}$	$7,91^{*}$	$4,52^{ns}$	$3,38^{ns}$
Tratamento	1	$0,18^{ns}$	$1,67^{ns}$	$4,28^{ns}$	$7,83^{*}$
Tratamento X Local	1	$0,78^{ns}$	$0,24^{ns}$	$0,06^{ns}$	$0,02^{ns}$
Bloco (local)	4	$0,47^{ns}$	$1,73^{ns}$	$0,96^{ns}$	$1,16^{ns}$
Rep. (Bloco x Local)	6	$0,18^{ns}$	$0,97^{ns}$	$1,50^{ns}$	$0,93^{ns}$
(Modelo)	(13)	$0,61^{ns}$	$1,83^{ns}$	$1,78^{ns}$	$1,72^{ns}$
Resíduo	9	-	-	-	-
Total	22	-	-	-	-
Desdobramento					
Local dentro T2	1	$0,46^{ns}$	$4,99^{ns}$	$2,59^{ns}$	$1,82^{ns}$
Local dentro T3	1	$4,20^{ns}$	$2,97^{ns}$	$1,93^{ns}$	$1,57^{ns}$
Tratamento dentro L1	1	$0,12^{ns}$	$1,75^{ns}$	$2,96^{ns}$	$4,78^{ns}$
Tratamento dentro L2	1	$0,78^{ns}$	$0,30^{ns}$	$1,52^{ns}$	$3,21^{ns}$
C.V.=		91,77%	60,35%	53,91%	63,48%

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 70: Teste de comparação de médias (Tukey) para quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) no tronco e raiz de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS			
	TRONCO-PONTA	TRONCO-MEIO	TRONCO-BASE	RAIZ
TRATAMENTOS				
T2 - T3	0,001^{ns}	0,014^{ns}	0,068^{ns}	0,102*
LOCAIS				
L1 - L2	0,008^{ns}	0,034*	0,090*	0,076^{ns}
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS				
T2 : L1 - L2	0,005^{ns}	0,041*	0,109^{ns}	0,087^{ns}
T3 : L1 - L2	0,011^{ns}	0,027^{ns}	0,007^{ns}	0,065^{ns}
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS				
L1 : T2 - T3	-0,002^{ns}	0,021^{ns}	0,087^{ns}	0,113*
L2 : T2 - T3	0,004^{ns}	0,007^{ns}	0,048^{ns}	0,091^{ns}

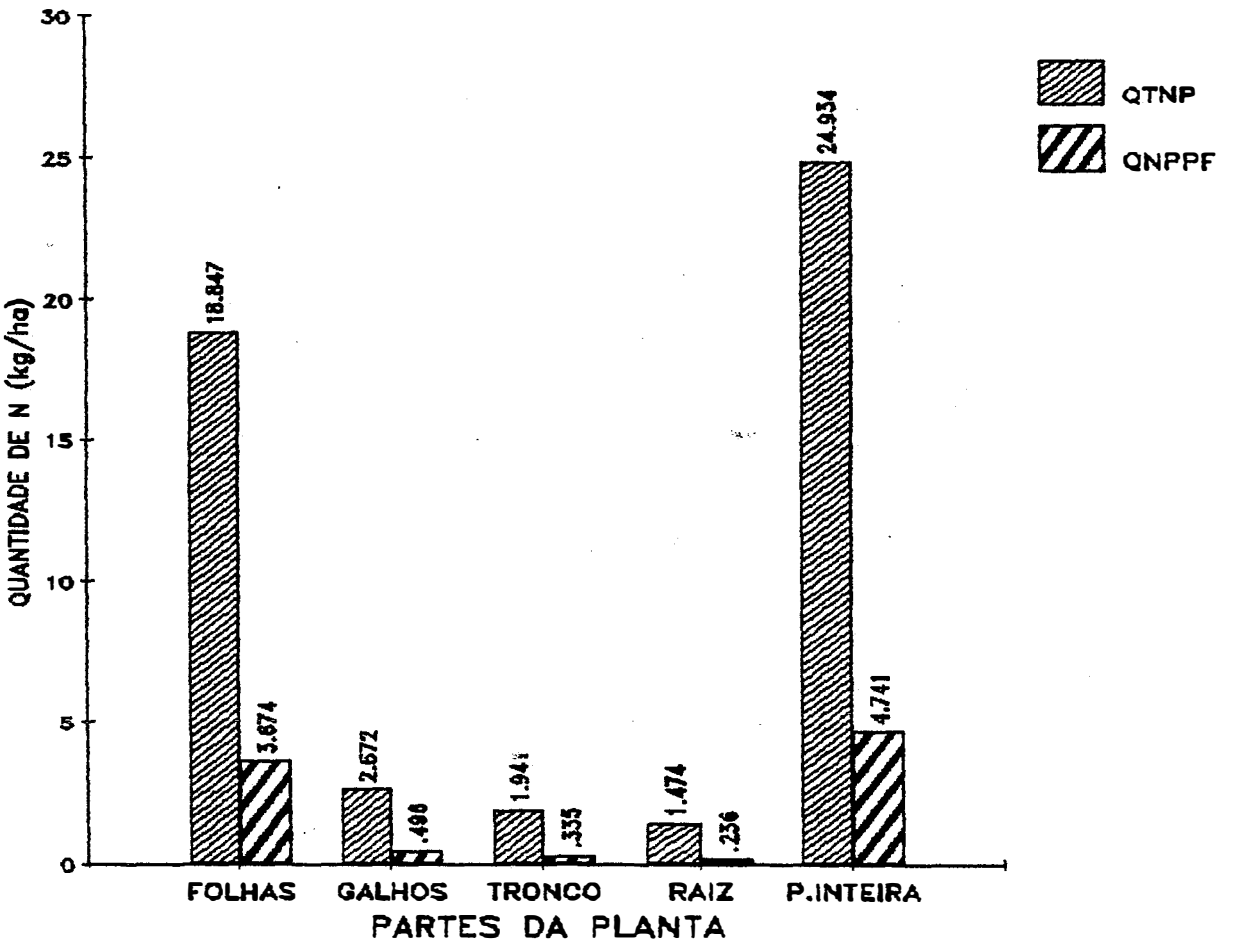

FIGURA 5: Comparação entre a quantidade total de N na planta (QTNP) e a quantidade de N na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) nos órgãos e na planta inteira de *E.grandis*, para adubação nos dois lados da planta (T2), em LVA fase arenosa

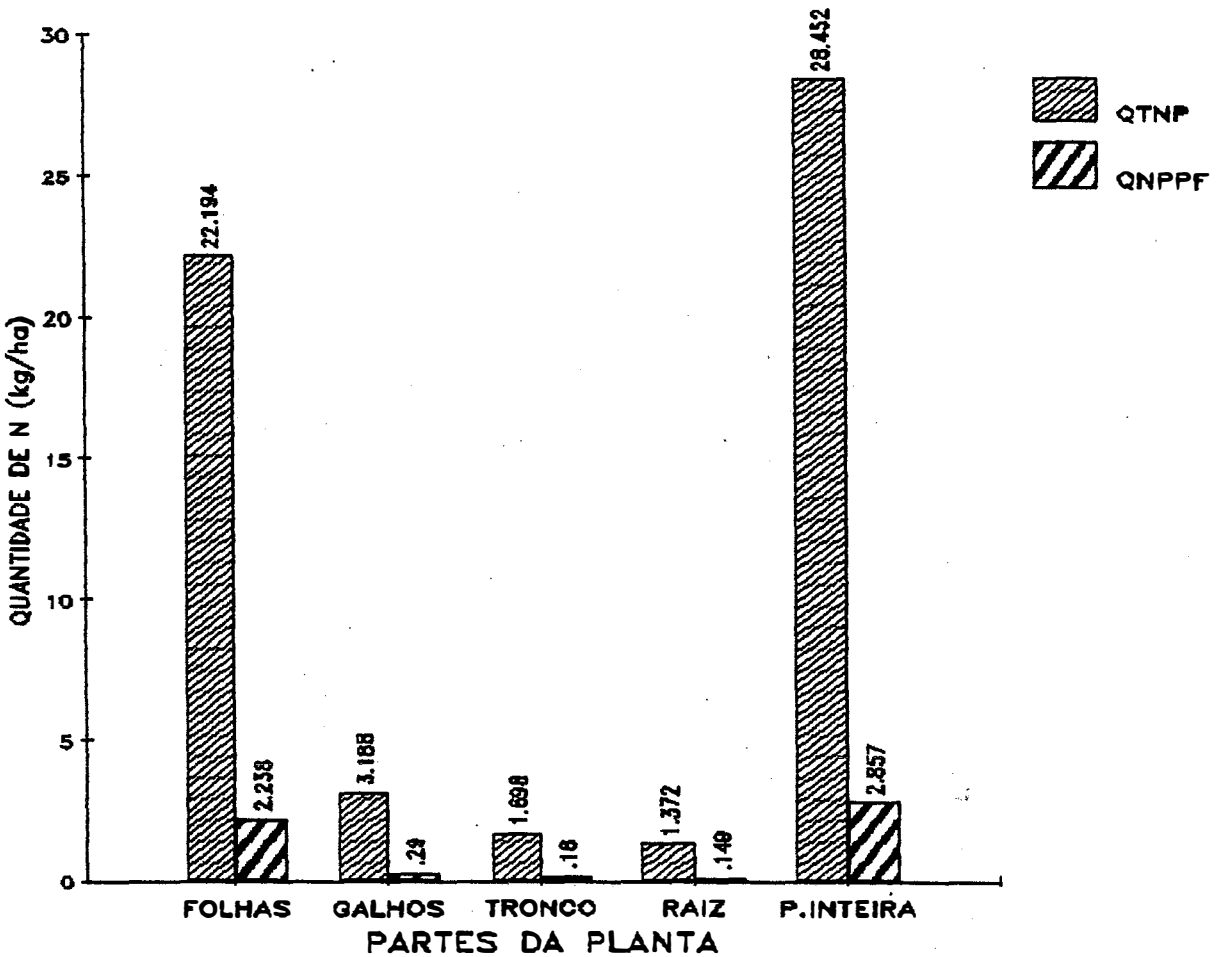

FIGURA 6: Comparação entre a quantidade total de N na planta (QTNP) e a quantidade de N na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) nos órgãos e na planta inteira de *E.grandis*, para adubação nos dois lados da planta (T2), em AQ

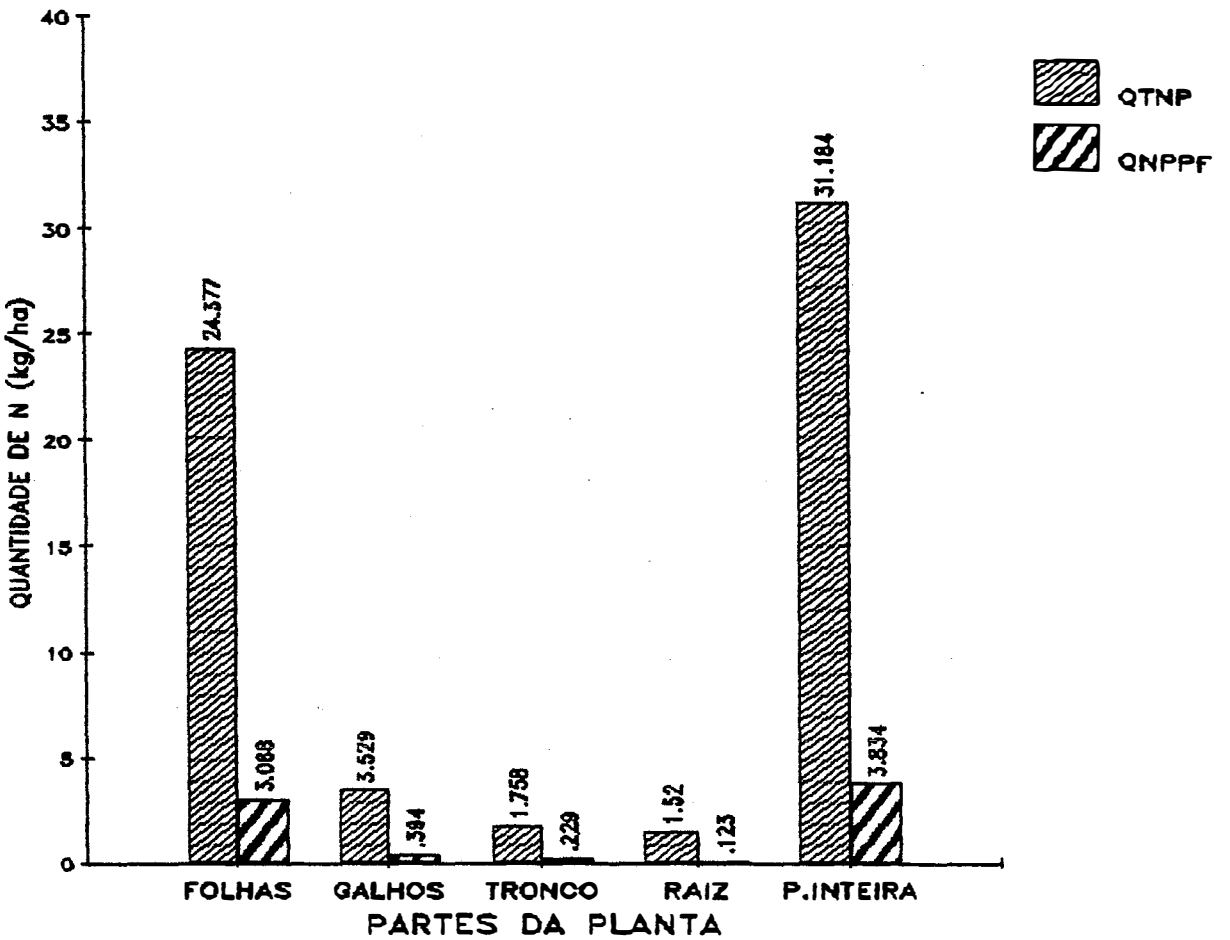

FIGURA 7: Comparação entre a quantidade total de N na planta (QTNP) e a quantidade de N na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) nos órgãos e na planta inteira de *E.grandis*, para adubação no sulco de plantio (T3), em LVA fase arenosa

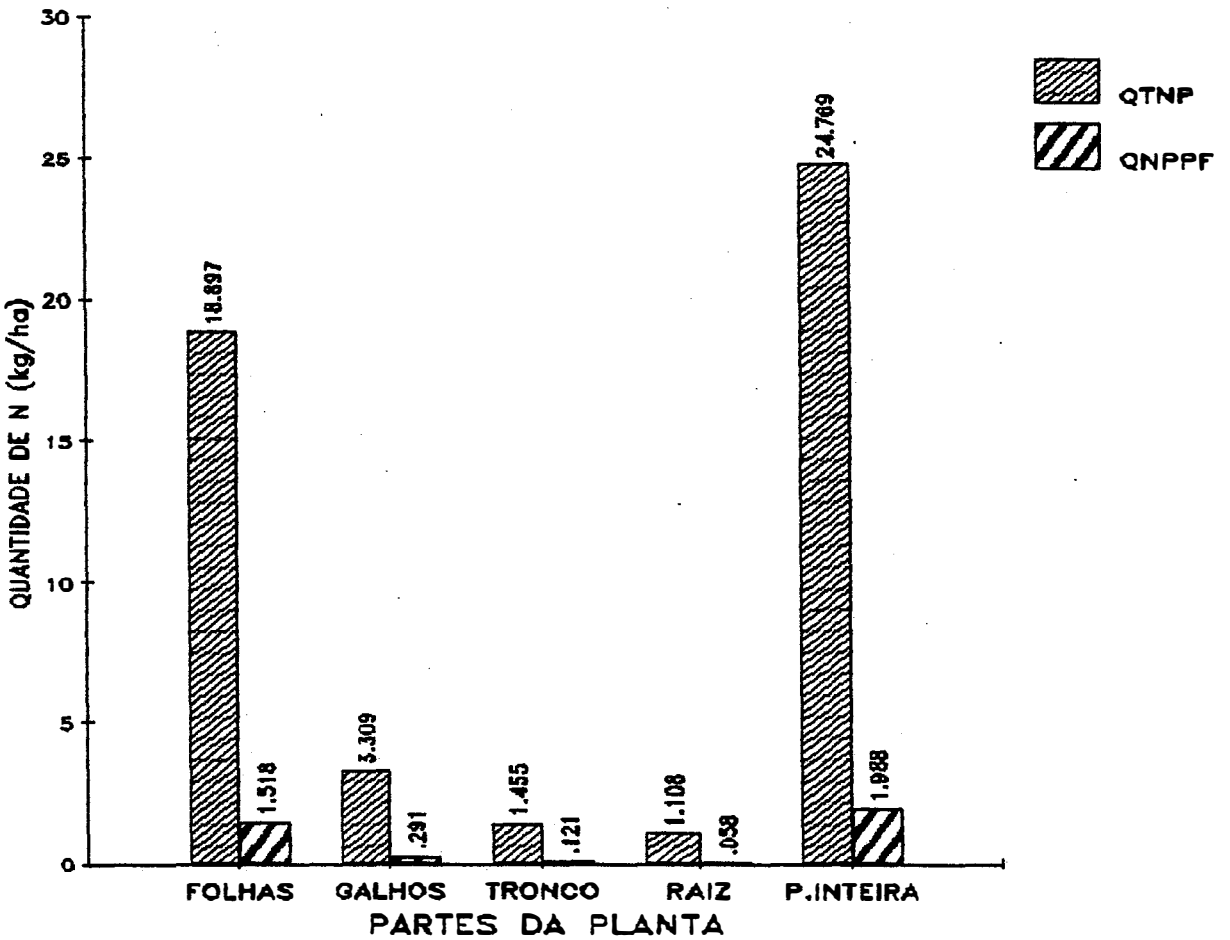

FIGURA 8: Comparação entre a quantidade total de N na planta (QTNP) e a quantidade de N na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) nos órgãos e na planta inteira de *E.grandis*, para adubação no sulco de plantio (T3), em AQ

