

FLÁVIO SIQUEIRA D'AVILA

**EFEITO DO FÓSFORO, NITROGÊNIO E POTÁSSIO NA PRODUÇÃO DE  
MUDAS CLONAIIS DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2008

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

D259e  
2008

D'Avila, Flávio Siqueira, 1982-  
Efeito do fósforo, nitrogênio e potássio na produção  
de mudas clonais de eucalipto / Flávio Siqueira D'Avila.  
– Viçosa, MG, 2008.  
viii, 53f.: il. ; 29cm.

Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Eucalipto - Nutrição. 2. Eucalipto - Propagação por  
miniestaquia. 3. Clonagem. 4. Eucalipto - Efeito do  
fósforo. 5. Eucalipto - Efeito do nitrogênio. 6. Eucalipto -  
Efeito do Potássio. I. Universidade Federal de Viçosa.  
II. Título.

CDD 22.ed. 634.9232281

FLÁVIO SIQUEIRA D'AVILA

**EFEITO DO FÓSFORO, NITROGÊNIO E POTÁSSIO NA PRODUÇÃO DE  
MUDAS CLONAIIS DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 29 de abril de 2008.

---

**Prof. Helio Garcia Leite**  
(Co-orientador)

---

**Prof. Nairam Félix de Barros**  
(Co-orientador)

---

**Prof. Aloísio Xavier**

---

**Pesq. Fernando Palha Leite**

---

**Prof. Haroldo Nogueira de Paiva**  
(Orientador)

## **DEDICO**

**Ao meu pai, José Evonio D´Avila  
e à minha mãe, Adna Siqueira D´Avila  
pela pessoa que sou hoje.**

“Compartilhar os teus conhecimentos é a forma de conseguires a imortalidade”

(Anônimo)

## **AGRADECIMENTOS**

- Aos meus pais, José Evonio D'Avila e Adna Siqueira D'Avila;
- À Universidade Federal de Viçosa, por todos os ensinamentos;
- À FAPEMIG – pela cessão da bolsa de estudos.
- À CENIBRA, em especial ao Dr. Fernando Palha Leite e Dr. Gualter Silva pela permissão e total apoio logístico na execução do trabalho;
- Ao meu orientador Prof. Haroldo Nogueira de Paiva, pela confiança depositada em mim, orientação e amizade.
- Aos Profs. Hélio Garcia Leite e Nairam Félix de Barros, por todo apoio durante a execução do trabalho;
- Aos membros da banca examinadora, pelas críticas e sugestões;
- Aos meus amigos de classe, Celso, Eric, Henrique, Isaque, Rodrigo e Sidney, pela amizade e companheirismo durante a graduação.
- Aos meus amigos de república, Carlos e Daniel, à minha irmã Diana, e a meu primo Helder Nilba pela amizade e momentos de descontração;
- Aos meus amigos da CENIBRA, Carlinhos, Edson, Eliziane, Eric, Geraldo, Jackeline, Luciano, Maria e Tony Ivan, por toda ajuda à execução do experimento, principalmente durante as análises do experimento.

## **BIOGRAFIA**

FLÁVIO SIQUEIRA D'AVILA, filho de José Evonio D'Avila e Adna Siqueira D'Avila, nasceu em 4 de maio de 1982, na cidade de Vassouras, Estado do Rio de Janeiro.

No ano de 1997, concluiu o 1º grau na Escola Estadual Liddy Mignone, em Paty do Alferes – RJ.

No ano de 2000, concluiu o 2º grau e o curso Técnico em Agropecuária na Escola Agrotécnica Federal de Barbacena - MG.

No ano de 2006, diplomou-se Engenheiro Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG.

Em maio de 2006, ingressou no Curso de Pós Graduação em Ciência Florestal – Área de Concentração em Silvicultura – na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em abril de 2008.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>2</b>
2.1. Qualidade da muda.....	2
2.2. Nutrição mineral .....	4
2.2.1 Nitrogênio .....	5
2.2.2. Fósforo .....	7
2.2.3. Potássio .....	8
2.3. Fases da produção de mudas de eucalipto.....	9
2.3.1. Enraizamento .....	10
2.3.2. Aclimação à sombra.....	10
2.3.3. Fase de crescimento .....	10
2.3.4. Fase de rustificação.....	10
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 1 – EFEITO DO FÓSFORO E NITROGÊNIO NA FASE DE CRESCIMENTO DE MUDAS CLONAIIS DE EUCALIPTO .....</b>	<b>17</b>
RESUMO .....	17
1. INTRODUÇÃO .....	18
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	19
2.1. Recipiente e substrato .....	19
2.2. Estrutura física .....	19
2.3. Adubações .....	20
2.4. Tratamentos.....	21
2.5. Características avaliadas .....	22
2.6. Delineamento estatístico e análise dos dados.....	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	24
3.1. Características morfológicas .....	24
3.1.1. Fertilização nitrogenada.....	25
3.1.2. Fertilização fosfatada .....	26
3.2. Características nutricionais .....	31
4. CONCLUSÕES .....	34
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
<b>CAPÍTULO 2 – EFEITO DO POTÁSSIO NA FASE DE RUSTIFICAÇÃO DE MUDAS CLONAIIS DE EUCALIPTO .....</b>	<b>39</b>
RESUMO .....	39
1. INTRODUÇÃO .....	40
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	42
2.1. Recipiente e substrato .....	42
2.2. Estrutura física .....	42
2.3. Adubações .....	43
2.4. Tratamentos.....	44
2.5. Características avaliadas .....	45
2.6. Delineamento estatístico e análise de dados .....	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	46
4. CONCLUSÕES .....	51
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

## RESUMO

D'AVILA, Flávio Siqueira, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2008.

**Efeito do fósforo, nitrogênio e potássio na produção de mudas clonais de eucalipto.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-orientadores: Helio Garcia Leite e Nairam Félix de Barros.

Em viveiros florestais, a fertilização mineral para produção de mudas de eucalipto constitui-se em importante prática silvicultural, uma vez que maior crescimento e melhor qualidade das mudas são muito dependentes da adequada nutrição das mesmas. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do fósforo, nitrogênio e potássio na qualidade de mudas de três clones de *Eucalyptus* spp. Foram instalados dois experimentos no viveiro de mudas da empresa CENIBRA: o primeiro, avaliando o efeito de doses de fósforo em substrato de enraizamento em interação com doses de nitrogênio aplicados por meio da fertirrigação; o segundo, avaliando o efeito da adubação potássica durante a fase de rustificação. Considerou-se a altura, o diâmetro de colo e o peso de matéria seca total como as características para se avaliar a qualidade das mudas durante a fase de crescimento e, a altura e o incremento em diâmetro de colo durante a fase de rustificação. A aplicação de maiores doses de nitrogênio proporcionou os maiores valores para todas as características morfológicas avaliadas nos três clones. A aplicação de fósforo em substrato proporcionou nos três clones valores crescentes em todas as características avaliadas até determinada dose que, a partir de então, tendeu a decrescer. A aplicação de potássio na fase de rustificação propiciou aumento nos valores de diâmetro de colo para os três clones avaliados, ao passo que para altura observou-se pouca influência. Com base nos resultados obtidos durante a fase de crescimento, conclui-se que, a aplicação da dose 219 mg L<sup>-1</sup> de nitrogênio e a aplicação de doses de fósforo variando de 400 a 489 mg.dm<sup>-3</sup> refletem positivamente na qualidade das mudas, pois proporcionam os maiores valores para as características morfológicas avaliadas. Durante a fase de rustificação, conclui-se que a adubação potássica é recomendável, sendo a dose 249 mg.L<sup>-1</sup> de K a dose indicada, por proporcionar os maiores valores em incremento de colo.

## ABSTRACT

D'AVILA, Flávio Siqueira, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, April of 2008. **Effect of phosphorus, nitrogen and potassium on the production of clonal seedlings of eucalypt.** Adviser: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-Advisers: Helio Garcia Leite and Nairam Félix de Barros.