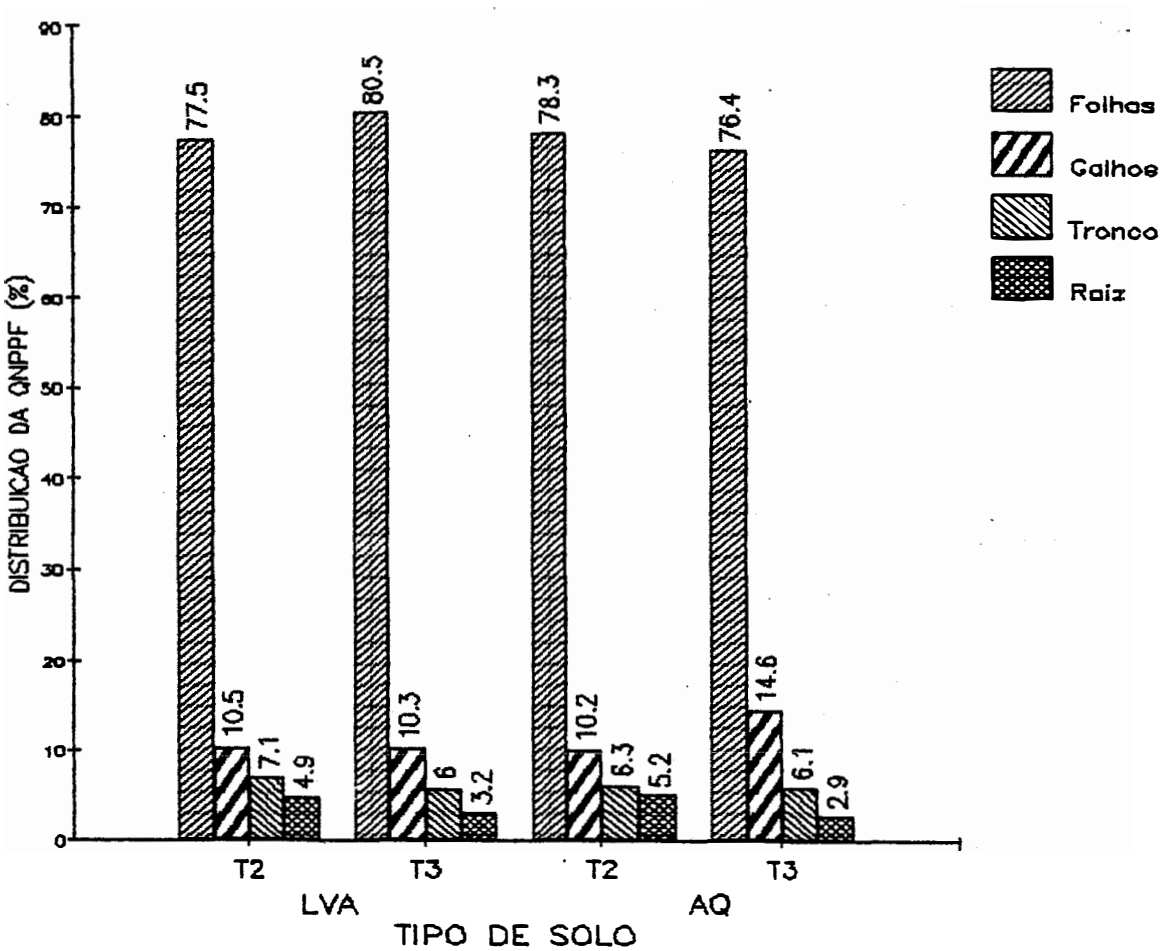

FIGURA 9: Distribuição (%) da QNPPF nos diversos órgãos do *E.grandis* em função do tipo de solo e do modo de aplicação do adubo, aos 6 meses de idade.

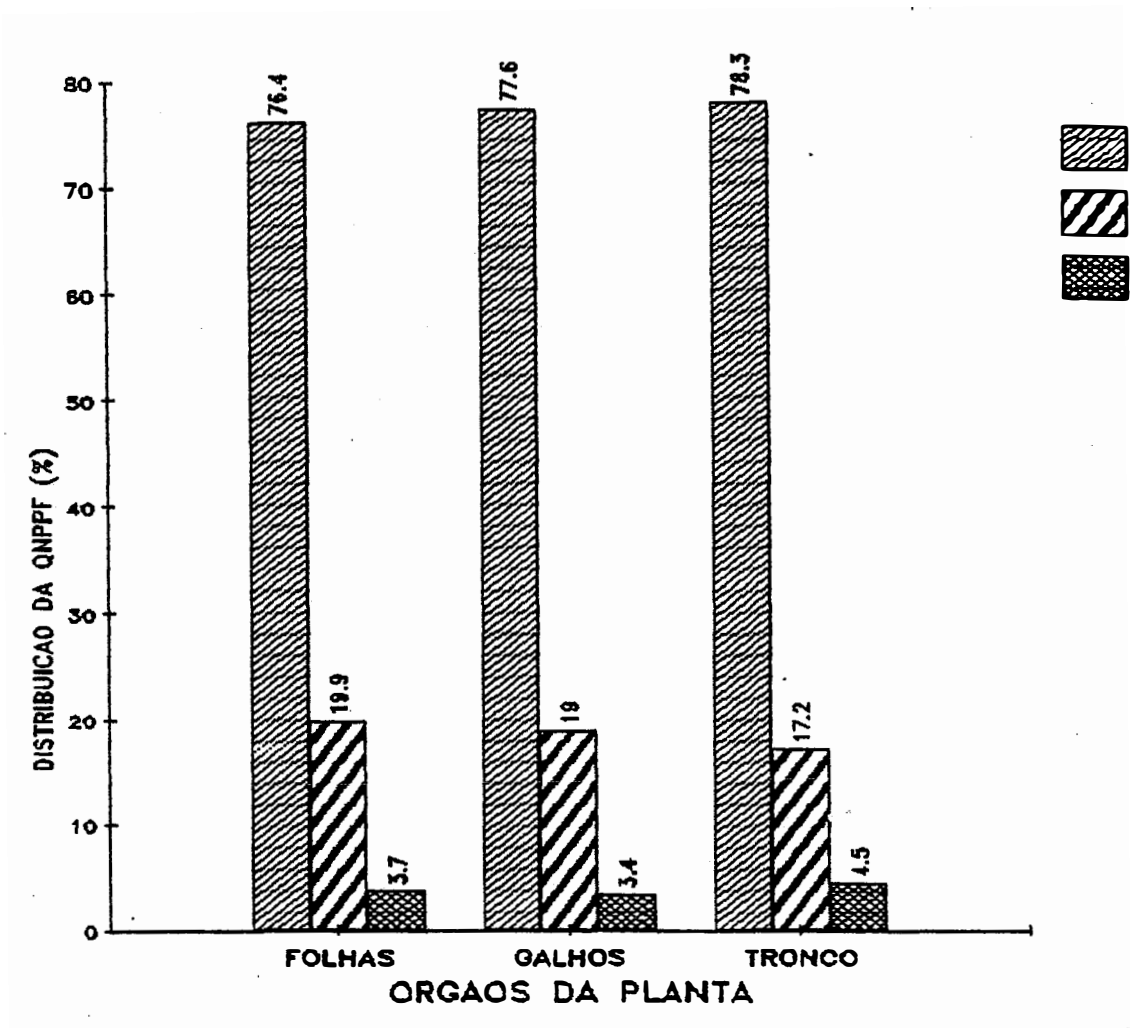

FIGURA 10: Distribuição (%) da QNPPF dentro de cada órgão do *E.grandis*, aos 6 meses de idade, para adubação nos dois lados da planta (T2), em AQ distrófica.

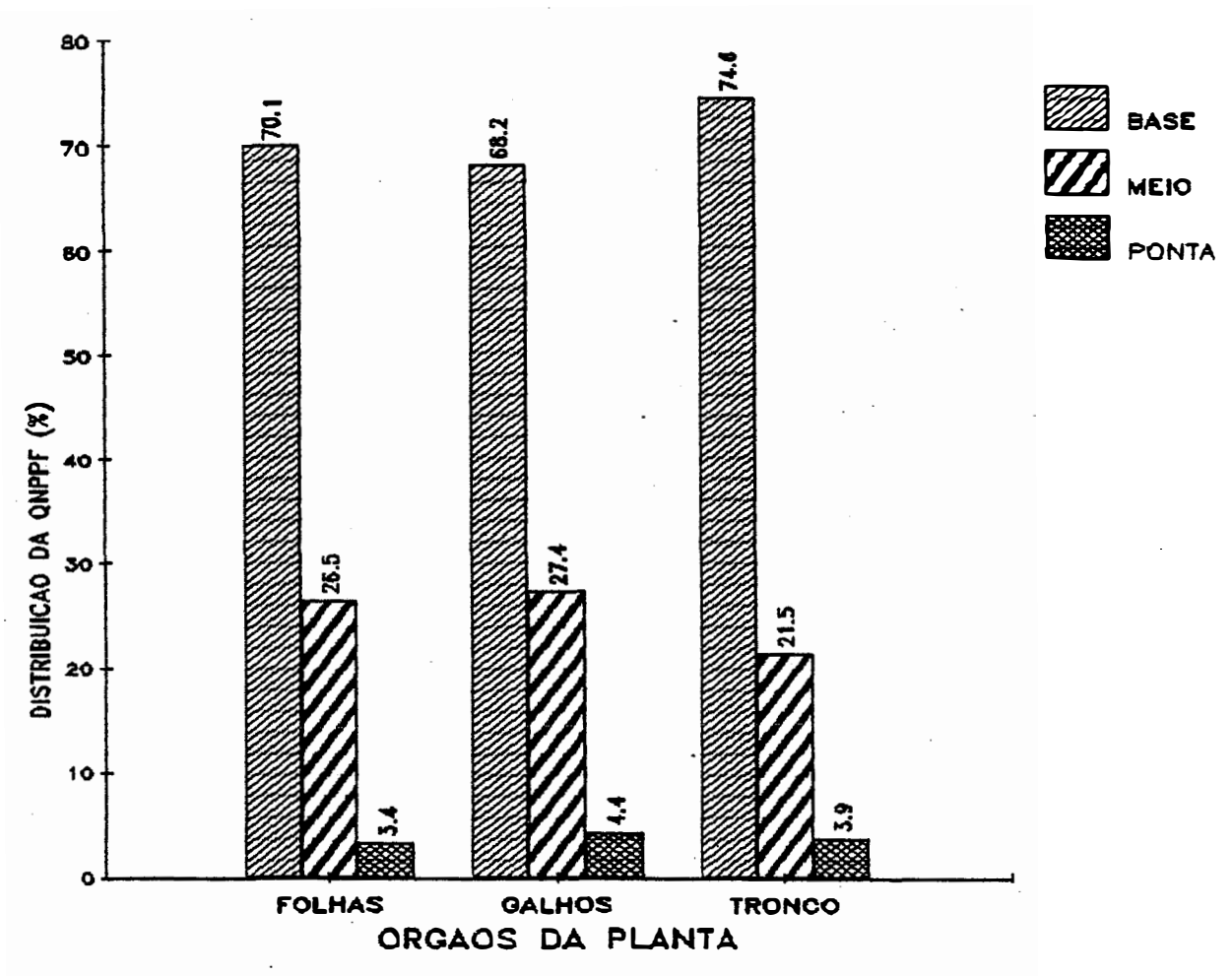

FIGURA 11: Distribuição (%) da QNPPF dentro de cada órgão do *E.grandis*, aos 6 meses de idade, para adubação nos dois lados da planta (T2), em LVA fase arenosa.

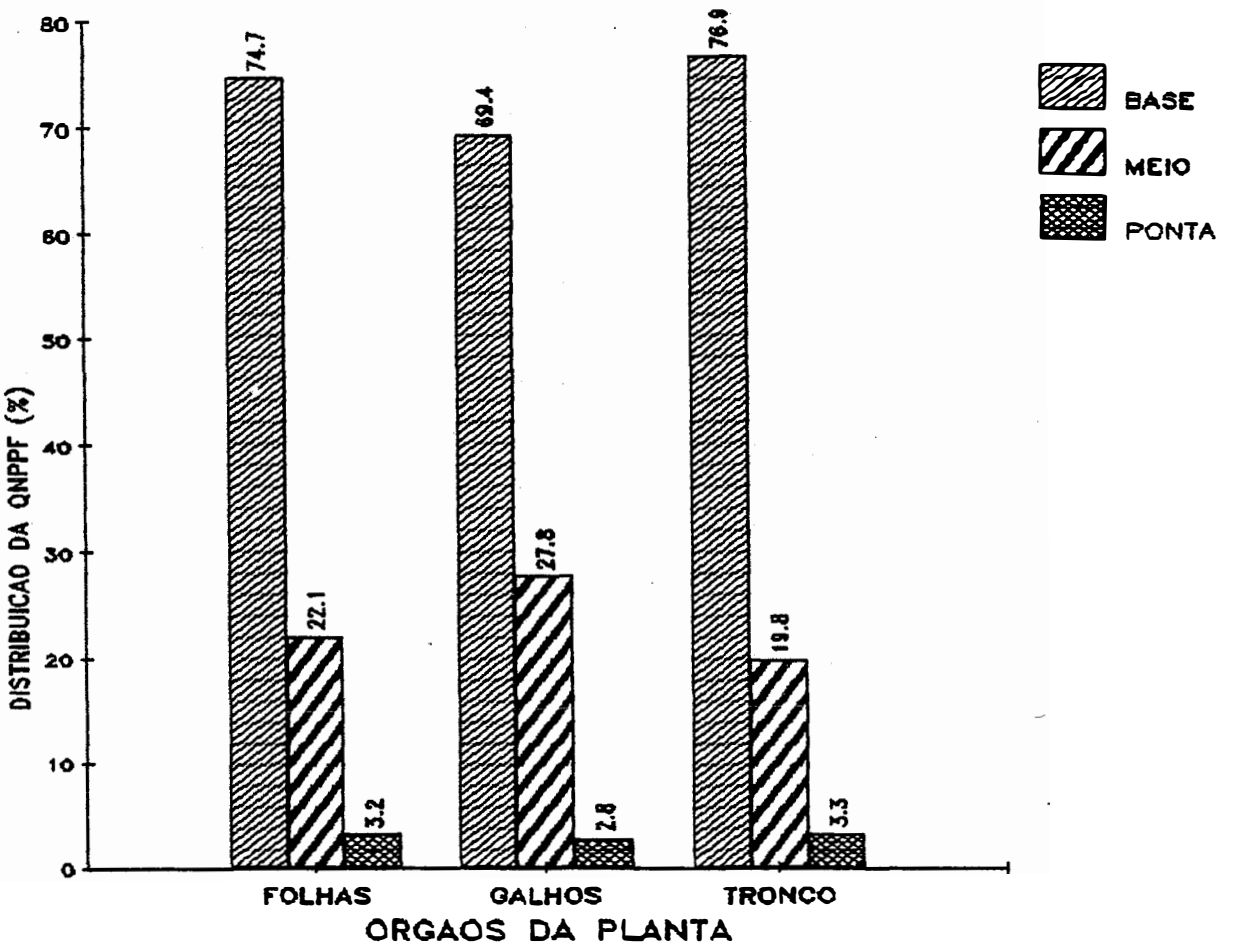

FIGURA 12: Distribuição (%) da QNPPF dentro de cada órgão do *E.grandis*, aos 6 meses de idade, para adubação no sulco de plantio (T3), em AQ distrófica.