In forest nurseries the mineral fertilization for the production of eucalypt seedlings is an important forestry practice, because greater growth and better quality of seedlings depend very much on appropriate nutrition. The objective of this work was to evaluate the effect of phosphorus, nitrogen and potassium on the quality of seedlings of three clones of *Eucalyptus* spp. Two experiments were carried out in the seedling nursery of the CENIBRA enterprise: The first one evaluating the effect of doses of phosphorus in rooting substrate interacting with doses of nitrogen applied by means of fertirrigation; the one evaluating the effect of the potassic fertilization during the hardening phase. The parameters used to evaluate the quality of seedlings during the growth phase were height, collar diameter and weight of total dry mass. During the hardening phase, the parameters were height and collar diameter increment. Applying longer doses of nitrogen resulted in the greatest values for all of the morphologic parameters evaluated in the three clones. Including phosphorus in the substrate resulted in increasing values in the three clones for all of the parameters evaluated up to a determined dose, and then these parameters tended to decrease. Providing potassium in the hardening phase resulted in increased values of the collar diameter for the three clones, while that for height little influence was observed. Based on the results obtained during the growth phase, it was concluded that the use of a dose of 219 mg.L<sup>-1</sup> of nitrogen and doses of phosphorus varying from 400 to 489 mg.dm<sup>-3</sup> reflected positively on the quality of the seedlings, because they provided the greatest values for the morphologic parameters evaluated. During the hardening phase, it was concluded that the potassic fertilization is recommended, and that the dose of 249 mg<sup>-1</sup> is indicated, because it promotes the greatest collar increment.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção de mudas é uma das fases mais importantes para o estabelecimento dos povoamentos florestais. A nutrição adequada das mesmas e o uso de substrato de cultivo apropriado são fatores essenciais para assegurar boa adaptação e crescimento após o plantio (Del Quiqui *et al.*, 2004). O emprego de fertilizantes nesta fase é prática usual nos viveiros florestais e funciona também como valiosa ferramenta para controlar o tamanho e o vigor das mudas, a fim de que se possa ajustar um cronograma de plantio às condições climáticas da região (Paiva e Gomes, 1993).

O efeito dos nutrientes, principalmente N, P e K, no crescimento de mudas, tem despertado o interesse dos pesquisadores florestais. Vários trabalhos têm sido feitos para se conhecer a melhor dosagem de adubos, bem como a melhor forma de aplicação na produção de mudas (Paiva e Gomes 1993).

Dentre os nutrientes, o nitrogênio (N) e fósforo o (P) são os que mais comumente limitam o crescimento de mudas na fase inicial de produção (Graciano *et al.*, 2006). No viveiro, na primeira fase de produção de mudas, o crescimento das mudas é lento, pois a plântula direciona a maior parte de sua energia para a expansão da área foliar e a formação de raízes, quando o nitrogênio (N) e o fósforo (P) são os nutrientes mais importantes (Del Quiqui *et al.*, 2004). Para atender a essa demanda, a suplementação dos nutrientes pode ser conseguida com base no estudo das curvas de acúmulo de biomassa e de nutrientes, tendo-se com isso a quantificação da necessidade nutricional numa determinada fase de crescimento, permitindo melhor definição da fertilização a ser empregada (Barros *et al.*, 2000).

Ainda na fase de produção de mudas de eucalipto, aspecto ainda carente de informações vem a ser o efeito que a fertilização potássica pode proporcionar na resistência das mudas aos vários ciclos de umedecimento e secagem a elas impostos usualmente no viveiro para estimular o “endurecimento” e, conseqüentemente, maior sobrevivência e resistência quando do transplântio para o campo, especialmente em períodos de seca (Barros *et al.*, 1990).

Com base no exposto acima, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do nitrogênio, fósforo e potássio na qualidade e crescimento de mudas de três clones de *Eucalyptus* spp. produzidas em viveiro.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Qualidade da muda

Em virtude da demanda cada vez maior de mudas de espécies florestais e da busca constante de melhor produtividade dos povoamentos, a qualidade das mudas tem sido discutida em vários trabalhos de pesquisa, os quais, na sua totalidade, procuram definir os melhores recipientes, substrato e adubações, adequando-os à produção de mudas de qualidade desejável (Paiva e Gomes, 1993).

A qualidade das mudas é um dos fatores básicos para a obtenção de povoamentos de alta produtividade. E esta qualidade se expressa tanto por características morfológicas como fisiológicas e nutricionais, e é resultante, além de fatores genéticos, dos procedimentos de manejo do viveiro (Silva, 1998).

Segundo Carneiro (1995) os critérios para a classificação da qualidade de mudas baseiam-se, fundamentalmente, em duas premissas de elevada importância: aumento do percentual de sobrevivência das mudas após o plantio; diminuição da frequência dos tratos culturais de manutenção do povoamento recém implantado.

Stape *et al.* (2001) concluíram em seu trabalho que a sobrevivência inicial de mudas de *Eucalyptus* está diretamente relacionada à qualidade (morfológica e fisiológica) e às condições ambientais de campo.

Para Carneiro (1995), atenção tem sido dirigida para os parâmetros morfológicos das mudas, como altura, diâmetro de colo, maturação da parte aérea e desenvolvimento do sistema radicial. Estas características são de fácil avaliação e podem dar boas prescrições de qualidade.

A altura da parte aérea é uma característica de fácil medição e, devido a isso, sempre foi utilizada para estimar o padrão de qualidade de mudas de espécies florestais nos viveiros. É considerada um das mais importantes características para estimar o seu crescimento no campo, além do que sua medição não é destrutiva. Ela fornece excelente estimativa da predição do crescimento no campo (Gomes e Paiva, 2004).

Barros *et al.* (1978) constataram que a taxa de crescimento em altura das mudas de *Eucalyptus grandis*, após o plantio no campo, foi inversamente proporcional à altura das mudas no viveiro. Esta depressão no crescimento foi consideravelmente maior nas mudas mais altas com pequenos diâmetros de colo do que com as de maiores diâmetros.

Segundo Carneiro (1995), existem limites no crescimento em altura das mudas no viveiro, acima e abaixo dos quais o desempenho das mudas não é satisfatório, depois

de plantadas. Conclui, também, que as mudas têm que apresentar um diâmetro de colo mínimo, de acordo com a espécie, e que seja compatível com a altura, para que seu desempenho no campo corresponda às expectativas.

O diâmetro do colo é uma variável facilmente mensurável e, por ser obtido sem a destruição da planta, é considerado, por muitos pesquisadores, como um dos mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência, logo após o plantio de mudas de diferentes espécies florestais (Gomes e Paiva, 2004).

O crescimento semelhante entre povoamentos florestais, plantados com mudas de qualidade diferente, poderá ocorrer, porém a mortalidade nos primeiros anos pode apresentar uma estreita relação com o método de produção (Freitas e Klein, 1993) e, conseqüentemente, com a sua qualidade.

O maior crescimento inicial de mudas diminui a freqüência dos tratos culturais, minimizando os custos de implantação do povoamento (Carneiro, 1995), assim como o replantio, por ser uma operação bastante onerosa, sendo dispensável quando a sobrevivência for elevada (Novaes, 1998).

Guerreiro e Colli Junior (1984) apresentaram os seguintes critérios para a seleção de mudas de *Eucalyptus urophylla* e *E. saligna* produzidas por sementes:

- a) altura oscilando entre 15 e 35 cm;
- b) diâmetro de colo, no mínimo de 2 mm;
- c) alto grau de rustificação;
- d) sem problemas sanitários aparentes;
- e) possuir raiz pivotante com forma normal;
- f) parte aérea sem bifurcações;
- g) parte aérea com, no mínimo, três pares de folhas;
- h) haste sem tortuosidade acentuada.

Segundo Alfenas *et al.* (2004) as características de uma muda de boa qualidade devem ser obtidas a partir de resultados experimentais para cada material genético, todavia na prática têm-se considerado os seguintes critérios de seleção para mudas de eucalipto produzidas por estacas:

- a) Altura: 20-35 cm.
- b) Diâmetro do colo: superior ou igual a 4 mm.
- c) Número de folhas: quatro ou mais pares de folhas completamente expandidas.
- d) Sanidade: ausência de sintomas aparente de doenças no caule, nas folhas e nas raízes.
- e) Nutrição: ausência de sintomas de desequilíbrio nutricional.