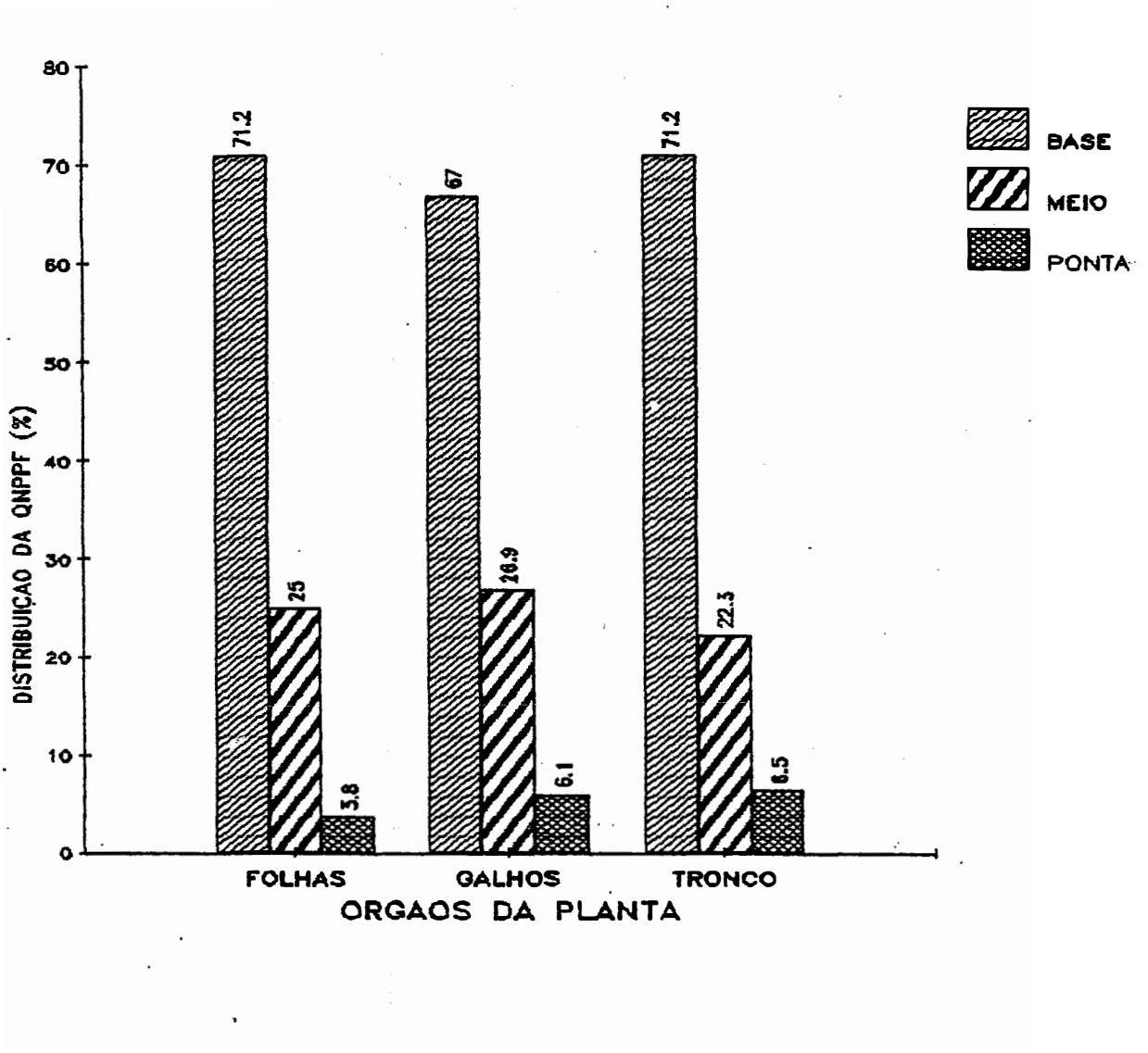

FIGURA 13: Distribuição (%) da QNPPF dentro de cada órgão do *E.grandis*, aos 6 meses de idade, para adubação no sulco de plantio (T3), em LVA fase arenosa.

4.4.4. Eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN)

A eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN) pelo *E.grandis*, aos 6 meses de idade, em função do tipo de solo e modo de aplicação do fertilizante, apresenta-se na Tabela 71. Observa-se que em todos os órgãos e para a planta inteira, a eficiência foi maior no LVA do que na AQ em ambos os tratamentos (Figura 14), sendo essa diferença antre solos (locais) significativamente diferente nos órgãos folha-meio, galho-meio e tronco-meio para o T2, e folha-meio e galho-ponta para T3 (p=0,05), conforme as Tabelas 72 a 77. Diferenças estatísticas entre os tratamentos T2 e T3 no mesmo local só ocorreram para a raiz, no LVA.

A baixa eficiência de absorção de N encontrada neste trabalho (7,95 a 18,97%) se assemelha com a maioria dos resultados obtidos em essências florestais, baseados em estudos com ^{15}N (Nambiar & Bowen[37], citados por THEODOROU, 1986; NEILSEN *et alii*, 1984; VITOUSEK & MATSON, 1985; NAMBIAR & BOWEN, 1986), exceção feita ao trabalho realizado por PRASAD *et alii* (1984), cujo resultado (79,1%), inclusive, está bem acima dos obtidos em culturas anuais (ARORA *et alii*, 1980; RAISON *et alii*, 1982).

Os motivos dessa baixa porcentagem de N absorvida pelas plantas podem ser explicados pela rápida lixiviação desse elemento em solos arenosos, aliada à alta precipitação pluviométrica ocorrida durante o período do experimento. Uma outra razão seria o pequeno contato entre o fertilizante e a raiz, provocado pelo baixo desenvolvimento do sistema radicular na época da aplicação do adubo. Explicações semelhantes foram sugeridas por NAMBIAR & BOWEN (1986). Embora a EUFN tenha sido baixa, as plantas absorveram grandes quantidades de nitrogênio e estavam bem nutridas, sugerindo a ocorrência do Efeito "Priming" e/ou mineralização do N retido na matéria orgânica, através das práticas de preparo de solo.

TABELA 71: Eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado - EUFN (%) pelo *E.grandis*, em função do tipo de solo e modo de aplicação do fertilizante, aos 6 meses de idade

PARTES DA PLANTA	EUFN (%)			
	LVA (L1)		AQ (L2)	
	T2	T3	T2	T3
FOLHA-PONTA	0,50^{Aa}	0,47^{Aa}	0,33^{Aa}	0,20^{Aa}
FOLHA-MEIO	3,90^{Aa}	3,09^{Aa}	1,78^{Ba}	1,34^{Ba}
FOLHA-BASE	10,30^{Aa}	8,79^{Aa}	6,84^{Aa}	4,53^{Aa}
TOTAL	14,70	12,35	8,95	6,07
GALHO-PONTA	0,09^{Aa}	0,09^{Aa}	0,04^{Aa}	0,03^{Ba}
GALHO-MEIO	0,54^{Aa}	0,42^{Aa}	0,22^{Ba}	0,32^{Aa}
GALHO-BASE	1,35^{Aa}	1,06^{Aa}	0,90^{Aa}	0,81^{Aa}
TOTAL	1,98	1,57	1,16	1,16
TRONCO-PONTA	0,05^{Aa}	0,06^{Aa}	0,03^{Aa}	0,02^{Aa}
TRONCO-MEIO	0,29^{Aa}	0,21^{Aa}	0,12^{Ba}	0,10^{Aa}
TRONCO-BASE	1,00^{Aa}	0,65^{Aa}	0,56^{Aa}	0,37^{Aa}
TOTAL	1,34	0,92	0,71	0,49
RAIZ	0,95^{Aa}	0,49^{Ab}	0,60^{Aa}	0,23^{Aa}
PLANTA INTEIRA	18,97	15,33	11,42	7,95

Valores seguidos da mesma letra maiúscula para locais diferentes, ou minúscula para o mesmo local, na mesma linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.
T2 = Adubação nos dois lados da planta
T3 = Adubação no sulco de plantio

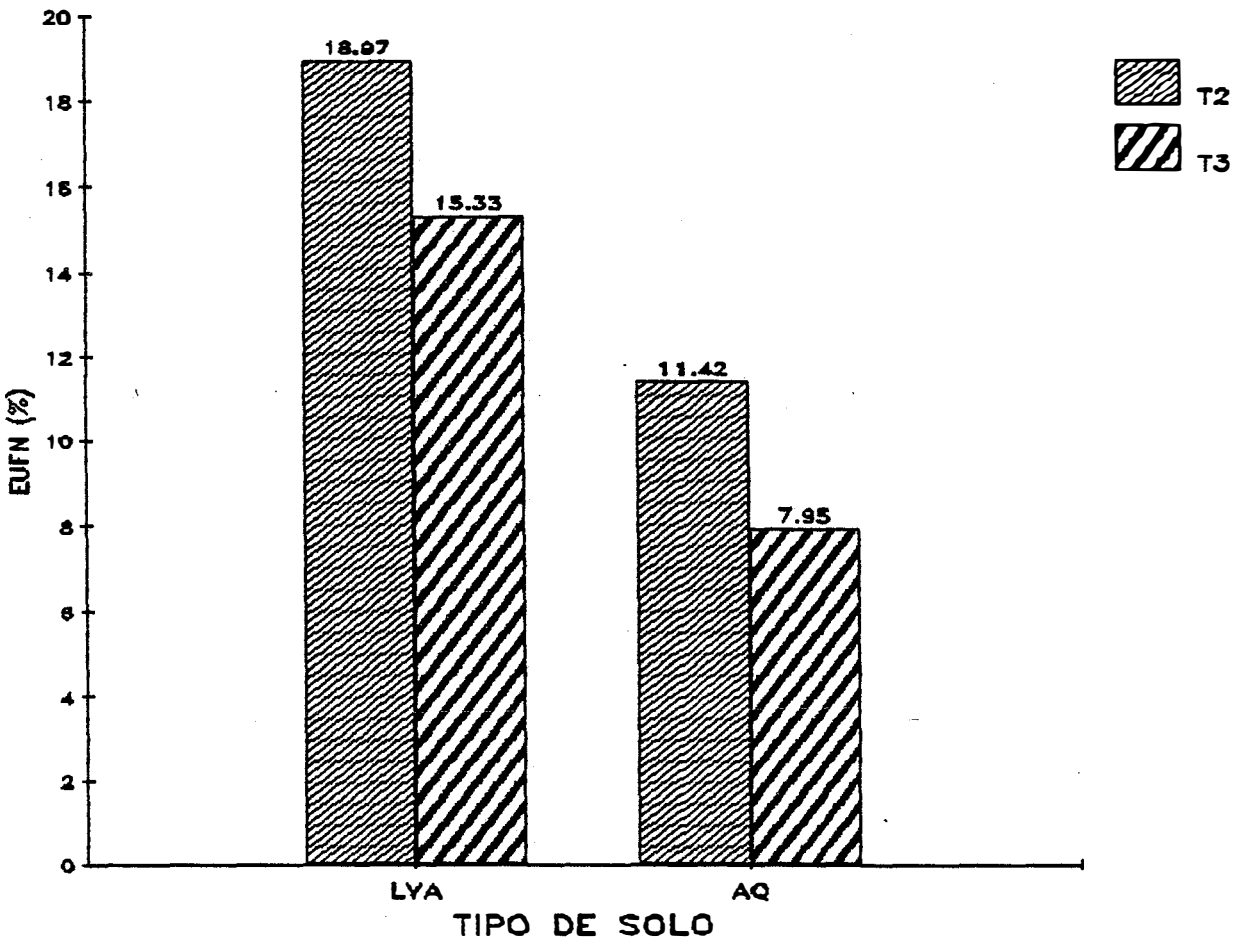

FIGURA 14: Eficiência (%) de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN) pelo *E.grandis*, aos 6 meses de idade, em função do tipo de solo e modo de aplicação do fertilizante.

O restante do N não aproveitado pelas plantas pode ser considerado como perdido. Dentre as diversas formas de perda, as ocasionadas por deflúvio superficial podem ser consideradas, praticamente, nulas nas condições deste experimento, uma vez que o declive apresentado pelos solos era em torno de 3%, sendo que nestas condições as perdas são mínimas pelo pequeno período de permanência da cultura no campo, no caso deste experimento. DE BOODT *et alii* (1979) consideram que o nitrogênio é o nutriente menos perdido por deflúvio superficial, devido a sua alta mobilidade no perfil do solo. Quanto às perdas por volatilização, estas podem ser desprezadas pelo fato de não ter ocorrido, neste trabalho, condições propícias à ocorrência das mesmas (GASSER, 1964; TERMAN, 1979; MALAVOLTA, 1981).

Se considerarmos que uma pequena porcentagem de N pode ter sido retida pela matéria orgânica do solo, não sendo detectada na análise de solo devido à alta diluição isotópica existente na matéria orgânica, concluímos que praticamente todo o N aplicado deve ter se perdido por lixiviação. Entretanto, torna-se importante saber qual a profundidade que esse nutriente pode lixiviar e ainda ser absorvido pelo eucalipto.

Os resultados obtidos indicam que o melhor método de aplicação foi o T2 (adubação nos dois lados da planta), com o adubo localizado mais próximo da planta sendo melhor aproveitado do que a aplicação no sulco (T3), onde permanece mais longe das raízes inicialmente, favorecendo as perdas antes do desenvolvimento do sistema radicular.

Entretanto, a baixa eficiência de utilização do N pelo *E.grandis*, obtida nos dois modos de aplicação e em ambos os solos, demonstra que as empresas estão tendo, atualmente, um grande prejuízo em virtude dos altos custos do adubo e da sua aplicação. Esse fato evidencia, portanto, a necessidade de mudanças na forma e na época de aplicação do fertilizante

nitrogenado, com o objetivo de aumentar o aproveitamento pelo eucalipto. Algumas empresas já estão realizando mudanças na forma de aplicação com resultados satisfatórios, embora sem conhecer a influência sobre a absorção de N.

Quanto à época de aplicação, os resultados também sugerem que deve ser feito o parcelamento da adubação nitrogenada, apesar dos resultados contraditórios da literatura. Segundo BELLOTE *et alii* (1980), PEREIRA *et alii* (1984) e REIS *et alii* (1987), o *E. grandis* acumula baixas quantidades de N até os 3 anos de idade, em comparação com o total absorvido até o final da rotação. Esses resultados já evidenciavam a necessidade do parcelamento, sendo confirmados pelos obtidos neste experimento. Há também uma indicação de que a quantidade de N a ser aplicada na fase de plantio (adubação de arranque) deve ser bem menor do que a utilizada neste experimento (150 g/planta da fórmula 10-20-10), devendo-se dividir em pelo menos duas aplicações iniciais, como por exemplo, metade no plantio e metade aos 3 meses de idade.

Outras formas para minimizar as perdas de N e aumentar o seu aproveitamento pelas plantas seriam a utilização de adubos nitrogenados de baixa liberação ou aplicação de matéria orgânica visando aumentar o seu conteúdo no solo e diminuir a lixiviação dos nutrientes.

Portanto, um dos grandes desafios para a área florestal nos dias atuais será encontrar a melhor época, dose, forma e localização do fertilizante nitrogenado, e/ou utilizar novas técnicas de manejo, como é o caso da aplicação de matéria orgânica, que permitam que o eucalipto faça um melhor uso do nitrogênio aplicado. Nesse sentido, a técnica do ^{15}N será de grande valor para que esses objetivos possam ser atingidos.