- f) Raiz: sistema radicular contendo pelo menos quatro raízes, bem distribuídas na periferia da estaca enraizada e com alta atividade fisiológica, evidenciada pela coloração branca das radículas.
- g) Rusticidade: grau de maturidade parcial dos tecidos foliares e caulinares.

A par das características morfológicas, o estado nutricional desempenha importante papel no vigor das plantas. A manipulação dos níveis de fertilização contribui também para a melhoria dos valores dos parâmetros morfológicos (Carneiro, 1995).

## **2.2. Nutrição mineral**

Os nutrientes minerais possuem funções essenciais e específicas no metabolismo vegetal: podem agir como constituintes da estrutura orgânica, ativadores de reações enzimáticas, carreadores de cargas e osmorreguladores (Marschner, 1995).

A nutrição adequada e o uso de substrato de cultivo apropriado são fatores essenciais na produção de mudas, proporcionando boa adaptação e crescimento após o plantio (Del Quiqui *et al.*, 2004). Em espécies florestais, afeta o crescimento e a qualidade de mudas, ao promover uma boa formação do sistema radicular e permitir uma melhor adaptação e conseqüente sobrevivência após o plantio no campo (Carneiro, 1995).

Os nutrientes necessários para o desenvolvimento das mudas em fase de crescimento são os mesmos para todas as espécies vegetais, sendo que as quantidades extraídas diferenciam-se entre e dentro de cada espécie (Higashi *et al.* 2002). Em plantas de eucalipto, a nutrição mineral assume grande importância, principalmente quando se visa a utilização mais adequada dos fertilizantes em função das exigências nutricionais dos clones ou classes de clones (Sgarbi *et al.*, 1997).

Com base na relação entre o crescimento e o teor de nutrientes em seus tecidos, é possível avaliar o estado nutricional da planta, geralmente a partir dos tecidos de folhas, por refletir bem, em sua composição, as mudanças nutricionais (Martinez e Barbosa, 1999). Dependendo da variação no teor de nutrientes nas folhas e do estágio de desenvolvimento, a interpretação do estado nutricional pode ser realizada por meio de comparações com valores de referência, em função da idade e do material genético (Alfenas *et al.*, 2004).

Segundo Balloni (1984) citado por Camargo (1997), a integração entre a experimentação, análise do solo ou substrato e análise foliar, podem fornecer subsídios para uma orientação segura das necessidades nutricionais das espécies florestais.

Os tecidos de planta possuem alta concentração de nutrientes em boas condições de crescimento. A partir do momento que há falta de um nutriente, as reservas armazenadas no vacúolo são utilizadas e decrescem gradualmente com pouco efeito no crescimento da planta, mas com a redução no teor de nutrientes no tecido (Lambers *et al.*, 1998). Entretanto, uma maior taxa na absorção do nutriente depois da fertilização nem sempre resultará em maiores crescimentos.

Para Dighton *et al.* (1993), interações entre nutrientes são importantes para determinar a ótima nutrição em *Eucalyptus grandis*. O aumento do crescimento é ativado por um ótimo balanço nutricional, expresso principalmente pelas relações N:P, N:K, N:S, P:K e Ca:Mg (Herbert, 1996).

Em mudas de eucalipto, a nutrição por meio da fertirrigação inicia-se 30 a 40 dias após a semeadura ou plantio das estacas, e visa principalmente o fornecimento de N, K e B. Sugere-se que as fertirrigações sejam realizadas uma vez ao dia, na última irrigação (Silveira *et al.*, 2001). Durante o inverno, as doses fertirrigadas devem ser 15 a 20% maiores que as usadas no verão. Nessa estação, essa suplementação nutricional é necessária em virtude da continuidade do processo de lixiviação de nutrientes pela água de chuva e/ou irrigação, e diante da menor atividade metabólica da planta (Silveira *et al.*, 2001).

### **2.2.1 Nitrogênio**

A fertilização nitrogenada tem trazido respostas significativas em eucalipto nos seus estágios iniciais de crescimento – formação de mudas – (Brandi, 1976). Segundo Neves *et al.* (1990), o uso de nitrogênio geralmente promove ganhos no crescimento de mudas, controlando ainda, o ritmo de crescimento, o tamanho e o vigor das mudas.

Na fase de crescimento de mudas, a quantidade aplicada de N é igual ou superior à quantidade de potássio, enquanto que na fase de rustificação, o fornecimento de potássio é três vezes maior que o de nitrogênio. A maior quantidade de N na fase inicial do desenvolvimento tem como objetivo aumentar a área foliar, proporcionando uma maior atividade fotossintética. A redução da quantidade de N durante rustificação visa o engrossamento do caule e principalmente o aumento da rigidez da muda, conferindo-a uma maior resistência às condições adversas de plantio (Silveira e Higashi, 2003).

Os viveiros a pleno sol nas épocas de intensa precipitação, necessitam de maiores doses de nitrogênio e potássio para compensarem a intensa lixiviação nesse período (Silveira e Higashi, 2003).

A fertilização nitrogenada promove, de maneira geral, aumentos significativos no crescimento em altura nas mudas de espécies florestais (Gomes e Couto, 1984), principalmente nas de eucaliptos, pois isso contribui para uma menor lixiviação e certo controle sobre a velocidade de crescimento e endurecimento das mudas (Neves *et al.*, 1990).

Drew e Saker (1975) concluíram que o efeito do nitrogênio sobre o crescimento radicular ocorria pela sua presença externa à raiz e não interna, uma vez que sua grande mobilidade na planta mantém uma concentração razoavelmente uniforme em todo sistema radicular, independente da parte em contato com o nitrogênio. Aparentemente o nitrogênio externo é sinal para que o fotoassimilado seja transportado para aquelas raízes em contato com o nutriente, o que proporcionaria seu maior crescimento.

A arquitetura do sistema radicular pode ser modulada por manchas de altas concentrações de nitrato, aumentando a ramificação de raízes e o alongamento de raízes laterais em muitas plantas (Assis *et al.*, 2004). O nitrato tem sido apontado como sinalizador, controlando os caminhos de ramificação de raízes, independentemente de seus efeitos como nutriente no metabolismo de nitrogênio (Zhang *et al.*, 1999).

Em experimento realizado por Brandi *et al.* (1982) avaliando o efeito do N, tanto nítrico quanto amoniacal e suas várias combinações no crescimento de mudas de eucalipto, evidenciou que, o melhor crescimento, considerando peso de matéria seca da parte aérea e de raízes, foi o do tratamento utilizando apenas o N amoniacal. Este mesmo tratamento apresentou melhor aspecto do sistema radicular, denotado por coloração muito mais clara das raízes e maior emissão de raízes finas. As combinações entre as duas formas de N utilizadas não diferiram entre si, sendo, no entanto ligeiramente inferiores ao do tratamento com nitrogênio amoniacal e cerca de 30% superiores ao do tratamento com nitrogênio nítrico.

Higashi *et al.* (2002) avaliando os efeitos das doses de nitrogênio nas concentrações dos nutrientes em minitouças de clones de *Eucalyptus* produzidas no sistema de minijardim clonal em canaletão verificaram que o aumento da dose de N na solução provocou reduções nas concentrações foliares de B, Cu, Fe e Mn, em dois clones, e de Zn somente em um clone.

Rocha Filho *et al.* (1978) citado por Camargo (1997), realizaram estudos com mudas de *Eucalyptus urophylla*, cultivadas em soluções nutritivas carente nos

macronutrientes, observando a influência da omissão e presença dos nutrientes sobre o crescimento e composição química das folhas, assim como do caule e raízes. Verificaram que a omissão de nutrientes afetou sensivelmente o crescimento, sendo que, o tratamento com omissão de nitrogênio foi o que mostrou maior efeito depressivo no crescimento. As plantas apresentaram sintomas de carência quando os níveis dos nutrientes nas folhas acusaram os seguintes valores em  $\text{g Kg}^{-1}$ : N (6,9); P (0,4); K (1,4); Ca (0,4); Mg (0,5) e S (<0,5).

Em estudo com quatro clones de eucalipto, Camargo (1997) observou que as concentrações de nitrogênio diminuíram com a idade das mudas para todos os órgãos analisados, com exceção das raízes de dois clones. A mesma tendência de decréscimo do teor de nitrogênio com a idade foi verificado por Silveira *et al.* (1995).

Concentrações de N e P, especialmente em folhas, ramos e caules aumentam imediatamente após a fertilização, porém antes de algum efeito no crescimento ser detectado (Graciano *et al.*, 2006).

### **2.2.2. Fósforo**

O teor de fósforo nas plantas é bem menor do que o de nitrogênio e de potássio e, um adequado suprimento do nutriente é importante, no início do crescimento da planta, para a formação dos primórdios vegetativos (Camargo, 1970, citado por Gomes, 2001).

A literatura é vasta no tocante a diferenças entre genótipos quanto a absorção, translocação e utilização de fósforo e outros nutrientes. Com relação à cultura de eucalipto, estudos indicam variações nos índices de eficiência de espécies. Desse modo, é provável que as variações na eficiência nutricional possam explicar porque certas espécies apresentam melhor crescimento que outras sob uma mesma condição de fertilidade (Furtini Neto *et al.*, 1996).

Em função da idade, o teor de fósforo nas diversas partes da planta de *Eucalyptus* tende a decrescer durante a fase de produção de mudas (Silveira *et al.*, 1995).

Brandi *et al.* (1977), avaliando os efeitos de N-P-K no crescimento de mudas de *Eucalyptus citriodora*, observaram que o fósforo foi o nutriente que mais contribuiu para o crescimento das mudas, indicando que bons resultados poderiam ser obtidos somente com a aplicação do mesmo.

Brandi *et al.* (1982) encontraram para vários solos os níveis críticos para o P em mudas de eucalipto (entre 39 e 93  $\text{mg.dm}^{-3}$ , média de 62  $\text{mg.dm}^{-3}$  de P “disponível” pelo extrator Mehlich 1). Os mesmos autores ressaltaram que estes valores encontrados são

muito superiores aos que têm sido obtidos para culturas anuais como: soja, arroz, etc. Isso se deve ao fato de o eucalipto ter, possivelmente, uma baixa eficiência de absorção de P na fase inicial de crescimento.

Brandi *et al.* (1982), avaliando o efeito de diferentes relações aniônicas de N/P/S sobre o crescimento de plantas de *E. grandis* em solução nutritiva, constataram que, o tratamento em que apenas a concentração de P ( $4,38 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) foi aumentada permanecendo N e S nos seus níveis basais ( $35 \text{ mg.dm}^{-3}$  e  $8 \text{ mg.dm}^{-3}$  respectivamente), foi o que apresentou sistema radicular mais vigoroso com raízes claras e parte aérea com bom aspecto nutricional e vegetativo.

Em trabalho realizado por Brandi *et al.* (1982), avaliando eficiência de absorção de P entre espécies de *Eucalyptus*, foram obtidos dados que permitiram estabelecer a seguinte ordem decrescente de eficiência: *E. cloeziana*, *E. grandis*, *E. camaldulensis* e *E. paniculata*. Em experimento complementar, os mesmos autores observaram que, independente da espécie, o P foi o nutriente mais eficientemente utilizado seguido de Mg, Ca e K, respectivamente. Quando se considera a eficiência de utilização para cada nutriente entre as espécies, observa-se diferenciação entre as mesmas. Assim, para P e K, o *E. urophylla* foi o que apresentou maior eficiência, seguido do *E. paniculata*, *E. grandis* e *E. cloeziana*, respectivamente.

O acúmulo de P nas raízes e a regulação de seu transporte para a parte aérea parecem desempenhar papel fundamental na resposta das espécies de eucalipto ao nutriente (Furtini Neto *et al.*, 1996).

### **2.2.3. Potássio**

O potássio não faz parte de nenhum composto orgânico, não desempenhando função estrutural na planta. Este macronutriente atua na ativação de aproximadamente 50 enzimas, destacando-se as sintetases, oxiredutases, desidrogenases, transferases, quinases e aldolases (Marschner, 1995).

O potássio é o principal íon presente no vacúolo das células relacionado ao equilíbrio osmótico, logo é importante na manutenção do turgor. Quando as plantas se encontram sob condição de estresse hídrico, ocorre um aumento na concentração de solutos, resultando em maior potencial osmótico. Este ajustamento osmótico é importante para a manutenção de processos que dependam da manutenção do turgor em condições de baixos potenciais hídricos. As plantas deficientes em potássio são menos resistentes ao estresse hídrico e, o mau funcionamento dos estômatos provocado por

essa deficiência resulta em baixas taxas de fotossíntese e menor eficiência no uso da água (Bourne *et al.*, 1988).

O potássio está ainda envolvido na síntese de proteínas: plantas com baixos teores de potássio apresentam baixo teor protéico, com acúmulo de compostos de baixo peso molecular como aminoácidos, amidas, aminas e nitratos (Silveira e Malavolta, 2000).

Brandi *et al.* (1982) verificaram que a deficiência de K propiciou escurecimento de raízes para *E. grandis* e escurecimento e morte de raízes para *E. cloeziana*. Para *E. paniculata*, além dos sintomas acima citados, a deficiência de K refletiu na parte aérea das plantas, caracterizado pelo murchamento e posterior necrose das folhas. O papel do potássio no balanço hídrico nas plantas provavelmente foi a causa de tais sintomas.

Prezotti (1985) observou que o nível crítico de K no solo, para mudas de eucalipto, varia com o volume de solo utilizado. Quando se utilizam pequenos volumes de solo, as mudas crescem normalmente até um determinado estágio, quando então o potássio torna-se fator limitante, em virtude do pequeno volume de solo explorado pelas raízes, ocorrendo resposta da muda a qualquer adição de potássio que se faça nestas condições.

Respostas positivas de plantas de eucalipto à aplicação de potássio podem ser obtidas quando as mudas são cultivadas em recipientes que contenham pequenos volumes de substrato, mesmo quando os teores deste nutriente forem superiores ao nível crítico. A explicação para tal fato relaciona-se à quantidade, e não à concentração de potássio trocável ou disponível existente no substrato (Neves *et al.*, 1990).

A presença do potássio em níveis crescentes, em experimento realizado por Carneiro (1995), proporcionou um maior endurecimento das mudas de espécies florestais e conseqüente aumento de suas resistências às condições adversas do meio.

### **2.3. Fases da produção de mudas de eucalipto**

As condições específicas de manejo em cada fase exercem influência direta na produtividade do viveiro e na qualidade das mudas produzidas, o que refletirá na sobrevivência, na uniformidade e no arranque inicial das plantas no campo (Alfenas *et al.*, 2004).

### **2.3.1. Enraizamento**

O enraizamento é uma fase de formação de mudas que oscila em média de 15 a 30 dias, dependendo do clone de eucalipto (Ferreira *et al.*, 2004).

O enraizamento adventício de estacas é influenciado por fatores intrínsecos e extrínsecos do material vegetal. Fatores estes como: espécie, presença de indutores e inibidores de enraizamento, juvenilidade dos brotos, presença de gemas e/ou folhas, período de coleta das estacas, período de dormência, estado nutricional, variações nas condições climáticas e sanidade (Cunha, 2006).

O controle da irrigação, temperatura e luminosidade é fundamental para o sucesso do enraizamento, assim como um substrato que proporcione boas características físico-químicas (Alfenas *et al.*, 2004). Algumas empresas adotam também nesta fase a fertilização via água de irrigação, conforme apresentado pelos mesmos autores.

### **2.3.2. Aclimação à sombra**

Após o enraizamento, as mudas são submetidas à aclimação sob condição de sombra, preparando-as para a fase de crescimento e rustificação, quando recebem um manejo diferenciado em cada fase, antes da expedição para plantio definitivo no campo (Alfenas *et al.*, 2004).