TABELA 72: Teste F para eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN) pelas folhas de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F		
Causa de Variação	G.L.	FOLHA-PONTA	FOLHA-MEIO	FOLHA-BASE
Local	1	$5,37^{*}$	$10,81^{**}$	$3,60^{ns}$
Tratamento	1	$0,93^{ns}$	$1,52^{ns}$	$1,70^{ns}$
Tratamento X Local	1	$0,41^{ns}$	$0,04^{ns}$	$0,21^{ns}$
Bloco (local)	4	$2,24^{ns}$	$2,79^{ns}$	$2,32^{ns}$
Rep. (Bloco x Local)	6	$0,52^{ns}$	$0,52^{ns}$	$0,78^{ns}$
(Modelo)	(13)	$1,54^{ns}$	$2,20^{ns}$	$1,53^{ns}$
Resíduo	9	-	-	-
Total	22	-	-	-
Desdobramento				
Local dentro T2	1	$1,29^{ns}$	$5,54^{*}$	$0,94^{ns}$
Local dentro T3	1	$4,80^{ns}$	$5,28^{*}$	$3,06^{ns}$
Tratamento dentro L1	1	$0,06^{ns}$	$1,11^{ns}$	$0,39^{ns}$
Tratamento dentro L2	1	$1,18^{ns}$	$0,50^{ns}$	$1,43^{ns}$
	C.V.=	57,98%	51,48%	55,08%

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 73: Teste de comparação de médias (Tukey) para eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN) pelas folhas de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS		
	FOLHA-PONTA	FOLHA-MEIO	FOLHA-BASE
TRATAMENTOS			
T2 - T3	$0,08^{ns}$	$0,63^{ns}$	$1,91^{ns}$
LOCAIS			
L1 - L2	$0,22^{*}$	$1,94^{*}$	$3,86^{*}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS			
T2 : L1 - L2	$0,17^{ns}$	$2,12^{*}$	$3,46^{ns}$
T3 : L1 - L2	$0,27^{ns}$	$1,75^{*}$	$4,26^{ns}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS			
L1 : T2 - T3	$0,03^{ns}$	$0,81^{ns}$	$1,51^{ns}$
L2 : T2 - T3	$0,13^{ns}$	$0,44^{ns}$	$2,31^{ns}$

TABELA 74: Teste F para eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN) pelos galhos de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F		
Causa de Variação	G.L.	GALHO-PONTA	GALHO-MEIO	GALHO-BASE
Local	1	$9,38^{*}$	$4,91^{ns}$	$0,78^{ns}$
Tratamento	1	$0,12^{ns}$	$0,27^{ns}$	$1,18^{ns}$
Tratamento X Local	1	$0,32^{ns}$	$0,93^{ns}$	$0,00^{ns}$
Bloco (local)	4	$1,81^{ns}$	$1,36^{ns}$	$1,23^{ns}$
Rep. (Bloco x Local)	6	$0,88^{ns}$	$2,05^{ns}$	$0,86^{ns}$
(Modelo)	(13)	$1,83^{ns}$	$2,01^{ns}$	$0,91^{ns}$
Resíduo	9	–	–	–
Total	22	–	–	–
Desdobramento				
Local dentro T2	1	$2,87^{ns}$	$4,64^{ns}$	$0,34^{ns}$
Local dentro T3	1	$7,22^{*}$	$0,86^{ns}$	$0,45^{ns}$
Tratamento dentro L1	1	$0,02^{ns}$	$1,21^{ns}$	$0,63^{ns}$
Tratamento dentro L2	1	$0,38^{ns}$	$0,09^{ns}$	$0,56^{ns}$
	C.V.=	62,65%	49,08%	62,32%

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 75: Teste de comparação de médias (Tukey) para eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN) pelos galhos de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS		
	GALHO-PONTA	GALHO-MEIO	GALHO-BASE
TRATAMENTOS			
T2 - T3	$0,01^{ns}$	$0,01^{ns}$	$0,19^{ns}$
LOCAIS			
L1 - L2	$0,06^{*}$	$0,21^{*}$	$0,35^{ns}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS			
T2 : L1 - L2	$0,05^{ns}$	$0,32^{*}$	$0,45^{ns}$
T3 : L1 - L2	$0,06^{*}$	$0,10^{ns}$	$0,25^{ns}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS			
L1 : T2 - T3	$0,00^{ns}$	$0,12^{ns}$	$0,29^{ns}$
L2 : T2 - T3	$0,01^{ns}$	$-0,10^{ns}$	$0,09^{ns}$

TABELA 76: Teste F para eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN) pelo tronco e raiz de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F			
Causa de Variação	G.L.	TRONCO-PONTA	TRONCO-MEIO	TRONCO BASE	RAIZ
Local	1	$3,44^{ns}$	$7,96^{*}$	$4,52^{ns}$	$3,40^{ns}$
Tratamento	1	$0,17^{ns}$	$1,68^{ns}$	$4,28^{ns}$	$7,85^{*}$
Tratamento X Local	1	$0,74^{ns}$	$0,25^{ns}$	$0,06^{ns}$	$0,02^{ns}$
Bloco (local)	4	$0,50^{ns}$	$1,76^{ns}$	$0,96^{ns}$	$1,16^{ns}$
Rep. (Bloco x Local)	6	$0,18^{ns}$	$0,97^{ns}$	$1,50^{ns}$	$0,94^{ns}$
(Modelo)	13	$0,61^{ns}$	$1,84^{ns}$	$1,78^{ns}$	$1,73^{ns}$
Resíduo	9	-	-	-	-
Total	22	-	-	-	-
Desdobramento					
Local dentro T2	1	$0,45^{ns}$	$5,06^{ns}$	$2,58^{ns}$	$1,81^{ns}$
Local dentro T3	1	$4,05^{ns}$	$2,96^{ns}$	$1,94^{ns}$	$1,59^{ns}$
Tratamento dentro L1	1	$0,11^{ns}$	1,78	$2,95^{ns}$	$4,77^{ns}$
Tratamento dentro L2	1	$0,74^{ns}$	$0,29^{ns}$	$1,52^{ns}$	$3,23^{ns}$
C.V.=		91,95%	60,29%	53,92%	63,38%

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 77: Teste de comparação de médias (Tukey) para eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUFN) pelo tronco e raiz de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS			
	TRONCO-PONTA	TRONCO-MEIO	TRONCO-BASE	RAIZ
TRATAMENTOS				
T2 - T3	0,00^{ns}	0,05^{ns}	0,27^{ns}	0,42*
LOCAIS				
L1 - L2	0,03^{ns}	0,14*	0,36*	0,31^{ns}
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS				
T2 : L1 - L2	0,02^{ns}	0,17*	0,44^{ns}	0,35^{ns}
T3 : L1 - L2	0,04^{ns}	0,11^{ns}	0,28^{ns}	0,26^{ns}
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS				
L1 : T2 - T3	-0,01^{ns}	0,08^{ns}	0,35^{ns}	0,46*
L2 : T2 - T3	0,01^{ns}	0,02^{ns}	0,19^{ns}	0,37^{ns}

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

1) A aplicação de fertilizantes aumentou o desenvolvimento das plantas, apresentando ganhos em altura em relação à testemunha de 48,8% e 23,3% para adubação nos dois lados da planta (T2) e de 56,2% e 20,9% para adubação no sulco (T3), na AQ e LVA, respectivamente.

2) O modo de aplicação do fertilizante influenciou muito pouco o desenvolvimento do *E.grandis*, até aos 6 meses de idade.

3) O *E. grandis* apresentou maior desenvolvimento em altura no solo de melhores características físicas e químicas (LVA fase arenosa), como era de se esperar. Entretanto, essa afirmativa não é válida para produção de matéria seca.

4) A distribuição de matéria seca, nitrogênio total e nitrogênio na planta proveniente do fertilizante, nos diferentes orgãos do *E.grandis*, apresentou a seguinte sequência: folhas>galhos>tronco>raiz.

5) A concentração de nitrogênio nas folhas das plantas cultivadas no LVA foi, em média, superior ($p=0,01$) à das plantas cultivadas na AQ.

6) As análises das folhas Bordadura indicaram que essas plantas, apesar de circundarem a planta marcada, não absorveram o adubo contendo ^{15}N, até aos 6 meses de

idade.

7) As sub-amostragens realizadas para análise da concentração de N-total e %At.^{15}N nos diversos orgãos da planta foram consideradas representativas das amostras, de acordo com o teste t para dados pareados.

8) A adubação promoveu um aumento na quantidade de N-total absorvida pelas plantas nos dois tipos de solo, sendo maior na AQ.

9) Não foi detectado nitrogênio proveniente do fertilizante no solo, sugerindo-se que, praticamente, toda a quantidade que não foi absorvida pelas plantas tenha se perdido por lixiviação.

10) O *E.grandis* apresentou uma baixa recuperação do fertilizante nitrogenado, sendo de 18,97% e 11,42% para adubação nos dois lados da planta (T2) e de 15,33% e 7,95% para adubação no sulco de plantio (T3), no LVA e AQ, respectivamente.

11) O método de aplicação que promoveu uma melhor recuperação do fertilizante nitrogenado foi a adubação nos dois lados da planta (T2), para os dois tipos de solo.

12) De acordo com os resultados, a quantidade de N a ser aplicada no plantio deve ser bem menor do que a utilizada neste experimento, devendo-se dividir em pelo menos duas aplicações iniciais. Novas adubações deverão ser realizadas em épocas posteriores.

13) Os resultados obtidos sugerem mudanças na época, dose, forma e localização do fertilizante nitrogenado, e/ou a utilização de novas técnicas de manejo, como é o caso da aplicação de matéria orgânica, que permitam que o eucalipto faça um melhor uso do nitrogênio aplicado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUAYE, D.K. & KUNNINGHAM, R.K. Losses of nitrogen by ammonia volatilization from surface-fertilized tropical forest soils. *Tropical Agricultural*, Trinidad, *42*(4):281-292, 1965.

ADRIANO, D.C.; PRATT, P.F.; TAKATORI, F.H. 1972. Nitrate in insatured zone of an alluvial soil in relation to fertilizer nitrogen rate and irrigation level. *Journal of Environmental Quality*, Madison, *1*:418-422.

ALCARDE, J.C.; GUIDOLIN, J.A.; LOPES, A.S. Os adubos e a eficiência das adubações. *Boletim Técnico. ANDA*, São Paulo (3), 35p., mar. 1989.

ALMEIDA, D.L.; DE-POLLI, H.; PESSANHA, G.G.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. Adubação nitrogenada nos estados do Rio de Janairo e Espírito Santo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16, Ilhéus, 1984. *Anais*. Ilhéus, CEPLAC-SBCS, 1985. p. 81-106.

AMATO, M. & LADD, J.N. Studies of nitrogen immobilization and mineralization in calcareous soils. V. Formation and distribution of isotope-labelled biomass during decomposition of ^{14}C-and ^{15}N-labelled plant material. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, *12*:405-411, 1980.

ANJOS, J.T. & TEDESCO, M.J. Ammonia volatilization from two nitrogenous fertilizers apllied to cultived soil. *Cientifica*, São Paulo, *4*(1):49-55, 1976.

ARORA, R.P.; SACHDEV, M.S.; SUD, Y.K.; LUTHRA, U.K.; SUBBIAH, B.V. Fate of fertilizer nitrogen in a multiple cropping system. In: SOIL NITROGEN AS FERTILIZER OR POLLUTANT, Piracicaba, 1978. *Proceedings*. Viena, International Atomic Energy Agency - IAEA, 1980. p. 23-36.

ASHLEY, P.A.; JACKSON, W.A.; VOLK, R.J. Nitrate uptake and assimilation by wheat seedlings during initial exposure to nitrate. *Plant Physiology*, Baltimore, *55*:1102-1106, 1975.

ATANASIU, N.; WESTPHAL, A.; BENERJEE, A.K. 1968. Studies on the effect of nitrogen fertilizer on yield and N uptake of plants in soils of different ammonium-fixing capacities. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., ed. *A selected bibliography for agricultural Scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

ATTIWILL, P.M. Nutrient cycling in eucalyptus and pines in south-eastern Australia. In: SYMPOSIUM ON IMPACT OF INTENSIVE HARVESTING ON FOREST NUTRIENT CYCLING, Syracuse, 1979. Syracuse, 1979. 13p.

AYOUB, A. ^{15}N-labelled urea recovery by different crops in the Sudan Gezira soil. *Fertilizer Research*, The Hague, 9:213-221, 1986.

BALLONI, E.A. Fertilização Florestal. Seminário apresentado no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal - ESALQ-USP. 34p. 1978. (mimeo.)

BARDHAN ROY, B.K. Experiences of fertilizer treatment in *Eucalyptus*. A discussion. *The Indian Forester*, Dehra Dun, *102*(3):168-173, 1976.

BARROS, N.F. Adubação mineral de plantios florestais. *Série Documentos. EMBRAPA*, Brasília (18). 72p., 1982.

BARROS, N.F. & PRITCHETT, W.L. Effect of sources and rates of nitrogen on growth and composition of *Eucalyptus grandis*. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, Gainesville, 38:12-14, 1978.

BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Fertilização mineral de plantios de eucalipto. In: FERTILIDADE, MANEJO E MICROBIOLOGIA DO SOLO PARA O PLANTIO DE EUCALIPTO, Belo Horizonte, 1984. *Resumos do II Seminário SIF*. Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais - SIF, 1984. p.7-8.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Níveis críticos de fósforo no solo para eucalipto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, *12*(141):15-19, 1986.

BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Adubação mineral e produtividade florestal em áreas de reforma de eucaliptos. In: SEMINARIO SOBRE ASPECTOS TECNICOS E ECONOMICOS DA REFORMA DE POVOAMENTOS DE EUCALIPTO, Belo Horizonte, 1987. *Anais*. Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais - SIF, 1987 p.71-85.

BARTHOLOMEW, W.V. ^{15}N in research on the availability and crop use of nitrogen. In: NITROGEN-15 IN SOIL-PLANT STUDIES, Sofia, 1969. *Proceedings*. Viena, International Atomic Energy Agency - IAEA, 1971. p. 1-20.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. *Boletim Técnico. Instituto Agronômico*, Campinas, (78). 48p. 1983.

BEEVERS, L. & HAGEMAN, R.H. Nitrate reduction in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, *20*:495- 522, 1969.

BELLOTE, A.F.J.; SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. Absorção de macronutrientes e micronutrientes pelo *Eucalyptus grandis* (Hill, ex-Maiden) em função da idade: 1- Macronutrientes. *IPEF*, Piracicaba, (20):1-23, 1980.

BENGTSON, W.G. Fertilzer use in forestry: Material and method of application. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST FERTILIZATION, 1973. FAO-IUFRO, 1973. p.97-114.

BERTONI, S.; PESTANA, I.; LOMBARDI, F.; BENATTI, R. Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação de solos no Instituto Agronômico. *Circular. Instituto Agronômico*, Campinas (20). 56p. 1972.

BERTONI, S.; LOMBARDI, F.; BENATTI, R. Equação de perdas de solo. *Boletim Técnico. Instituto Agronômico*, Campinas (21). 24p. 1975.

BINKLEY, D. Ecosystem production in Douglas-fir plantation: Interaction of red alder and site fertility. *Forest Ecology Management*, Amsterdam, *5*:215-227, 1983.

BINKLEY, D. Ion exchange resin bags: Factors affecting estimates of nitrogen availability. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, *48*:1181-1184, 1984.

BINKLEY, D. & HART, S.C. The components of nitrogen availability assessments in forest soils. *Advances in Soil Science*, New York, *10*:57-112, 1989.

BJORKMAN, E.; LUNDEBERG, G.; NOMMIK, H. 1967. Distribution and balance of 15N-labelled fertilizer nitrogen applied to young pine trees (*Pinus sylvestris* L.). In:HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., ed. *A selected bibliography for agricultural Scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

BOARETO, A.E. Efeitos de fontes e modos de distribuição de nitrogênio (^{15}N) na cultura de trigo (*Triticum aestivum* L.). Piracicaba, 1974. 73p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"/ USP).

BRAGA, J.M. & ROCHA, D. Estudos de adubos fosfatados na cultura de eucalipto em solos do cerrado de Minas Gerais. *Boletim Técnico. SIF*, Viçosa (2):1-14, 1979.

BRANDI, R.M.; BARROS, N.F.; VALE, A.B. Ensaio de adubação de *Eucalyptus spp. Ceres*, Viçosa, *18*(95):151-158, 1971.

BRASIL. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo.* Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1960. 634p. (Boletim, 12).

BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; MELLO, F.A.F.; RODRIGUES, N.; MELLO, H.A. Competição entre diferentes tipos de localização de adubos no plantio de *Eucalyptus saligna* Smith. *Fertilité*, Paris, *18*:15-21, 1963.

BREMNER, J.M. & MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENY, D.R., eds. *Methods of soil analysis.* 2 ed.. Madison, American Society of Agronomy Inc., 1982. v.2, cap.31, p.595-624.

BROADBENT, F.E. Field measurements of N-utilization efficiency and nitrate movement in soils using ^{15}N-depleted fertilizer In: ISOTOPE RATIOS AS POLLUTANT SOURCE AND BEHAVIOUR INDICATORS, Viena, 1974. *Proceedings.* Viena, International Atomic Energy Agency - IAEA, 1975. p. 373-382.

BROADBENT, F.E. & MIKKELSEN, D.S. Influence of placement on uptake of tagget nitrogen by rice. *Agronomy Journal*, Madison, *60*:674-677, 1968.