Em geral, as adubações de cobertura por meio de fertirrigações iniciam-se na fase de aclimação à sombra, ou seja, em torno de 20 dias após o estaqueamento.

### **2.3.3. Fase de crescimento**

Esta é a fase de maior crescimento das mudas até atingir a altura padrão pré-estabelecida, cuja duração oscila, em média, de 20-30 dias (Alfenas *et al.*, 2004).

### **2.3.4. Fase de rustificação**

De acordo Gomes e Couto (1984), para que a muda seja considerada apta para ser levada para o campo, deve ser sadia e ter grau de resistência que lhe permita sobreviver às condições adversas do meio.

Antes da expedição, para que mudas resistam a condições adversas no campo, principalmente em períodos de estiagem ou veranicos, elas são submetidas ao processo

denominado rustificação, cuja duração varia, em média, de 15-20 dias. Em dias muito quentes e ensolarados podem ser efetuadas até três fertirrigações diárias, priorizando formulações com uma reduzida relação N/K. Esta fase é extremamente crítica e reflete diretamente na qualidade final das mudas (Alfenas *et al.*, 2004).

Nos últimos anos a rustificação tem sofrido mudanças importantes em seus princípios e conceitos. Antes, mudas rustificadas, aptas para plantio, continham pouquíssimas folhas, de aspecto coriáceo. Muitas vezes, após serem mantidas por longos períodos no viveiro, apresentavam altura exagerada e sistema radicular agregado, porém enegrecido em virtude da morte das radículas, e, em alguns casos, com princípio de envelhecimento. Atualmente, algumas características ainda prevalecem, como rustificação parcial dos tecidos do caule e das folhas. No entanto, sabe-se, hoje, que uma muda de boa qualidade deve ser bem-enfollhada, possuir um sistema radicular agregado e adequada relação raiz/parte aérea e conter radículas brancas, que são responsáveis pela maior absorção de água e nutrientes. Ademais, a permanência de mudas por períodos prolongados no viveiro para alcançar a rustificação passou a ser questionada. Em contrapartida, alterações na irrigação e nutrição passaram a ser adotadas, visando atingir a rustificação no menor período de tempo possível e, conseqüentemente, sem redução da atividade fisiológica. Nesta fase, as mudas tendem a ser mais resistentes a doenças em relação às fases anteriores, em virtude da menor proporção de tecido vegetal tenro e da menor umidade (Alfenas *et al.*, 2004).

Para Silveira *et al.* (2001), da mesma forma como já foi mencionado, a rustificação tem como objetivo aumentar a resistência e ainda acrescenta que as mudas devem receber fertirrigações com baixa relação N/K na faixa de 1/3 a 1/5, no final do ciclo de produção (75-95 dias) ou quando as mudas atingirem uma altura média de 20-25 cm. Nesta fase, ocorre redução ou corte das adubações juntamente com o aumento do intervalo de irrigação. Isto provoca o engrossamento do caule e o aumento da resistência da muda ao estresse do plantio.

A rustificação de mudas pode ser avaliada pela relação altura/diâmetro de coleto. O valor resultante da divisão da altura da parte aérea de uma muda pelo seu respectivo diâmetro de coleto exprime um equilíbrio de crescimento também denominado de quociente de robustez (Gomes e Paiva, 2004). Para Carneiro (1983), quanto menor for o valor dessa relação maior será a capacidade de as mudas sobreviverem e se estabelecerem no campo.

As taxas fotossintéticas de plantas rustificadas são geralmente baixas em conseqüência da baixa condutância estomática e baixo status nutricional das plantas.

Isto ocorre porque a prática dos viveiros tende a restringir a fertilização nitrogenada durante este período para evitar a expansão foliar e o crescimento em altura. Como consequência, ocorre o baixo desenvolvimento das plantas após o plantio no campo devido aos baixos níveis de carboidratos e reserva de nutrientes (Stape *et al.*, 2001). Os mesmos autores acrescentam que plantas rustificadas, em termos fisiológicos, estão relacionadas à baixa transpiração e uma melhor regulação osmótica.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. 442p.

ASSIS, T. F.; FETT-NETO, A. G.; ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwood with emphasis on *Eucalyptus*. In: WALTER, C. e CARSON, M. **Plantation forest biotechnology for the 21th century**. New Delhi, Índia: Research Sign Post, 2004. p.303-333.

BARROS, N. F.; BRANDI, R. M.; COUTO, L. Efeitos de recipientes na sobrevivência e no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* no viveiro e no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.2, n.2, p.141-151, 1978.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Editora Folha de Viçosa, 1990. p.127-186.

BARROS, N.F.; NEVES, J. C.; NOVAIS, R. F. Recomendações de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J.L. de M; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.269-286.

BOURNE, G. H.; JEON, K. W.; FRIEDLONGER, M. Potassium estimation uptake and its role in the physiology and metabolismo flowering plants. **International Review of Cytology**, v.110, p.205-254, 1988.

BRANDI, R. M. **Efeito de adubação NPK no desenvolvimento inicial e na resistência à seca de mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook**. 1976. 69 f.. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BRANDI, R.M.; COUTO, L; NETO, F.P. Influência do espaçamento na sobrevivência, freqüência por classe de diâmetro e relação hipsométrica altura-diâmetro do *Eucalyptus urophylla*. **Revista Ceres**, v. 24, n.136, p.617-627, 1977.

BRANDI, R. M., BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J. M. **Nutrição e dinâmica de elementos minerais em plantios de eucalipto no estado de Minas Gerais**. Relatório anual apresentado pela coordenação do contrato IBDF/UFV/SIF ao instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Viçosa, MG: SIF/UFV, 1982.

CAMARGO, M.A.F. **Matéria seca, concentração e conteúdo de macronutrientes em mudas de clones de eucalipto, em função da idade**. 1997. 94p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, SP.

CARNEIRO, J. G. A. Influência dos fatores ambientais, das técnicas de produção sobre o desenvolvimento de mudas florestais e a importância dos parâmetros que definem sua qualidade. In: FLORESTAS PLANTADAS NOS TROPICOS COMO FONTE DE ENERGIA. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1983. p.10-24.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CUNHA, A. C. M. C. M. **Relações do estado nutricional de minicepas e condições meteorológicas com o número e o enraizamento de miniestacas de eucalipto**. 2006. 99f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DEL QUIQUI, E. M.; MARTINS, S. S.; PINTO, J. C.; PARAZZI, P. J. A.; MUNIZ, A. S.; Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas sob condições de diferentes fontes de fertilizantes. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v.26, n.3, p.293-299, 2004.

DIGHTON, J.; JONES H.E.; POSKITT, J.M. The use of nutrient bioassays to assess the response of *Eucalyptus grandis* to fertilizer application. 1: Interaction between nitrogen, phosphorus and potassium in seedling nutrition, **Canadian Journal of Forest Research**, n.23, p.1-6, 1993.

DREW, M. C. e SAKER, L. R. Nutrient supply and the growth of the seminal root system in barley. **Journal of Experimental Botany**, Cary, USA, v.26, p.79-90, 1975.

FERREIRA, E. M.; ALFENAS, A. C.; MÁFIA, R. G.; LEITE, H. G.; SARTORIO, R. C.; PENCHEL FILHO, R. M. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.28, n.2, p.183-187, 2004.

FREITAS, A. J. P.; KLEIN, J. E. M. Aspectos técnicos e econômicos na mortalidade de mudas no campo. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 11.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. p.736.

FURTINI NETO, A. E.; BARROS, N. F.; GODOY, M. F.; NOVAIS, R. F. Eficiência nutricional de mudas de *Eucalyptus* em relação a fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.20, n.1, p.17-28, 1996.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; Produção de mudas de *Eucalyptus* spp. no estado de Minas Gerais – Evoluções e tendências. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: **Métodos de produção e controle de qualidade de sementes e mudas florestais**, 1984, Curitiba: UFPR/FUPEF, 1984 p.440-458, 1984.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de N-P-K**. 2001. 166f.. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. P. **Viveiros Florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: UFV, 2004, 116p. (Caderno didático 72).