BROESHART, H. & FRIED, M. 1965. The use of ^{15}N and ^{32}P in large scale fertilizer efficience studies in rice cultivation. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971, 206p.

BÜLL, L.T. Influência da relação K/(Ca+Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrageiras. Piracicaba, 1986. 107p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luíz de Queiróz"/USP)

CALVERT, D.V. & PESEK, J.T. 1964. Corn recovers N from deep in soil. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural Scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

CERVELLINI, A.; RUSCHEL, A.P.; MATSUI, E.; SALATI, E.; ZAGATTO, E.A.G.; FERREYRA, H.F.F.; KRUG, F.J.; BERGAMIN, H.; REICHARDT, K.; MEIRELLES, N.M.F.; LIBARDI, P.L.; VICTÓRIA, R.; SAITO, S.M.T; NASCIMENTO, V.F. Fate of ^{15}N applied as ammonium sulfate to a beam crop. In: SOIL NITROGEN AS FFRTILIZER OR POLLUTANT, Piracicaba, 1978. *Proceedings*. Viena, International Atomic Energy Agency - IAEA, 1980. p. 23-36.

CHAVES, M.; TRONCOSO, A.; ROMERO, M.; MAZUELOS, C. Leaching losses of fertilizer nitrogen in soils of the northern hills of the province of Seville, Spain. *Anales de Edafologia y Agrobiologia*, Madrid, 37(3/4):345-50.

CHO, C.M.; HAUNOLD, E.; ENGELBERT, E.; FRIED, M. 1964. ^{15}N field experiment with maize within the frammework of an international program. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural Scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

CHO, C.M.; PROKSCH, G.;CALDWELL, A.C. 1967 The effect of placement on the utilization of nitrogen by maize as determined with ^{15}N-labelled ammonium sulfate. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural Scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

CLARKSON, D.T. & WARNER, A.J. Relationship between root temperature and the tranport of ammonium and nitrate ions by Italian and perennial ryegrass (*Lolium multiflorum* e *Lolium perene*). *Plant Physiology*, Lancaster, *64*:557-561, 1979.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG, Lavras. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. 4a. aproximação. Lavras, Editora Gráfica NAGY Ltda., 1989. 176p.

COOKE, G.W. The fate of fertilizers. In: GREENLAND, D.J. & HAYES, M.H.B., eds. *The chemistry of soil processes*. New York, John Wiley and sons, 1981. p.563-592.

COX, W.J. & REISENAUER, H.M. Growth and ion uptake by wheat supplied nitrogen as nitrate, or ammonium, or both. *Plant and Soil*, The Hague, *38*:363-380, 1973.

CRASWELL, E.T. Isotopic studies of the nitrogen balance in a cracking clay. IV. Fate of the three nitrogen fertilizer in fallow soil in the field. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, *17*(2):317-323, 1979.

CROMER, R.N. Fertilizer in trials young plantations of *Eucalyptus*. *Australian Forest Research*, Melbourne, *5*(2), 1971.

CRUZ, A.P.; GUERRINI, I.A.; MACHADO, I.S.; RIBEIRO, I.S.; BULL, L.T.; COTA, P.N.; LIMA, S.L. Perdas de nitrogênio da uréia. Monografia apresentada no Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas -ESALQ-USP. 48p. 1983. (mineo).

DANCER, W.S. Leaching losses of ammonium and nitrate in the reclamation of sand spoils in cornwall. *Journal of Environmental Quality*, Madison, 4(4):499-504, 1975.

DATTA, N.P. & VENKATESWARLU, J. 1968 Uptake of fertilizer phosphorus and nitrogen from different methods of application by lowland rice growing on major Indian soils. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural Scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

DE BOODT, M.; BERGHE, van der C.; GABRIELS, D. Fertilizer losses associated with soil erosion. In: LAL, R. & GREENLAND, D.J., eds. *Soil physical properties and crop production in the tropics*. New York, John Wiley. p.455-464. 1979.

DEJOU, J. & MONTARD, F.X. Efecto positivo que ejercen los obonados potássio y magnésico en suelos volcánicos del Macizo Central francés. Evolución de K^+ en el suelo y en la planta al final de cinco años de cultivo de ballico perenne. *Revista de la Potassa*, Berna, 7(3):1-10, 1982.

DICKS, H.M.; JACKSON, D.A.; KIRK, R.D. Fertilization of *Eucalyptus grandis/saligna* - a preliminary report. *South African Forestry Journal*, Pretoria, (54):22-29, 1965

DONALD, D.G.M. & SCHUTZ, C.J. The response of *Eucalyptus* to fertilizer application at planting: The louw's creek trial. *South African Forestry Journal*, Pretoria, (102):23-28, 1977.

DROUINEAU, G. & BLANC, D. Influence of the nitrogen nutrition on the development and on the metabolism of plants. *Agrochimica*, Pisa, 5:49-58, 1961.

FASSBENDER, H.W. *Química de suelo con énfasis en suelos de America Latina*. San José, Editorial del Instituto Interamericano de Ciéncias Agrícolas - IICA, 1978. 398p.

FEDERER, C.A. Nitrogen mineralization and nitrification: Depth variation in four New England forest soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, *47*:1008-1014, 1983.

FELIZARDO, B.C.; BENSON, N.R.; CHENG, H.H. 1972. Nitrogen salinity and acidity distribution in an irrigated orchard soil as affected by placement of nitrogen fertilizers. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *36*:803-808.

FENN, L.B. & KISSEL, D.E. Influence of cation exchange capacity and depth of incorporation on ammonia volatilization from ammonium compound applied to calcareous soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, *40*(3):394-395, 1976.

FILIPOVIC, R. Fertilizer-nitrogen residues: useful conservation and pollutant potencial under maize. In: SOIL NITROGEN AS FERTILIZER OR POLLUTANT, Piracicaba, 1978. *Proceedings*. Viena, International Atomic Energy Agency - IAEA, 1980.

FOX, T.R.; BURGER, J.A.; KREH, R.E. Effects of site preparation on nitrogen dynamics in take southern Piedmont. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, *15*:241-256, 1986.

GADET, R.; SOUBIES, L.; FOURCASSIE, F. 1961. The rise of nitrates in the surface layers of soil during the summer period. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural Scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

GADET, R.; SOUBIES, L.; FOURCASSIE, F. 1962. Movement of nitrates into the superficial layers of the soil during the

summer. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural Scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

GARLIPP, R.C.D. & BALLONI, E.A. Efeitos da dose e método de aplicação de fertilizantes em plantios de *Eucalyptus grandis* (Rodésia). *Boletim Técnico. IPEF*, Piracicaba, 8(26):23-24, out. 1980.

GASSER, J.K.R. Fertilizer urea. *World Crops*, London, (3):1-8, 1964.

GASSER, J.K.R.; GREENLAND, D.J.; RAWSON, R.A.C. Measurement of losses from fertilizer nitrogen during incubation in acid sandy soils and during subsequent growth of ryegrass, using ^{15}N-labelled fertilizers. *Journal of Soil Science*, Oxford, *18*:289-300, 1967.

GONÇALVES, J.C. & DINIZ, A.S. Efeito da época e forma de aplicação de fertilizantes no plantio de *Eucalyptus saligna*. *Boletim Informativo. IPEF*, Piracicaba, 9(28):21-23. jun. 1981a

GONÇALVES, J.C. & DINIZ, A.S. Efeito do parcelamento da adubação fundamental no desenvolvimento de povoamentos de *Eucalyptus saligna* (Mairinque). *Boletim Informativo. IPEF*, Piracicaba, 9(28):13-15. jun. 1981b.

GOSZ, J.R. & WHITE, C.S. Seasonal and annual variation in nitrogen mineralization and nitrification along an elevational gradient in New Mexico. *Biogeochemistry*, Dordrecht, *2*:281-297, 1986.

GUERRINI, I.A. Estudo sobre formulações e dosagens de fertilizantes em *Eucalyptus* spp. *Relatório Técnico. Champion Papel e Celulose Ltda.*, Mogi Guaçu. 49p. jun.1984.

HAAG, H.P.;MELLO, F.A.F.; MELLO, H.A.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; VEIGA, A.A. Composição química de *Eucalyptus alba* Reiwn e *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. *Fertilité*, Paris, *18*:9-14, 1963.

HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; OLIVEIRA, G.D.; POGGIANI, F.; FERREIRA, C.A. Análise foliar em cinco espécies de eucaliptos. *IPEF*, Piracicaba, (13):99-116, 1976.

HARDING. R.B. Accumulation of nitrates and other soluble salts in California orange orchards. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, *18*:369-272, 1954.

HAUCK, R.D. & BREMNER, J.M. Use of tracers for soil and fertilizer nitrogen research. *Advances in Agronomy*, New York, *28*:216-266, 1976.

HEILMAN, P.E. & GESSEL, S.P. Nitrogen requirements and the biologycal cycling of nitrogen in Douglas-fir stands in relationship to the effects of nitrogen fertilization. *Plant and Soil*, The Hague, *18*:386-401, 1963.

HEILMAN, P.E.; DAO, T.H.; CHENG, H.H.; WEBSTER, S.R.; CHRISTENSEN, L. Comparison of fall and spring applications of ^{15}N-labeled urea to Douglas-fir. II. Fertilizer nitrogen recovery in trees and soil after 2 years. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, *46*:1300-1304, 1982a.

HEILMAN, P.E.; DAO, T.H.; CHENG, H.H.; WEBSTER, S.R.; HARPER, S.S. Comparison of fall and spring applications of ^{15}N-labelled urea to Douglas-fir. I. Growth response and nitrogen levels in foliage and soil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, *46*:1293-1299, 1982b.

HERBERT, M.A.; JACKSON, D.A.; VERLOREN VAN THEMAAT, R. Final finding on the response of *Eucalyptus grandis* to fertilizing at De Kaap, Eastern Transvaal. *South African Forestry Journal*, Pretoria, (122):53-58, 1982.

HINGSTON, F.J. & JONES, M.S. Changes in the composition of soil solutions resulting from application of fertilizer to jarrah forest in south-western Australia. *Australian Forest Research,* Melbourne, *15*(3):293-308, 1985.

HOFFMANN. F. 1966. Nitrogen nutrition of young conifers. II. The uptake of ammonium and of nitrate nitrogen by sprice seedlings exposed to various conditions. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural Scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

HUCKLESBY, D.P.; BROWN, C.M.; HOWELL, S.E.; HAGEMAN, R.H. Late spring applications of nitrogen for efficient utilization and enhanced production of grain protein of wheat. *Agronomy Journal,* Madison, *63*(2):274-276. 1971.

HUDSON, J.; KELLMAN, M.; SANMUGADAS, K.; ALVARADO, C. Prescribed burning of *Pinus oocarpa* in Honduras. 1. effects on surface runoff and sediment loss. *Forest Ecology and Management,* Amsterdam, *5*:269-281, 1983a.

HUDSON, J.; KELLMAN, M.; SANMUGADAS, K.; ALVARADO, C. Prescribed burning of *Pinus oocarpa* in Honduras. 2. effects on nutrient cycling. *Forest Ecology and Management,* Amsterdam, *5*:283-300, 1983b.

JOHNSON, D.W.; EDWARDS, N.T.; TODD, D.E. Nitrogen mineralization, immobilization, and nitrification following urea fertilization of a forest soil under field and laboratory conditions. *Soil Science Society of America Journal,* Madison, *44*:610-616, 1980.

KAINDL, D. & HAUNOLD, E. 1965. The uptake of ^{15}N-labelled nitrogen fertilizer by maize in pot and field experiments. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., ed. *A selected bibliography for agricultural Scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

KIEHL, J.C. Matéria orgânica e nitrogênio do solo. *Curso de Atualização em Fertilidade do Solo*. ESALQ-USP, Piracicaba, 1980. 89p.

KIEHL, J.C. Nitrogênio: dinâmica e disponibilidade no solo. In: FERNANDES, F.M. & NASCIMENTO, V.M., eds. *Curso de atualização em fertilidade do solo*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. p.139-157.

KIEHL, J.C. & COBRA NETO, A. Nitrificação da amônia em alguns solos do Municipio de Piracicaba. *O Solo*, Piracicaba, 68:32- 39, 1976.

KIEHL, J.C.; SPIRONELO, A. & OLIVEIRA, H. Comportamento do nitrogênio no solo, aplicado à cana-de-açúcar em duas épocas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 5:32-37, 1981.

KILMER, V.J. & ALEXANDER, L.T. Method of making mechanical analysis of soils. *Soil Science*, Baltimore, 68:15-26, 1949.

KNOWLES, R. & LEFEBVRE, J. Field , greenhouse and laboratory studies on the transformation and translocation of ^{15}N-labelled urea in a boreal forest black spruce system. In: ISOTOPES AND RADIATION IN SOIL-PLANT RELATIONSHIPS INCLUDING FOREST, Viena, 1972. Viena, IAEA, 1972. p.349-358.

KOWALENKO, C.G. & CAMERON, D.R. Nitrogen transformations in soil-plant systems in three years of fold experiments using tracer and non-tracer methods on an ammonium-fixing soil. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, 58:195-208, 1977.

KRAUSE, H. & RAMLAL, D. In situ nutrient extration by resin from forest, clear cut and site-prepared soil. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, 67:943-952, 1987.

LETEY, J.; BLAIR, J.W.; DEVITT, D.; LUND, L.J.; NASH, P. Nitrate nitrogen in effluent from agricultural tile drains in California. *Hilgardia,* Berkeley, *45*:289-319, 1977.

LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Destino da uréia aplicada a um solo tropical. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo,* Campinas, *2*(1):40-44, 1978.

LIMA, W.P. Escoamento superficial, perdas de solo e de nutrientes em microparcelas reflorestadas com eucalipto em solos arenosos no municipio de São Simão, SP. *IPEF,* Piracicaba, (38): 5-16, 1988.

LIND, A.M. Denitrification in the root zone. *Tidds Kr. Planteaul,* *84*(2):101-110, 1980.

LOCATELLI, M.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Efeitos de formas de nitrogênio sobre o crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto. *Revista Árvore,* Viçosa, *8*(1):53-69, 1984a.

LOCATELLI, M.; BARROS, N.F.; BRANDI, R.M.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de eucalipto. *Revista Árvore,* Viçosa, *8*(1):39-52, 1984b.

LOCKE, M.A. & HONS, F.M. Effect of tillage method and fertilizer placement on recovery of labelled fertilizer nitrogen. *Soil Science,* Baltimore, *147*(3):215-222, 1989.

LOPES, A.S. & GUILHERME,L.R.G Uso eficiente de fertilizantes In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 2, Piracicaba, 1989. *Anais.* Campinas, Fundação Cargill , 1989. 58p.

LOXTON, R.F. & DONALD , D.G.M. The effect of nitroacta (urea formaldehyde) on the growth and development of *Eucalyptus grandis and Pinus elliotti. South African Forestry Journal,* Pretoria, (142):68-70, 1987.

MAGALHÃES NETO, J.L. Potencial de culturas perenes para a região dos cerrados-florestas. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO: USO E MANEJO, 5, Brasília, 1979. *Anais*. Brasília, Editerra, 1980. p.355-370.

MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola - Adubos e adubação*. 3. ed. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres Ltda., 1981. 596p.

MALAVOLTA, E. Nitrogênio e enxofre nos solos e culturas brasileiras. *Boletim Técnico. SN-Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio*, São Paulo (1). 59p., 1982.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral de plantas. In: FERNANDES, F.M. & NASCIMENTO, V.M., eds. *Curso de atualização em fertilidade do solo*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. p.33-101.

MALAVOLTA, E. & NEPTUNE, A.M.L. Características e eficiência dos adubos nitrogenados. *Boletim Técnico. SN-Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio*, São Paulo (2). 45p., jul. 1983.

MALAVOLTA, E. & KLIEMANN, H.J. *Desordens nutricionais no cerrado*. Piracicaba, POTAFOS, 1985. 136p.

MALAVOLTA, E.; COURY, T.; ARZOLLA, J.DD.P; HAAG, H.P.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Nitrificação e aproveitamento de alguns adubos nitrogenado. *Anais da E.S.A.L.Q.*, Piracicaba, *14-15*:43-66, 1957-1958.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. *Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas*. São Paulo, Pioneira, 1974, 752p.

MARUMOTO, T.; ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. Decomposition of ^{14}C-and ^{15}N-labelled microbial cells in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, *14*:461-467, 1982a

MARUMOTO, T.; ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. Mineralization of nutrients from soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry,* Oxford, *14*:469-475, 1982b

MATSON, P. & VITOUSEK, P. Nitrogen mineralization and nitrification potentials following clearcutting in the Hoosier National Forest, Indiana. *Forest Science,* Washington, *27*:781- 791, 1981.

McFEE, W.W. & STONE, E.L. Ammonium and nitrate as nitrogen sources for *Pinus radiata* and *Picea glauca*. *Soil Science Society of America Proceedings,* Madison, *32*:879-884, 1968.

McINTYRE, D.K. & PRYOR, L.D. Response of flooded gum in plantations to fertilizers. *Australian Forestry,* Melbourne, *34*(1):15-23, 1974.

MEAD, D.J. & PRITCHETT, W.L. Fertilizer movement in a slash pine ecosystem. II. N distribution after two growing seasons. *Plant and Soil,* The Hague, *43*:467-478, 1975a.

MEAD, D.J. & PRITCHETT, W.L. Fertilizer movement in a slash pine ecosystem. I. Uptake of N and P and N movement in the soil. *Plant and Soil,* The Hague, *43*:451-465, 1975b.

MEIRELLES, N.M.F.; LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Revista Brasileira de Ciência do Solo,* Campinas, *4*:83-88, 1980.

MELIN, J.; NOMMIK, H.; LOHM, U.; FLOWER-ELLIS, J. Fertilizer nitrogen budget in a Scots pine ecosystem attained by using root-isolated plots and ^{15}N tracer technique. *Plant and Soil,* The Hague, *74*:249-263, 1983.

MELLO, F.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; MELLO, H.A.; VEIGA, A.A.; ARZOLLA, S. Efeitos da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica sobre o "stand" em *E.alba* Reinw. In:

CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 2, São Paulo, 1961. São Paulo, 1961. p. 933-937.

MENGEL, K. & SCHERER, H.W. Release of non exchangeable (fixed) soil NH_4^+ under field conditions during the growing seasons. *Soil Science,* Baltimore, *131*:226-232, 1981.

MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition.* 4 ed. Bern, International Potash Institute, 1987. 687p.

MILLER, E.L. Sediment yield and storm flow response to clear-cut harvest and site preparation in the Ouachita Mountains. *Water Resources Research,* Washington, *20*(4):471-475, 1984.

MILLER, H.; COOPER, J.; MILLER, J. Effect of nitrogen supply on nutrient uptake in a stand of Corsican pine. *Journal of Applied Ecology,* Oxford, *13*:955-966, 1976.

MOORE, C.W.W. & KERAITIS, K. Effect of nitrogen source on growth of *Eucalyptus* in sand culture. *Australian Journal of Botany,* Melbourne, *19*:125-141, 1971.

MORE, S.D. & VARADE, S.B. Volatilization losses of ammonia from different nitrogen carriers as affected by soil moisture, organic matter and method of fertilizer application. *Journal of Indian Society of Soil Science,* New Delhi, *26*(2):112-115, 1978.

MYROLD, D.D. & TIEDJE, J.M. Simultaneous estimation of several nitrogen cycle rates using ^{15}N: Theory and application. *Soil Biology and Biochemistry,* Oxford, *18*:559-568, 1986.

NAGARAJAH, S. & AL-ABBAS, A.H. 1967 Nitrogen and phosphorus fertilizer placement studies on rice using ^{15}N and ^{32}P. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural scientists.* Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

NAMBIAR, E.K.S. Root development and configuration in intensively managed radiata pine plantations. *Plant and Soil,* The Hague, *71*:37-47, 1983.

NAMBIAR, E.K.S. & CELLIER,C.M. 1985. Nitrogen fertilizer in stablishing *P.radiata* plantation on sandy soils: an evaluation of their value. *Australian Forestry,* Melbourne, *48*:242-251, 1985.

NAMBIAR, E.K.S. & BOWEN, G.D. Uptake, distribution and retranslocation of nitrogen by *Pinus radiata* from ^{15}N-labelled fertilizer applied to podzolized sandy soil. *Forest Ecology and Management,* Amsterdam, *15*:269-284, 1986.

NEILSEN, W.A.; DAVIS, G.R.; McDAVITT, J.G.; PATACZEK, W. Growth and nutrient uptake of *Pinus radiata* seedlings over the first 3 years following treatment with nitrogen and phosphorous fertilizers. *Australian Forest Research,* Melbourne, *14*:1-10, 1984.

NOMMIK, H. 1957. Fixation and defixation of ammonium in soils. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural Scientists.* Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

NOMMIK, H. 1966. The uptake and translocation of fertilizer ^{15}N in young trees of Scots pine and Norway spruce. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural Scientists.* Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

NOMMIK, H. 1968. Nitrogen mineralization and turnover in Norway sprice (*Picea abies* (L) Karst.). Raw humus as influenced by liming. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural Scientists.* Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

NOMMIK, H. & NILSSON, K.O. 1963. Fixation of ammonia by the organic fraction of the soil. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural Scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; 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, *10*(1):105-111, 1986.

OVERREIN, L.N. 1967. Isotope studies on the release of mineral nitrogen in forest raw humus. Effect of temperature and incubation time on the release of nitrogen after addition of urea-, ammonium-, and nitrate-^{15}N. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural Scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

OVERREIN, L.N. Lysimeter studies on tracer nitrogen in forest soil. 1. Nitrogen losses by leaching and volatilization after addition of urea-^{15}N. *Soil Science*, Baltimore, *106*:280-290, 1968.

OVERREIN, L.N. Lysimeter studies on tracer nitrogen in forest soil. 2. Comparative losses of nitrogen through leaching and volatilization after the addition of urea-, ammonium- e nitrato-^{15}N. *Soil Science*, Baltimore, *107*:149-159, 1969.

PAGE, M.B. & TALIBUDEEN, O. Nitrate concentrations under winter wheat and in fallow soil during summer at Rothamsted. *Plant and Soil*, The Hague, *47*:527-540, 1977.

PANDEY, A.N.; PATHAK, P.C.; SINGH, J.S. Water, sediment and nutrient movement in forested and non-forested catchments in Kumaun, Himalaya. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, *7*:19-29, 1983/84.

PEREIRA, A.R.; BARROS, N.F.; ANDRADE, D.C.; CAMPOS, P.T.A. Concentração e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* em função da idade, cultivados na região de cerrado. *Brasil Florestal*, Brasília, *13*(59):27-37, 1984.

PERES, J.R.R. & SUHET, A.R. Adubação nitrogenada no Planalto Central. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16, Ilhéus, 1984. *Anais*. Ilhéus, CEPLAC-SBCS, 1985., 221-242.

POGGIANI, F.; COUTO, H.T.Z. do; SUITER FILHO, W. Biomass and nutrient estimates in short rotation intensively cultured plantation of *Eucalyptus grandis*. *IPEF*, Piracicaba, (23):37- 42, 1983.

PRASAD, K.G.; GUPTA, G.N.; SINGH, S.B.; MOHAN, S.; NAIR, J.M.; DEO, A.D. Fertilization in *Eucalyptus grandis* on severely truncated soil. II. Biomass production. *Indian Forester*, Dehra Dun, *110*(2):142-149, 1984.

PRITCHETT, W.L. *Properties and management of forest soils*. New York, John Wiley and Sons, 1979. 500 p.

PRITCHETT, W.L. & SMITH, W.H. Fertilizing slash pine on sandy soils of the lowei Coastal Plain. IN: NORTH AMERICA FOREST SOILS CONFERENCE, 3, Corvallis, 1970. *Proceedings*, Corvallis, Oregon State University Pres, 1970. p.19-42.

PROKSCH, G. Application of mass and spectrometry for $^{14}N/^{15}N$ ratio determinations in biological material (Dumas method). In: ISOTOPES AND RADIATION IN SOIL-PLANT RELATIONSHIPS INCLUDING FOREST, Viena, 1972. Viena, IAEA, 1972. p.217-225.

RAIJ, van B.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAISON, R.; KHANNA, P.K.; CRANE, W.J.B. Effects of intensified harvesting on rates of nitrogen and phosphorous removal from *Pinus radiata and Eucalyptus* forests in Australia and New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry Science,* Rotorua, *12*(2):349-403, 1982.

RAISON, R.; CONNELL, M.; KHANNA, P. Methodology for studying fluxes of soil mineral-N *in situ* . *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, *19*:521-30, 1987.

RAO, K.P. & RAINS, D.W. Nitrate absorption by barley. *Plant Physiology,* Lancaster, *57*:55-58, 1976.

RAUHE, K. & BORNHAK, H. 1968. Quantitative estimation of the total effectd of mineral nitrogen on plants and soil, by means of field trials using ^{15}N. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural Scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; URQUIGA, S.C. Fate of fertilizer nitrogen in soil-plant systems with emphasis on the tropics. In: SYMPOSIUM OF GROCHEMICALS: FATE IN FOOD AND IN THE ENVIRONMENT, Rome, 1982. *Proceedings*. Roma, IAEA-FAO, 1982 p. 277-290.

REIS, M.G.F.; KIMMINS, J.P.; REZENDE, G.C.; BARROS, N.F. Acúmulo de biomassa em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. *Revista Árvore,* Viçosa, 9(2):149-162, 1985.

SANCHES, P.A. *Properties and management of soils in the tropics*. New York, John Wiley, 1976. p.184-222.

SANDS, R. & NAMBIAR, E.K.S. Water relations of *Pinus radiata* (D. Don) in competition with weeds. *Canadian Journal of Forest Research,* Ottawa, *14*:233-237, 1984.

SCHUTZ, C.J. Fertilization of fastgrowing pines and eucalypts in South African. *South African Forestry Journal,* Pretoria, 98:44-47, 1976.

SHONAU, A.P.G. Initial responses to fertilizing *Eucalyptus grandis* at planting are sustained until harvesting. *South African Forestry Journal,* Pretoria, (100):72-80, 1977.

SHONAU, A.P.G. The effects of fertilizing on the foliar nutrient concentrations in *Eucalyptus grandis. Fertilizer Research,* The Hague, 2:73-87, 1981.

SHONAU, A.P.G. Fertilization in South African forestry. *South African Forestry Journal,* Pretoria, (125):1-19, 1983.

SHONAU, A.P.G. & PENNEFATHER, M. A first account of profits at harvesting as a result of fertilizing *Eucalyptus grandis* at time of planting in Southern Africa. *South African Forestry Journal,* Pretoria, (94):29-35, 1975.

SIMÕES, J.W. & SPINA-FRANÇA, F. Estudo do parcelamento da fertilização em *Eucalyptus spp.* In: SIMPÓSIO DA BIOMASSA FLORESTAL, São Paulo, 1983. *Produção de madeira em florestas energéticas sob diferentes práticas silviculturais.* São Paulo. Convênio CESP/IPEF. p.13-16.

SMIKA, D.E.; HEERMAN, D.F.; DUKE, H.R. e BATCHELDER, A.R. Nitrate-N percoletion through irrigated sandy soil as affected by water management. *Agronomy Journal,* Madison, 69:623-626, 1977.

STANFORD, G.; LEGG, J.O.; CHICHESTER, F.W. Transformation of fertilizer nitrogen in soil. I. Interpretation based on chemical extractions of labelled and unlabelled nitrogen. *Plant and Soil,* The Hague, 33:425-435, 1970.

STARR, J.L.; BROADBENT, F.E.; STOUT, P.R. A comparison of ^{15}N-depleted and ^{15}N-enriched fertilizers as tracers. *Soil Science Society of American Proceedings,* Madison, *38*:266-267, 1974.

STEFANSON, R.C. Effect of plant growth and form of nitrogen fertilizer on denitrification soils. *Australian Journal of Soil Research.* Melbourne, *10*(2):183-195, 1972.

TERMAN. G.L. Volatilization losses of nitrogen as ammonia from surface-applied fertilizers, organic amendments and crop residues. *Advances in Agronomy,* New York, *31*:189-223. 1979.

TERRY, D.L. & McCANTS, C.B. Quantitative prediction of leaching in field soils. *Soil Science Society of America Proceedings,* Madison, *34*:271-276, 1970.

THEODOROU, C. Movement of nitrogenous fertilizer applied to sandy pine plantation soils in South Australia. *Australian Forest Research*, Melbourne, *16*:347-55, 1986.

THEODOROU, C. & BOWEN, G.D. Nitrogen transformations in first- and second rotation *Pinus radiata* forest soil. *Australian Forest Research,* Melbourne, *13*:103-112, 1983.

TORELO, W.A.; WEHNER, D.J.; TURGEON, A.J. Ammonia volatilization from fertilized Turfgrass stands. *Agronomy Journal,* Madison, *75*:454-456, 1983.

TRIVELIN, P.O.C.; SALATI, E.; MATSUI, E. Preparo de amostras para análise de ^{15}N por espectrometria de massa. *Boletim Técnico. CENA*, Piracicaba (2). 41p. 1973.

TURCHIN, F.V.; KORITSKAYA, I.A.; ZHIDKIKH, G.G. 1964. Transformation of N in soils and its utilization by plants. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural Scientists.* Ames, The Iowa State University Press, 1971. 206p.

URQUIAGA, S.C. Dinâmica do nitrogênio no sistema solo-planta na cultura do feijão. (*Phaseolus vulgaris*, L.) cultivar carioca. Piracicaba, 1982, 154p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luíz de Queiróz"/USP).

VALE, F.R.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. Influência do alumínio sobre a absorção de nitrogênio e fósforo por mudas de eucalipto. *Revista Árvore,* Viçosa, 6(1):90-94, 1982.

VAN DEN DRIESSCHE, R. & DANGERFIELD, J. Response of Douglas fir seedlings to nitrate and ammonium nitrogen sources under various environmental conditions. *Plant and Soil,* The Hague, *42*:685-702, 1975.

VELLY, J. 1967. Effect of placement on nitrogen and phosphorus uptake by rice plants using ^{15}N and ^{32}P. In: HAUCK, R.D. & BYSTROM, M., eds. *A selected bibliography for agricultural scientists*. Ames, The Iowa State University Press, 1971, 206p.

VITOUSEK, P.M. & MATSON, P.A. Disturbance, nitrogen availability and nitrogen losses in a intensively managed loblolly pine plantation. *Ecology,* New York, *66*(4):1360-1376, 1985.

VITOUSEK, P.M. & ANDARIESE, S.W. Microbial transformation of labelled nitrogen in a clear-cut pine plantation. *Oecologia,* Berlin, *68*:601-605, 1986.

VITOUSEK, P.M.; GOSZ, J.R.; GRIER, C.C.; MELILLO, J.M.; REINERS, W.A. A comparative analysis of potential nitrification and nitrate mobility in forest ecosystems. *Ecological Monographs,* Durhan, *52*:155-177, 1982.

WEBSTER, C.P. & DOWDELL, R.J. Nitrous oxide emission from permanent grass swards. *Journal of Science Food Agricultural,* London, *33*:227-230, 1982.

WIKLANDER, L. & VAHTRAS, K. Leaching of plant nutrient in soils. II. Loss of nitrogen as influenced by the form of fertilizer. *Acta Agr. Sca.*, *25*(1):33-41, 1975.

WILD, A. Nitrate leaching under base fallow at a site in Northern Nigeria. *Journal of Soil Science*, Oxford, *23*:315-324, 1972.

YOST, R.S.; DEBELL, D.S.; WHITESELL, C.D.; MIYASAKA, S.C. Early growth and nutrient status of *Eucalyptus saligna* as affected by nitrogen and phosphorus fertilization. *Australian Forest Research*, Melbourne, *17*:203-214, 1987.

ZSOLDOS, F. Ion uptake by cold-injured rice roots. *Plant and Soil*, The Hague, *37*:469-478, 1972.