GRACIANO, C.; GOYA, J. F.; FRANGI, J. L.; GUIAMET, J. J. Fertilization with phosphorus increases soil nitrogen absorption in young plants of *Eucalyptus grandis*. **Forest Ecology and Management**, v.236, p.202-210. 2006.

GUERREIRO, C. A.; COLLI JUNIOR, G. Controle de qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. na Champion Papel e Celulose S. A. In: SIMPÓSIO

INTERNACIONAL: **Métodos de Produção e controle de qualidade de sementes e mudas florestais**, 1984, Curitiba: UFPR/FUPEF, 1984, p.127-133.

HERBERT, M.A. Fertilizer and eucalyptus plantations in South Africa. In: P.M. ATTIWILL and M. ADAMS. **Nutrition of Eucalypts**, Australian: CSIRO Publishing, 1996, p.303–325.

HIGASHI E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. **IPEF**, 2002. (Circular técnica 194).

LAMBERS, H.; CHAPIN, F. S.; PONS, Y. L. **Plant Physiological Ecology**. New York: Springer-Verlag, 1998, 540p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press. 1995. 889p.

MARTINEZ, H.E.P.; BARBOSA, J.G. **O uso de substratos em cultivos hidropônicos**. Viçosa: UFV, 1999. 49p. (Cadernos didáticos, 42).

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F.; Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG, 1990, p.100-124.

NOVAES, A. B. **Avaliação morfológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes**. 1998. 116 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PAIVA, H. N. de; GOMES, J. M. **Viveiros florestais**. Viçosa, MG: UFV, 1993. 56p.

PREZOTTI, L.C. **Nível crítico de potássio no solo para a produção de mudas de eucalipto**. 1985. 58p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SGARBI, F.; SILVEIRA, R.L.V.A.; TAKAHASHI, E.; CAMARGO, M.A.F. Crescimento e produção de biomassa de clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva com omissões de macronutrientes, boro e zinco. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, Salvador, 1997. **Anais da Conferência IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucalipto**, v.3: Silvicultura, produtividade e utilização de eucaliptos. Salvador, 1997. p.92-97.

SILVA, M.R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex. Maiden) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação**. 1998. 105p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

SILVEIRA, R.L.V.A.; LUCA, E.F.; SHIBATA, F. Absorção de macronutrientes pelas mudas de *E. grandis* em condição de viveiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Resumos expandidos...** Viçosa: SBCS, 1995a. p.839-841.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*. **Informações Agronômicas**, n.91, p.1-12, setembro 2000. (Potafós - encarte técnico).

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja o doutor do seu eucalipto. **Informações Agronômicas**, n.93, p.1-32, março 2001 (Potafós – encarte técnico).

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N. Fertirrigação na produção de mudas de *Pinus*. **Addubare**, n.6, 2003. 15p. (Circular Técnica).

STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; GONÇALVES, A. N. Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brazil. **New Forests**, v.22, p.19–41, 2001.

ZHANG, H.; JENNINGS, A.; BARLOW, P. W.; FORDE, B. G. Dual pathways for regulation of root branching by nitrate. **Plant Biology**, v.96, p.6529-2534, 1999.

## CAPÍTULO 1 – EFEITO DO FÓSFORO E NITROGÊNIO NA FASE DE CRESCIMENTO DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO

### RESUMO

Os nutrientes nitrogênio e fósforo são os que mais comumente limitam o crescimento de mudas na fase inicial de produção. Neste sentido, este experimento foi conduzido visando avaliar o efeito do fósforo e nitrogênio na qualidade de mudas de três clones de *Eucalyptus* spp. O experimento foi instalado no viveiro de mudas da empresa CENIBRA, avaliando o efeito de doses de fósforo em substrato de enraizamento em interação com doses de nitrogênio aplicados por meio da fertirrigação. As características avaliadas foram: altura da parte aérea, o diâmetro de colo, o peso de matéria seca total, a relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raiz e, a concentração de P e N foliar. A aplicação de doses crescentes de nitrogênio proporcionou os maiores valores para todas as características morfológicas avaliadas nos três clones. Maiores concentrações de N foliar foram encontradas nas maiores doses aplicadas, tanto de N quanto de P. Da mesma forma, a concentração de P foliar teve correlação positiva com as aplicações de N e P. A aplicação de fósforo em substrato proporcionou nos três clones avaliados valores crescentes para altura, diâmetro de colo e peso de matéria seca total até determinada dose que, a partir de então, tendeu a decrescer. Com base nos resultados obtidos durante a fase de crescimento para o presente ensaio, conclui-se que, a aplicação da dose 219 mg.L<sup>-1</sup> de nitrogênio e a aplicação de doses de fósforo variando de 400 a 489 mg.dm<sup>-3</sup> são as recomendadas, pois proporcionam os maiores valores para as características morfológicas avaliadas.

## 1. INTRODUÇÃO

A correta nutrição de mudas de eucalipto constitui-se em fator essencial para o estabelecimento de florestas de alta produtividade (Silva *et al.*, 2004), sendo que, a nutrição adequada e o uso de substrato de cultivo apropriado influenciam diretamente na adaptação e crescimento das mesmas após o plantio em campo (Del Quiqui *et al.* 2004).

Dentre os nutrientes, o nitrogênio é o que tem proporcionado maior crescimento de plantas. De forma geral, a fertilização nitrogenada promove uma aceleração no crescimento, e conseqüentemente uma redução no tempo de formação das mudas quando aplicada em dosagem adequada, considerando as exigências para cada espécie e/ou material genético.

O nitrogênio é o quarto elemento mais abundante na planta, depois do carbono, hidrogênio e oxigênio, sendo um constituinte de aminoácidos, nucleotídeos e coenzimas. Normalmente, estreita relação entre o teor de nitrogênio e o crescimento das plantas é observada, visto que, sob condição de deficiência, ocorre a inibição da síntese de clorofila e conseqüentemente a diminuição da fotossíntese (Epstein, 1975).

O fósforo é outro nutriente de elevada importância na fase inicial de crescimento de mudas de eucalipto. Grande número de estudos, em muitas espécies tem mostrado que o suprimento de P na fase inicial da vida da planta é fundamental para o ótimo crescimento (Grant *et al.*, 2001).

Em mudas de eucalipto, respostas positivas à adubação fosfatada têm sido generalizadas, sendo que no estado muito jovem são pouco efetivas quanto à absorção de P, necessitando de um teor de P no solo muito mais elevado que aquele requerido pela maioria das culturas (Barros *et al.*, 1982). Na maioria das vezes, a adubação fosfatada resulta em maior crescimento das mudas (Paiva e Gomes, 1993) e, quando o fósforo não é aplicado ao substrato, as mudas não se desenvolvem (Neves *et al.*, 1990).

Com base no exposto acima, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do nitrogênio e fósforo na qualidade de mudas de três clones de *Eucalyptus* spp. durante a fase de crescimento em viveiro.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no viveiro de mudas da Celulose Nipo-Brasileira S. A. – CENIBRA em Belo Oriente - MG. O município localiza-se na região do Vale do Rio Doce, com clima do tipo Cwa (subtropical, chuvoso e mesotérmico), segundo a classificação de Köppen. Apresenta precipitação média anual de 1.233 mm. Temperatura média anual de 21°C, com máxima média de 27°C e mínima média de 14°C. O viveiro de mudas localiza-se na latitude 19°17'49" sul, longitude 42°23'26" oeste e, altitude de 233 m (Mafia *et al.*, 2006).

Todos os procedimentos de análise química e pesagem de material vegetal foram realizados no laboratório de solos e análise de plantas da mesma empresa.

Foram utilizadas miniestacas oriundas de três clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* cultivados em minijardim clonal em leito de areia. Os clones utilizados foram o 386; o 1213 e o 3837.