7. APÊNDICE

TABELA 20: Teor médio de macro e micronutrientes nos diversos orgãos de *E.grandis* para o tratamento T1 (Testemunha) no Horto Gigante (LVA fase arenosa), aos 6 meses de idade. (Média de 6 repetições)

PARTES DA PLANTA	MACRONUTRIENTES (%)					MICRONUTRIENTES (ppm)				
	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
FOLHA-PONTA	0,230	1,08	0,80	0,260	0,168	45	18	170	1180	29
FOLHA-MEIO	0,168	1,02	0,77	0,230	0,152	51	15	135	1160	23
FOLHA-BASE	0,142	0,93	0,99	0,250	0,126	45	16	193	1320	22
MÉDIA	0,180	1,01	0,85	0,250	0,149	47	16	166	1220	25
GALHO-PONTA	0,103	1,13	0,43	0,100	0,041	36	15	64	488	12
GALHO-MEIO	0,062	0,80	0,41	0,090	0,026	25	11	36	372	8
GALHO-BASE	0,056	0,63	0,59	0,075	0,025	25	11	32	335	11
MÉDIA	0,074	0,85	0,48	0,088	0,031	29	12	44	398	10
TRONCO-PONTA	0,068	0,93	0,32	0,100	0,043	41	12	51	373	10
TRONCO-MEIO	0,050	0,66	0,32	0,105	0,026	30	15	35	350	9
TRONCO-BASE	0,035	0,40	0,44	0,085	0,010	20	14	47	376	12
MÉDIA	0,051	0,66	0,36	0,097	0,026	30	14	44	366	10
RAIZ	0,033	0,53	0,55	0,100	0,039	26	11	613	200	19
F. BORDADURA	0,179	1,06	0,78	0,235	0,179	32	18	130	1235	23
F.ADJACENTES	0,161	1,00	0,74	0,220	0,163	35	14	157	1105	24

TABELA 21: Teor médio de macro e micronutrientes nos diversos orgãos de *E.grandis* para o tratamento T2 (Adubação nos dois lados da planta) no Horto Gigante (LVA fase arenosa), aos 6 meses de idade. (Média de 6 repetições)

PARTES DA PLANTA	MACRONUTRIENTES (%)					MICRONUTRIENTES (ppm)				
	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
FOLHA-PONTA	0,256	0,95	0,66	0,210	0,179	40	17	287	930	34
FOLHA-MEIO	0,205	1,06	0,75	0,185	0,210	36	16	171	1010	27
FOLHA-BASE	0,183	1,08	0,99	0,210	0,191	27	18	250	1380	28
MÉDIA	0,215	1,03	0,80	0,202	0,193	34	17	236	1107	30
GALHO-PONTA	0,123	1,07	0,48	0,100	0,051	29	19	70	434	17
GALHO-MEIO	0,071	0,78	0,50	0,065	0,028	20	9	38	331	9
GALHO-BASE	0,048	0,61	0,62	0,055	0,025	23	8	40	296	7
MÉDIA	0,081	0,82	0,53	0,073	0,035	24	12	49	354	11
TRONCO-PONTA	0,096	0,92	0,27	0,080	0,041	26	14	63	252	10
TRONCO-MEIO	0,044	0,60	0,31	0,065	0,019	15	12	60	293	6
TRONCO-BASE	0,044	0,47	0,40	0,055	0,017	21	11	190	275	6
MÉDIA	0,061	0,66	0,33	0,067	0,026	21	12	104	273	7
RAIZ	0,041	0,58	0,49	0,065	0,049	15	7	1230	182	15
F. BORDADURA	0,179	1,02	0,79	0,225	0,179	30	17	183	1300	25
F.ADJACENTES	0,165	0,47	0,76	0,105	0,165	34	9	175	970	17

TABELA 22: Teor médio de macro e micronutrientes nos diversos orgãos de *E.grandis* para o tratamento T3 (Adubação no sulco de plantio) no Horto Gigante (LVA fase arenosa), aos 6 meses de idade. (Média de 6 repetições)

PARTES DA PLANTA	MACRONUTRIENTES (%)					MICRONUTRIENTES (ppm)				
	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
FOLHA-PONTA	0,233	0,98	0,64	0,210	0,206	51	17	105	830	28
FOLHA-MEIO	0,190	1,06	0,71	0,175	0,157	39	16	479	900	24
FOLHA-BASE	0,168	0,98	0,88	0,185	0,174	39	15	160	1005	21
MÉDIA	0,197	1,01	0,74	0,190	,0179	43	16	248	912	24
GALHO-PONTA	0,136	1,00	0,40	0,105	0,039	33	13	35	336	11
GALHO-MEIO	0,073	0,80	0,38	0,070	0,028	20	8	37	330	8
GALHO-BASE	0,050	0,61	0,47	0,055	0,022	30	10	39	299	6
MÉDIA	0,086	0,80	0,42	0,077	0,030	28	10	37	322	8
TRONCO-PONTA	0,093	0,92	0,34	0,080	0,039	23	16	37	305	13
TRONCO-MEIO	0,050	0,61	0,28	0,070	0,022	29	14	21	294	9
TRONCO-BASE	0,044	0,41	0,41	0,060	0,019	15	12	173	359	10
MÉDIA	0,062	0,65	0,34	0,070	0,027	22	14	77	319	11
RAIZ	0,041	0,57	0,62	0,080	0,043	30	7	811	191	17
F. BORDADURA	0,172	1,01	0,75	0,220	0,163	34	18	160	1165	24
F.ADJACENTES	0,176	1,03	0,87	0,205	0,174	33	18	662	1215	24

TABELA 23: Teor médio de macro e micronutrientes nos diversos orgãos de *E.grandis* para o tratamento T1 (Testemunha) na Fazenda Zacharias (AQ distrófica), aos 6 meses de idade, (Média de 6 repetições)

PARTES DA PLANTA	MACRONUTRIENTES (%)					MICRONUTRIENTES (ppm)				
	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
FOLHA-PONTA	0,251	0,43	0,74	0,175	0,228	37	9	115	1300	31
FOLHA-MEIO	0,190	0,35	0,79	0,135	0,179	33	8	178	1300	24
FOLHA-BASE	0,123	0,28	0,88	0,115	0,107	40	9	266	1205	20
MÉDIA	0,188	0,35	0,80	0,142	0,171	37	9	186	1268	25
GALHO-PONTA	0,153	0,36	0,55	0,050	0,028	32	10	42	486	15
GALHO-MEIO	0,081	0,28	0,41	0,030	0,025	32	7	33	344	10
GALHO-BASE	0,068	0,15	0,43	0,020	0,025	27	6	30	322	11
MÉDIA	0,101	0,26	0,46	0,033	0,026	30	8	35	384	12
TRONCO-PONTA	0,136	0,40	0,38	0,050	0,032	37	6	59	419	15
TRONCO-MEIO	0,068	0,22	0,31	0,030	0,017	25	8	23	314	8
TRONCO-BASE	0,050	0,20	0,24	0,025	0,010	17	8	18	218	6
MÉDIA	0,085	0,27	0,31	0,035	0,020	26	7	33	317	10
RAIZ	0,062	0,30	0,41	0,030	0,039	24	5	450	144	28
F. BORDADURA	0,183	0,48	0,78	0,155	0,121	35	12	160	985	23
F.ADJACENTES	0,176	0,33	0,79	0,135	0,136	39	9	203	1245	19

TABELA 24: Teor médio de macro e micronutrientes nos diversos orgãos de *E.grandis* para o tratamento T2 (Adubação nos dois lados da planta) na Fazenda Zacharias (AQ distrófica), aos 6 meses de idade. (Média de 6 repetições)

PARTES DA PLANTA	MACRONUTRIENTES (%)					MICRONUTRIENTES (ppm)				
	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
FOLHA-PONTA	0,230	0,65	0,59	0,140	0,228	42	10	141	850	31
FOLHA-MEIO	0,172	0,47	0,66	0,095	0,176	30	8	185	810	20
FOLHA-BASE	0,153	0,43	0,88	0,085	0,157	26	7	209	1120	15
MÉDIA	0,185	0,52	0,71	0,107	0,187	33	8	178	927	22
GALHO-PONTA	0,125	0,58	0,43	0,050	0,036	30	19	45	370	16
GALHO-MEIO	0,087	0,31	0,44	0,020	0,022	16	6	35	305	11
GALHO-BASE	0,056	0,21	0,48	0,015	0,021	14	6	32	244	5
MÉDIA	0,089	0,37	0,45	0,028	0,026	20	10	37	306	11
TRONCO-PONTA	0,081	0,48	0,25	0,040	0,032	16	12	40	268	10
TRONCO-MEIO	0,044	0,30	0,25	0,025	0,021	12	12	63	242	6
TRONCO-BASE	0,048	0,23	0,32	0,020	0,014	11	7	179	219	6
MÉDIA	0,058	0,34	0,27	0,028	0,022	13	10	94	243	7
RAIZ	0,033	0,32	0,48	0,015	0,047	24	5	712	96	14
F. BORDADURA	0,161	0,36	0,74	0,135	0,163	33	10	150	1090	21
F.ADJACENTES	0,176	1,01	0,79	0,205	0,191	36	13	181	1110	25

TABELA 25: Teor médio de macro e micronutrientes nos diversos orgãos de *E.grandis* para o tratamento T3 (Adubação no sulco de plantio) na Fazenda Zacharias (AQ distrófica), aos 6 meses de idade. (Média de 6 repetições)

PARTES DA PLANTA	MACRONUTRIENTES (%)					MICRONUTRIENTES (ppm)				
	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
FOLHA-PONTA	0,268	0,52	0,67	0,170	0,222	35	10	160	1315	38
FOLHA-MEIO	0,190	0,38	0,82	0,130	0,179	30	10	150	1290	24
FOLHA-BASE	0,142	0,30	1,10	0,095	0,154	29	8	170	1295	16
MÉDIA	0,200	0,40	0,86	0,132	0,185	31	9	160	1300	26
GALHO-PONTA	0,150	0,43	0,48	0,045	0,043	29	10	58	351	18
GALHO-MEIO	0,093	0,28	0,36	0,025	0,026	26	6	31	277	10
GALHO-BASE	0,044	0,13	0,40	0,015	0,019	15	5	27	217	6
MÉDIA	0,096	0,28	0,41	0,028	0,029	23	7	39	282	11
TRONCO-PONTA	0,119	0,42	0,27	0,040	0,032	20	9	25	293	17
TRONCO-MEIO	0,071	0,32	0,26	0,035	0,017	23	9	30	290	8
TRONCO-BASE	0,044	0,22	0,34	0,020	0,014	26	8	20	204	10
MÉDIA	0,078	0,32	0,29	0,032	0,021	23	9	25	262	12
RAIZ	0,033	0,33	0,46	0,020	0,032	20	5	297	115	19
F. BORDADURA	0,176	0,32	0,71	0,110	0,159	40	10	158	1245	21
F.ADJACENTES	0,172	0,40	0,81	0,095	0,168	33	8	195	1080	19

TABELA 26: Teste t para amostras pareadas para teor (%) de nitrogênio nos diversos orgãos de *E.grandis* aos 6 meses de idade, para o tratamento T2 em LVA fase arenosa

PARTES	REPETIÇÃO	FOLHAS SUB-AMOSTRA	FOLHAS AMOSTRA	GALHOS SUB-AMOSTRA	GALHOS AMOSTRA	TRONCO SUB-AMOSTRA	TRONCO AMOSTRA
PONTA	AI	2,96	3,08	1,10	1,22	0,79	0,83
	BI	3,34	3,24	0,97	1,00	0,73	0,75
	AII	2,62	2,62	0,82	0,87	0,68	0,67
	BII	3,63	3,52	1,31	1,38	1,07	0,97
	AIII	2,98	2,94	1,22	1,24	0,93	0,84
	BIII	2,18	2,32	0,98	1,04	0,71	0,65
		t=-3,800788E-02 ns		t=-4,030716 *		t=1,394822 ns	
MEIO	AI	3,05	3,34	0,76	0,82	0,50	0,54
	BI	3,13	3,68	0,64	0,75	0,40	0,49
	AII	2,62	2,62	0,58	0,58	0,47	0,40
	BII	3,54	3,86	0,78	0,94	0,59	0,51
	AIII	3,09	3,05	0,98	1,00	0,50	0,51
	BIII	2,04	2,19	0,60	0,68	0,43	0,44
		t=-2,345666 ns		t=-2,985822 *		t=-1,868494E-07 ns	
BASE	AI	3,14	3,82	0,50	0,50	0,40	0,45
	BI	2,84	3,49	0,46	0,48	0,32	0,42
	AII	2,85	2,88	0,48	0,48	0,37	0,32
	BII	2,98	2,88	0,56	0,66	0,38	0,38
	AIII	2,83	3,00	0,65	0,71	0,47	0,48
	BIII	2,38	2,74	0,32	0,39	0,47	0,48
		t=-2,265388 ns		t=-2,477799 ns		t=-0,968245 ns	

Valor de t para o nível de 5% de probabilidade e 5 G.L. =2,57
* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade
ns - Não significativo

TABELA 27: Teste t para amostras pareadas para teor (%) de nitrogênio nos diversos orgãos de *E.grandis* aos 6 meses de idade, para o tratamento T2 em AQ distrófica

PARTES	REPETIÇÃO	FOLHAS SUB-AMOSTRA	FOLHAS AMOSTRA	GALHOS SUB-AMOSTRA	GALHOS AMOSTRA	TRONCO SUB-AMOSTRA	TRONCO AMOSTRA
PONTA	AI	1,99	1,87	0,63	0,66	0,56	0,44
	BI	2,14	2,24	0,75	0,75	0,86	0,71
	AII	2,30	2,23	0,67	0,88	0,52	0,56
	BII	2,34	2,21	0,86	0,92	0,50	0,54
	AIII	2,38	2,37	0,93	0,91	0,73	0,68
	BIII	2,30	2,35	0,92	1,02	0,78	0,85
		t=0,788747 ns		t=-1,855979 ns		t=0,751154 ns	
MEIO	AI	1,95	1,93	0,41	0,40	0,37	0,37
	BI	2,01	2,30	0,49	0,47	0,44	0,43
	AII	2,11	2,20	0,54	0,51	0,36	0,34
	BII	2,42	2,58	0,43	0,74	0,31	0,35
	AIII	2,23	2,39	0,55	0,59	0,40	,042
	BIII	2,12	2,21	0,66	0,68	0,43	0,53
		t=-3,050851 *		t=-0,979425 ns		t=-1,205980 ns	
BASE	AI	2,15	2,27	0,38	0,66	0,31	0,38
	BI	2,29	2,59	0,47	0,47	0,32	0,35
	AII	2,08	2,68	0,41	0,66	0,39	0,47
	BII	2,34	2,46	0,39	0,50	0,29	0,39
	AIII	2,44	2,70	0,68	0,60	0,29	0,34
	BIII	2,09	2,12	0,68	0,67	0,34	0,44
		t=-2,872784 *		t=-1,520173 ns		t=-6,299058 *	

Valor de t para o nível de 5% de probabilidade e 5 G.L. =2,57
* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade
ns - Não significativo

TABELA 45: Porcentagem de átomos de ^{15}N(%At.^{15}N) nos diversos orgãos de *E.grandis* aos 6 meses de idade, em função do modo de aplicação do fertilizante, em LVA fase arenosa e AQ. (Média de 6 repetições)

		PARTES DA PLANTA		
		FOLHA-PONTA	FOLHA-MEIO	FOLHA-BASE
T1	LVA	0,366±0,001^{Aa}	0,366±0,001^{Aa}	0,366±0,001^{Aa}
	AQ	0,366±0,001^{Aa}	0,366±0,001^{Aa}	0,366±0,001^{Aa}
T2	LVA	0,323±0,014^{Ab}	0,319±0,016^{Ab}	0,309±0,027^{Ab}
	AQ	0,339±0,017^{Bb}	0,342±0,018^{Ba}	0,337±0,023^{Bb}
T3	LVA	0,338±0,005^{Ab}	0,335±0,011^{Ab}	0,329±0,011^{Aab}
	AQ	0,351±0,014^{Aab}	0,351±0,014^{Ba}	0,343±0,018^{Aab}
		GALHO-PONTA	GALHO-MEIO	GALHO-BASE
T1	LVA	0,366±0,000^{Aa}	0,366±0,001^{Aa}	0,365±0,001^{Aa}
	AQ	0,365±0,002^{Aa}	0,364±0,003^{Aa}	0,366±0,002^{Aa}
T2	LVA	0,326±0,014^{Ab}	0,322±0,014^{Ab}	0,310±0,019^{Ab}
	AQ	0,341±0,016^{Bb}	0,347±0,011^{Bb}	0,341±0,015^{Bb}
T3	LVA	0,337±0,008^{Ab}	0,340±0,012^{Ab}	0,332±0,011^{Ab}
	AQ	0,349±0,013^{Aab}	0,345±0,017^{Aa}	0,343±0,019^{Aa}
		TRONCO-PONTA	TRONCO-MEIO	TRONCO-BASE
T1	LVA	0,365±0,001^{Aa}	0,366±0,000^{Aa}	0,366±0,001^{Aa}
	AQ	0,367±0,002^{Aa}	0,366±0,001^{Aa}	0,368±0,002^{Aa}
T2	LVA	0,323±0,013^{Ab}	0,322±0,013^{Ab}	0,315±0,017^{Ab}
	AQ	0,340±0,016^{Bb}	0,343±0,017^{Bb}	0,337±0,019^{Bb}
T3	LVA	0,339±0,010^{Ab}	0,337±0,011^{Ab}	0,326±0,021^{Ab}
	AQ	0,351±0,013^{Aab}	0,345±0,013^{Aa}	0,341±0,021^{Aa}
		RAIZ		
T1	LVA	0,367±0,002^{Aa}		
	AQ	0,366±0,003^{Aa}		
T2	LVA	0,321±0,017^{Ab}		
	AQ	0,337±0,016^{Bb}		
T3	LVA	0,345±0,007^{Aac}		
	AQ	0,335±0,007^{Aab}		