### 2.1. Recipiente e substrato

O estaqueamento foi realizado em substrato acondicionado em tubetes plásticos com dimensões de 12,5 cm de comprimento, 2,7 cm de diâmetro da abertura superior, 0,9 cm de diâmetro de abertura inferior e volume de 50 cm<sup>3</sup>, com seis estrias internas. Como suporte para os tubetes foram utilizadas bandejas com dimensões de 58,9 cm x 38,6 cm com capacidade para 176 mudas. O substrato utilizado foi vermiculita e casca de arroz carbonizada na proporção de 1:1, em volume.

### 2.2. Estrutura física

As mudas iniciaram enraizamento em casa de vegetação, permanecendo por 18 dias. Após este período foram transferidas para casa de sombra permanecendo nesta estrutura por mais 6 dias e, por fim, as mudas foram levadas para o estaleiro por mais 18 dias. Nesta última estrutura realizaram-se os tratamentos com as variações nas doses de nitrogênio via fertirrigação.

O período experimental foi de 42 dias, desde o estaqueamento até a coleta do material vegetal no estaleiro.

### 2.3. Adubações

A concentração de nutrientes e fontes utilizadas na adubação de substrato para todos os tratamentos encontra-se no Quadro 1.

A concentração de nutrientes e fontes utilizadas na fertirrigação de mudas em casa de sombra e estaleiro para todos os tratamentos encontra-se no Quadro 2.

**Quadro 1** - Concentração de nutrientes e fontes utilizadas na adubação de substrato de enraizamento.

Nutrientes	Substrato de enraizamento
	mg de nutriente por litro
<b>P</b> (super fosfato simples)	*
<b>N</b> (sulfato de amônio)	146,0
<b>K</b> (cloreto de potássio)	99,0
<b>S</b>	176,0
<b>B</b> (ácido bórico)	4,9
<b>Cu</b> (sulfato de cobre)	5,6
<b>Mn</b> (sulfato de manganês)	5,1
<b>Zn</b> (sulfato de zinco)	6,0

\* As doses de fósforo foram aplicadas de acordo com os tratamentos descritos no tópico a seguir.

**Quadro 2** - Concentração de nutrientes e fontes utilizadas na fertirrigação de mudas em casa de sombra e estaleiro.

Nutrientes	Casa de sombra	Estaleiro
	mg de nutriente por litro	
<b>N</b> (nitrato de cálcio)	56	*
<b>P</b> (ácido fosfórico)	42	108
<b>K</b> (cloreto de potássio)	87	225
<b>Ca</b>	49	127
<b>Mg</b> (sulfato de magnésio)	61	159
<b>S</b>	20	53
<b>B</b> (ácido bórico)	0,80	2,1
<b>Cu</b> (sulfato de cobre)	0,19	0,5
<b>Fe</b> (sulfato ferroso)	3,50	9,0
<b>Mn</b> (sulfato de manganês)	0,80	2,0
<b>Mo</b> (molibdato de sódio)	0,04	0,11
<b>Zn</b> (sulfato de zinco)	0,11	0,28

\* As doses de nitrogênio foram aplicadas de acordo com os tratamentos descritos no tópico a seguir.

#### 2.4. Tratamentos

Os tratamentos, em esquema fatorial, foram compostos por quatro doses de fósforo em substrato de enraizamento e cinco doses de nitrogênio aplicadas via água a partir da fase de crescimento (vigésimo quarto dia). Foram três repetições por tratamento, sendo que cada repetição continha 12 mudas.

A fonte de P utilizada foi o superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). As quantidades de P aplicadas em substrato foram:

P1 - 0 (zero) mg.dm<sup>-3</sup> (testemunha);

P2 - 349 mg.dm<sup>-3</sup>;

P3 - 698 mg.dm<sup>-3</sup>;

P4 - 1046 mg.dm<sup>-3</sup>.

Para o N, as fontes utilizadas foram o cálcio nítrico (10% de N) e a uréia (44% de N). As doses de N utilizadas foram:

N1 - 0 (zero) mg.L<sup>-1</sup> (testemunha);

N2 - 73 mg.L<sup>-1</sup>;

N3 - 146 mg.L<sup>-1</sup>;

N4 - 219 mg.L<sup>-1</sup>;

N5 - 292 mg.L<sup>-1</sup>.

Ao final do dia, realizava-se a fertilização com auxílio de um regador sendo aplicado 12 litros da solução nutritiva para cada tratamento.

## **2.5. Características avaliadas**

Foram avaliadas características nutricionais (concentrações foliares) e características morfológicas: altura da parte aérea, diâmetro de colo, peso de matéria seca total (PMST) e a relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raiz. Os instrumentos utilizados nas determinações foram: régua, paquímetro (precisão de 0,05 mm) e balança digital. Considerou-se como altura da parte aérea o comprimento entre a base do caule em contato com a superfície do substrato e a base do par de folhas mais jovem.

As medições de altura e de diâmetro de colo das mudas foram realizadas no 40º e no 41º dia após o estaqueamento. No 42º dia se realizou a coleta do material vegetal para a pesagem e análise química das folhas.

Para a obtenção do peso de matéria seca, parte aérea e raízes foram colhidas separadamente, lavadas em água destilada e secas em estufa com circulação forçada de ar até atingirem peso constante.

Para a análise química foram colhidos os penúltimos e os antepenúltimos pares de folhas recém maduras.

## **2.6. Delineamento estatístico e análise dos dados**

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado. O experimento foi composto por 20 tratamentos (4 doses de P e 5 doses de N) com três repetições.

Foram utilizados os softwares Estatística 8.0 (Statsoft inc., 2008) e Curve Expert (Curve Expert, 2007) para a análise dos dados de altura, de diâmetro de colo e peso da

matéria seca total (PMST), sendo os dados dessas variáveis submetidos à análise de variância e de regressão.

Utilizou-se a análise estatística descritiva para os dados das concentrações foliares dos nutrientes e para a relação peso da parte aérea/peso de raiz, devido à presença de heterocedasticidade ou não observância da distribuição normal dos erros.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Características morfológicas

O resumo das análises de variância para as características morfológicas é apresentado na Quadro 3.

**Quadro 3** - Resumo das análises de variância para altura, diâmetro de colo e peso de matéria seca total (PMST) de mudas avaliadas aos 42 dias após estaqueamento.

FV	GL	Quadrado médio		
		Altura	Diâmetro de colo	PMST
Clone	2	15,30*	0,01029*	0,5566*
Dose P	3	52,06*	0,00428*	0,3735*
Dose N	4	41,99*	0,00528*	0,4573*
ClonexP	6	1,80 ns	0,00007 ns	0,0169 ns
ClonexN	8	0,77 ns	0,00015 ns	0,0052 ns
NxP	12	0,73 ns	0,00010 ns	0,0103 ns
ClonexPxN	24	0,95 ns	0,00013 ns	0,0121 ns
Resíduo	120	1,81	0,00014	0,0120
Total	179			

\*  $P < 0,05$ .

Os resultados da análise de variância apresentados na Quadro 3 mostraram que o fator dose de P e dose de N avaliados isoladamente foram significativos para todas as características avaliadas.

Não existiu significância nas interações Clone x P, Clone x N e Clone x N x P, ou seja, os três clones responderam de forma semelhante às aplicações de N e P. Desta forma, o ajuste de cada equação foi efetuado a partir dos dados dos três clones de forma conjunta.

De forma geral, as características apresentaram comportamento semelhante, tanto em função das doses de N, como em função das doses de P (Figura 1).

### 3.1.1. Fertilização nitrogenada

Na Figura 1 constam as características morfológicas altura, diâmetro de colo e peso de matéria seca total (PMST) em função das doses de N e os modelos de crescimento ajustados para cada característica. Ao variar as doses de nitrogênio, foi observado que as maiores doses de N proporcionaram os maiores valores em altura, indicando que o substrato não dispunha de quantidade suficiente do nutriente para atender a demanda das mudas. Tal fato ocorreu devido ao pequeno volume de tubete utilizado aliado às freqüentes irrigações, favorecendo perdas através da lixiviação. Segundo Neves *et al.* (1990), a perda de nutrientes por lixiviação é considerada alta quando se produzem mudas em tubetes, tanto pelo pequeno volume de substrato quanto pelas irrigações realizadas.