Valores seguidos da mesma letra maiúscula para locais diferentes,ou minúscula para o mesmo local, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.
T1 = Testemunha (sem adubo),
T2 = Adubação nos dois lados da planta
T3 = Adubação no sulco de plantio

TABELA 46: Teste de F para porcentagem de átomos ^{15}N(%Át.^{15}N) nas folhas de *E.grandis* aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F		
Causa de Variação	G.L.	FOLHA-PONTA	FOLHA-MEIO	FOLHA-BASE[1]
Local	1	5,89*	9,41**	2,85ns
Tratamento	2	26,49**	23,58**	14,77**
Tratamento X Local	2	1,44ns	2,68ns	3,09ns
Bloco (local)	4	1,00ns	1,28ns	1,25ns
Rep. (Bloco x Local)	6	0,17ns	0,33ns	0,70ns
(Modelo)	(15)	4,45**	4,60**	3,18*
Resíduo	20	–	–	–
Total	35	–	–	–
Desdobramento				
Local dentro T1	1	0,00ns	0,00ns	0,00ns
Local dentro T2	1	5,44*	10,16**	7,20*
Local dentro T3	1	3,32ns	4,61*	1,82ns
Tratamento dentro L1	2	20,04**	21,08**	15,20**
Tratamento dentro L2	2	7,89**	5,18*	2,66ns
	C.V.=	3,42%	3,69%	5,36%

1- Neste caso, houve perda de 3 G.L. para o Resíduo devido à ocorrência de 3 parcelas perdidas.
(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 47: Teste de comparação de médias (Tukey) para porcentagem de átomos de ^{15}N(%At.^{15}N) nas folhas de *E.grandis* aos 6 meses de idade

CAUSAS DA VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS		
	FOLHA-PONTA	FOLHA-MEIO	FOLHA-BASE
TRATAMENTOS			
T1 - T2	0,035**	0,035**	0,043**
T1 - T3	0,021**	0,023**	0,030**
T2 - T3	-0,014*	-0,012ns	-0,013ns
LOCAIS			
L1 - L2	-0,010*	-0,013**	-0,014*
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS			
T1 : L1 - L2	0,000ns	0,000ns	0,000ns
T2 : L1 - L2	-0,016*	-0,023**	-0,028*
T3 : L1 - L2	-0,013ns	-0,016*	-0,014ns
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS			
L1 : T1 - T2	0,043**	0,047**	0,057**
T1 - T3	0,028*	0,031*	0,037ns
T2 - T3	-0,015ns	-0,016ns	-0,020ns
L2 : T1 - T2	0,027*	0,024ns	0,029*
T1 - T3	0,015ns	0,015ns	0,023ns
T2 - T3	-0,012ns	-0,009ns	-0,006ns

TABELA 48: Teste F para porcentagem de átomos ^{15}N(%At.^{15}N) nos galhos de *E.grandis* aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F		
Causa de Variação	G.L.	GALHO-PONTA	GALHO-MEIO	GALHO-BASE[1]
Local	1	5,12*	5,47*	7,44*
Tratamento	2	24,18**	19,69**	25,75**
Tratamento X Local	2	1,58ns	4,11*	5,54*
Bloco (local)	4	1,23ns	0,82ns	1,07ns
Rep. (Bloco x Local)	6	0,28ns	0,39ns	1,27ns
(Modelo)	(15)	4,22**	3,91**	5,46**
Resíduo	20	-	-	-
Total	35	-	-	-
Desdobramento				
Local dentro T1	1	0,02ns	0,07ns	79,49ns
Local dentro T2	1	5,00*	13,14**	16,54**
Local dentro T3	1	3,27ns	0,47ns	1,94ns
Tratamento dentro L1	2	19,02**	19,60**	26,16**
Tratamento dentro L2	2	6,75**	4,19*	5,12*
	C.V.=	3,31%	3,53%	3,89%

[1]- Neste caso houve perda de 2 G.L. para o Resíduo, devido à ocorrência de 2 parcelas perdidas

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente

ns : Não significativo

L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa

L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 49: Teste de comparação de médias (Tukey) para porcentagem de átomos de ^{15}N(%At.^{15}N) nos galhos de *E.grandis* aos 6 meses de idade

CAUSAS DA VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS		
	GALHO-PONTA	GALHO-MEIO	GALHO-BASE
TRATAMENTOS			
T1 - T2	0,032**	0,030**	0,040**
T1 - T3	0,023**	0,022**	0,028**
T2 - T3	-0,009ns	-0,008ns	-0,012ns
LOCAIS			
L1 - L2	-0,009*	-0,009*	-0,014**
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS			
T1 : L1 - L2	0,001ns	0,002ns	-0,001ns
T2 : L1 - L2	-0,015*	-0,025**	-0,031**
T3 : L1 - L2	-0,012ns	-0,005ns	-0,011ns
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS			
L1 : T1 - T2	0,040**	0,040**	0,055**
T1 - T3	0,029*	0,026*	0,033*
T2 - T3	-0,011ns	-0,018ns	-0,022ns
L2 : T1 - T2	0,024*	0,017ns	0,025ns
T1 - T3	0,016ns	0,019ns	0,023ns
T2 - T3	-0,008ns	0,002ns	-0,002ns

TABELA 50: Teste F para porcentagem de átomos ^{15}N(%Át.^{15}N) no tronco e raiz de *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIÂNCIA		VALORES DE F			
Causa de Variação	G.L.	TRONCO-PONTA	TRONCO-MEIO	TRONCO-BASE	RAIZ
Local	1	7,22*	5,40*	5,69*	5,59*
Tratamento	2	27,37**	23,86**	22,61**	35,48**
Tratamento X Local	2	1,49ns	2,47ns	1,23ns	1,95ns
Bloco (local)	4	0,98ns	0,96ns	0,97ns	1,10ns
Rep. (Bloco x Local)	6	0,33ns	0,25ns	0,99ns	0,44ns
(Modelo)	(15)	4,72**	4,23**	4,21**	5,83**
Resíduo	20	-	-	-	-
Total	35	-	-	-	-
Desdobramento					
Local dentro T1	1	0,04ns	0,01ns	0,03ns	0,03ns
Local dentro T2	1	6,65*	9,11**	5,46*	6,70*
Local dentro T3	1	3,52ns	1,21ns	2,66ns	2,77ns
Tratamento dentro L1	2	20,78**	20,18**	17,14**	26,78**
Tratamento dentro L2	2	8,08**	6,14**	6,70**	10,66**
	C.V.=	3,32%	3,56%	4,66%	3,14%

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente
ns : Não significativo
L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa
L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 51: Teste de comparação de médias (Tukey) para porcentagem de átomos de ^{15}N(%At.^{15}N) no tronco e raiz de *E.grandis* aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS			
	TRONCO-PONTA	TRONCO-MEIO	TRONCO-BASE	RAIZ
TRATAMENTOS				
T1 - T2	0,034**	0,033**	0,041**	0,038**
T1 - T3	0,021**	0,025**	0,033**	0,017**
T2 - T3	-0,013*	-0,008ns	-0,008ns	-0,021**
LOCAIS				
L1 - L2	-0,011*	-0,009*	-0,013*	-0,009*
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS				
T1 : L1 - L2	-0,002ns	0,000ns	-0,002ns	0,001ns
T2 : L1 - L2	-0,017*	-0,021**	-0,022*	-0,016*
T3 : L1 - L2	-0,012ns	-0,008ns	-0,015ns	-0,010ns
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS				
L1 : T1 - T2	0,042**	0,044**	0,051**	0,046**
T1 - T3	0,026*	0,029*	0,040*	0,022ns
T2 - T3	-0,016ns	-0,015ns	-0,011ns	-0,024*
L2 : T1 - T2	0,027*	0,023ns	0,031ns	0,029*
T1 - T3	0,016ns	0,021ns	0,027ns	0,011ns
T2 - T3	-0,011ns	-0,002ns	-0,004ns	-0,018ns

TABELA 52: Porcentagem de átomos de ^{15}N(%At.^{15}N) nas Folhas Bordadura e Adjacentes de *E.grandis* aos 6 meses de idade, em função do tipo de solo e modo de aplicação do fertilizante (média de 6 repetições)

	FOLHAS BORDADURA		FOLHAS ADJACENTES	
TRATAMENTOS	LVA	AQ	LVA	AQ
T1	0,368±0,003^{Aa}	0,366±0,001^{Aa}	0,366±0,001^{Aa}	0,366±0,002^{Aa}
T2	0,366±0,002^{Aa}	0,365±0,001^{Aa}	0,364±0,003^{Aa}	0,366±0,001^{Aa}
T3	0,365±0,003^{Aa}	0,365±0,001^{Aa}	0,365±0,001^{Aa}	0,364±0,003^{Aa}

Valores seguidos da mesma letra maiúscula para locais diferentes, ou minúscula para o mesmo local, na mesma linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.
T1 = Testemunha (sem adubo)
T2 = Adubação nos dois lados da planta
T3 = Adubação no sulco de plantio

TABELA 53: Teste F para porcentagem de átomos de ^{15}N(%At.^{15}N) nas Folhas Bordadura e Adjacentes em *E.grandis*, aos 6 meses de idade

ANÁLISE DE VARIANCIA		VALORES DE F	
Causa de Variação	G.L.	FOLHAS BORDADURA[1]	FOLHAS ADJACENTES
Local	1	$2,17^{ns}$	$0,27^{ns}$
Tratamento	2	$3,82^{*}$	$1,86^{ns}$
Tratamento X Local	2	$1,26^{ns}$	$1,35^{ns}$
Bloco (local)	4	$3,08^{*}$	$1,16^{ns}$
Rep. (Bloco x Local)	6	$0,60^{ns}$	$0,51^{ns}$
(Modelo)	(15)	$1,88^{ns}$	$0,96^{ns}$
Resíduo	20	-	-
Total	35	-	-
Desdobramento			
Local dentro T1	1	$2,86^{ns}$	$0,15^{ns}$
Local dentro T2	1	$1,54^{ns}$	$2,01^{ns}$
Local dentro T3	1	$0,28^{ns}$	$0,81^{ns}$
Tratamento dentro L1	2	$4,56^{*}$	$1,21^{ns}$
Tratamento dentro L2	2	$0,53^{ns}$	$2,00^{ns}$
C.V.=		0,44%	0,61%

[1]- Neste caso houve perda de 1 G.L. para o Resíduo devido à ocorrência de uma parcela perdida

(*) e (**): Significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente

ns : Não significativo

L1 : Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa

L2 : Areia Quartzosa distrófica

TABELA 54: Teste de comparação de médias (Tukey) para porcentagem de átomos de ^{15}N(%At.^{15}N) nas Folhas Bordadura e Adjacentes em *E.grandis*, aos 6 meses de idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS	
	FOLHAS BORDADURA	FOLHAS ADJACENTES
TRATAMENTOS		
T1 - T2	$0,001^{ns}$	$0,001^{ns}$
T1 - T3	$0,002^{*}$	$0,002^{ns}$
T2 - T3	$0,001^{ns}$	$0,000^{ns}$
LOCAIS		
L1 - L2	$0,001^{ns}$	$0,000^{ns}$
LOCAIS DENTRO DE TRATAMENTOS		
T1 : L1 - L2	$0,002^{ns}$	$-0,001^{ns}$
T2 : L1 - L2	$0,001^{ns}$	$-0,002^{ns}$
T3 : L1 - L2	$-0,001^{ns}$	$-0,001^{ns}$
TRATAMENTOS DENTRO DE LOCAIS		
L1 : T1 - T2	$0,002^{ns}$	$0,002^{ns}$
T1 - T3	$0,003^{ns}$	$0,001^{ns}$
T2 - T3	$0,001^{ns}$	$-0,001^{ns}$
L2 : T1 - T2	$0,001^{ns}$	$0,001^{ns}$
T1 - T3	$0,001^{ns}$	$0,003^{ns}$
T2 - T3	$0,000^{ns}$	$0,002^{ns}$

TABELA 55: Teste t para amostras pareadas para porcentagem de átomos de ^{15}N(%At.^{15}N) nos diversos orgãos de *E.grandis* aos 6 meses de idade, para o tratamento T2 em AQ distrófica

PARTES	REPETIÇÃO	FOLHAS SUB-AMOSTRA	FOLHAS AMOSTRA	GALHOS SUB-AMOSTRA	GALHOS AMOSTRA	TRONCO SUB-AMOSTRA	TRONCO AMOSTRA
PONTA	AI	0,318	0,314	0,320	0,322	0,317	0,315
	BI	0,319	0,334	0,328	0,331	0,327	0,329
	AII	0,359	0,361	0,361	0,358	0,360	0,357
	BII	0,353	0,353	0,351	0,350	0,339	0,350
	AIII	0,339	0,347	0,335	0,339	0,349	0,347
	BIII	0,347	0,346	0,351	0,347	0,348	0,346
		t=-1,170413^{ns}		t=-0,123273^{ns}		t=-0,304995^{ns}	
MEIO	AI	0,307	0,303	0,326	0,326	0,314	0,324
	BI	0,344	0,331	0,347	0,341	0,334	0,331
	AII	0,356	0,358	0,357	0,366	0,360	0,359
	BII	0,349	0,350	0,353	0,351	0,350	0,351
	AIII	0,350	0,350	0,351	0,348	0,358	0,362
	BIII	0,346	0,344	0,349	0,343	0,343	0,343
		t=1,187304^{ns}		t=0,585959^{ns}		t=-0,971512^{ns}	
BASE	AI	0,294	0,303	0,315	0,325	0,306	0,305
	BI	0,338	0,332	0,345	0,341	0,329	0,328
	AII	0,361	0,362	0,356	0,361	0,355	0,359
	BII	0,348	0,345	0,342	0,347	0,348	0,344
	AIII	0,347	0,351	0,351	0,352	0,352	0,364
	BIII	0,333	0,346	0,335	0,333	0,329	0,329
		t=-1,022990^{ns}		t=-1,185110^{ns}		t=-0,718704^{ns}	

Valor de t para o nível de 5% de probabilidade e 5 G.L. =2,57
* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade
ns - Não significativo

TABELA 56: Teste t para amostras pareadas para porcentagem de átomos de ^{15}N(%Át.^{15}N) nos diversos orgãos de *E.grandis* aos 6 meses de idade, para o tratamento T2 em LVA fase arenosa

PARTES	REPETIÇÃO	FOLHAS SUB-AMOSTRA	FOLHAS AMOSTRA	GALHOS SUB-AMOSTRA	GALHOS AMOSTRA	TRONCO SUB-AMOSTRA	TRONCO AMOSTRA
PONTA	AI	0,317	0,318	0,317	0,318	0,319	0,318
	BI	0,330	0,337	0,332	0,332	0,334	0,331
	AII	0,313	0,310	0,310	0,311	0,310	0,303
	BII	0,305	0,303	0,314	0,305	0,307	0,305
	AIII	0,343	0,339	0,341	0,334	0,336	0,341
	BIII	0,331	0,332	0,343	0,336	0,331	0,328
		t=3,041688E-06 ns		t=1,848951 ns		t=1,145587 ns	
MEIO	AI	0,323	0,320	0,325	0,316	0,318	0,318
	BI	0,320	0,325	0,326	0,326	0,329	0,329
	AII	0,297	0,301	0,304	0,304	0,309	0,323
	BII	0,303	0,303	0,306	0,301	0,305	0,313
	AIII	0,339	0,335	0,342	0,338	0,337	0,336
	BIII	0,329	0,328	0,326	0,334	0,332	0,333
		t=-0,111666 ns		t=0,701518 ns		t=-1,491396 ns	
BASE	AI	0,306	0,307	0,314	0,309	0,307	0,308
	BI	0,308	0,321	0,303	0,317	0,321	0,319
	AII	0,294	0,286	0,312	0,313	0,297	0,295
	BII	0,270	0,282	0,276	0,289	0,289	0,301
	AIII	0,350	0,337	0,328	0,342	0,339	0,339
	BIII	0,324	0,322	0,324	0,321	0,328	0,324
		t=-0,116830 ns		t=-1,545453 ns		t=0,652335 ns	

Valor de t para o nível de 5% de probabilidade e 5 G.L. =2,57
* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade
ns - Não significativo