Efeito positivo da adubação nitrogenada em espécies florestais foi verificado também por Marques *et al.* (2006). Os autores, avaliando o efeito de doses de N no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), constataram que a altura foi significativamente afetada por doses de N, aumentando linearmente com o acréscimo das doses, independente do tipo de solo e da fonte aplicada. Segundo Paiva e Gomes (1993), a aplicação de nitrogênio promove, de maneira geral, na produção de mudas, aumentos significativos no crescimento em altura, entretanto, doses mais elevadas podem apresentar resultados inversos aos esperados.

O diâmetro de colo apresentou comportamento semelhante ao observado para altura em função de doses de N, onde os maiores valores foram encontrados nas maiores doses. Neste caso, as maiores doses de N seriam as mais recomendadas, visto que, altos valores de diâmetro de colo são desejáveis quando se considera a qualidade das mudas. Segundo Gomes e Paiva (2004), as mudas devem apresentar altos valores de diâmetros de colo para melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea. Essa variável é reconhecida como um dos melhores, senão o melhor indicador do padrão de qualidade de mudas (Moreira e Moreira, 1996) e, normalmente, é a mais observada para indicar a capacidade de sobrevivência da muda no campo (Daniel *et al.* 1997).

O peso de matéria seca total (PMST) seguiu tendência semelhante à altura e ao diâmetro de colo em função das doses de N. Segundo Gomes e Paiva (2004), os mesmos fatores que influenciam no crescimento em altura das mudas atuam sobre o peso de matéria seca total. Os maiores valores de PMST nas maiores doses de N foram resultado de um maior incremento de peso de matéria seca da parte aérea do que do sistema radicular (Quadro 4). Paiva e Gomes (1993) relatam que maiores quantidades

de N provocam um desequilíbrio na proporção peso da parte aérea/peso de raiz, favorecendo o crescimento da parte aérea. Wilkinson e Langdale (1974) reafirmam que a adubação nitrogenada é responsável pelo maior crescimento relativo da parte aérea que do sistema radicular. A explicação para este fato é que, quando o nitrogênio é o fator limitante do crescimento, ocorre na planta um acúmulo de carboidratos, tanto na parte aérea como nas raízes. Como estes carboidratos não podem ser utilizados, nem na formação de novos tecidos nem no crescimento, o nitrogênio absorvido tenderia a reagir com os carboidratos do sistema radicular, beneficiando as raízes em detrimento da parte aérea. A partir do momento em que se aumenta a disponibilidade de nitrogênio, maior proporção desse nutriente é translocado para parte aérea, possibilitando o uso de carboidratos na síntese de proteínas e no crescimento. Contudo, uma menor proporção de carboidratos é translocado para o sistema radicular, de forma que se justifica o menor crescimento das raízes que o da parte aérea (Brower, 1962)

Quanto maior o valor do PMST, melhor a qualidade da muda avaliada, considerando que o acúmulo de biomassa é uma característica importante, relacionada ao crescimento da planta. Leles *et al.* (2000) atribuíram o maior crescimento inicial das mudas em campo ao maior crescimento da parte aérea e raiz verificados ainda em viveiro. Segundo Koslowski *et al.* (1991), o crescimento inicial das plantas no campo depende de fotossintatos armazenados pela muda.

Considerando os resultados apresentados, dentre as maiores doses de N aplicadas, a dose 219 mg . L<sup>-1</sup> seria a mais indicada, visto que, ao realizar um teste de contraste entre as médias, as duas maiores doses foram estatisticamente iguais, optando-se, portanto, pela menor (Quadro 5).

### **3.1.2. Fertilização fosfatada**

Na Figura 1 consta as características morfológicas altura, diâmetro de colo e peso de matéria seca total (PMST) em função das doses de P e os modelos ajustados para cada característica.

O comportamento da altura, diâmetro de colo e PMST em função das doses de P foi melhor representado por equação quadrática para as três características, com crescimento atingindo ponto máximo na dose de 456, 489 e 400 mg.dm<sup>-3</sup> de P, respectivamente, com queda a partir deste ponto. Segundo Paiva e Gomes (1993), na maioria das vezes, a adubação fosfatada resulta em maior crescimento das mudas e, quando o fósforo não é aplicado ao substrato, as mudas não se desenvolvem (Neves *et*

al., 1990). Outros trabalhos evidenciaram efeito positivo no crescimento de mudas de espécies florestais quando da aplicação de fósforo em substrato, por exemplo, Novais *et al.* (1979) em *Eucalyptus grandis* e Dias *et al.* (1990) em *Acacia mangium*.

O crescimento em altura de mudas de eucalipto pode estar relacionado a outros fatores não nutricionais. Segundo Barros *et al.* (1978), tubetes pequenos (50 cm<sup>3</sup> de capacidade) podem causar menor crescimento no viveiro, mas o crescimento em altura de *Eucalyptus grandis* é recuperado no campo. De qualquer forma, mesmo utilizando tubetes pequenos (50cm<sup>3</sup>) e sendo as mudas avaliadas apenas aos 42 dias de idade, as alturas encontradas nas doses intermediárias de P apresentaram-se satisfatórias, alcançando valores próximos a 19 cm (Figura 1). Guerreiro e Colli Junior (1984), ao estabelecer critérios na seleção de mudas, relataram para *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus saligna* alturas oscilando entre 15 e 35 cm. Para Silveira *et al.* (2001), mudas de eucalipto que atingem altura média de 20-25 cm já estão prontas para a fase de rustificação, fase que antecede o plantio das mesmas no campo.

O crescimento em diâmetro de colo foi semelhante ao encontrado para altura em função das doses de P, apresentando comportamento quadrático (Figura 1). Daniel *et al.* (1997) também encontraram maiores valores de diâmetro de colo com aplicação de maiores doses de P em substrato ao trabalhar com *Acacia mangium* em Latossolo Roxo Distrófico. Os autores sugeriram, para esta espécie, a aplicação de no máximo 175 mg.dm<sup>-3</sup> de P se a intenção for produzir plantas com bom diâmetro de colo, não havendo a necessidade de se aplicar mais.

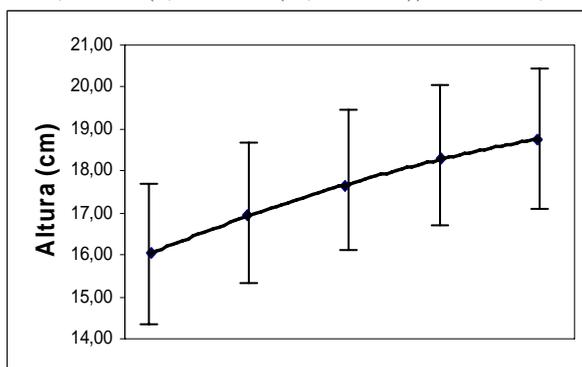
Ao contrário do observado no presente estudo, Gomes *et al.* (2003) verificaram em trabalho com *E. grandis* que a disponibilidade de fósforo não afetou nenhuma característica morfológica da muda. No entanto, os autores justificaram que o nível de fósforo no substrato (845 mg.dm<sup>-3</sup>), antes das adubações, já estava bem alto e, possivelmente, muito além dos críticos exigidos para o crescimento.

A aplicação de fósforo teve um efeito positivo no PMST até a dose de 400 mg.dm<sup>-3</sup>, encontrando neste, seu valor máximo de acúmulo de matéria seca. Geralmente, a adubação fosfatada promove efeitos positivos no peso de matéria seca das plantas na fase inicial de crescimento e, de acordo com Gomes (2001), principalmente quando em mistura com o substrato, devido a sua imobilidade e a sua fixação. Outros autores verificaram também o efeito das aplicações de P, promovendo acréscimos no peso de matéria seca total em mudas de *E. grandis*, *E. pellita* e *E. tereticornis* (Rocha e Braga, 1982) e em mudas de *Acacia mangium* (Daniel *et al.*, 1997). No entanto, o PMST apresentou queda em seus valores no mais alto nível de fertilização com P. Segundo

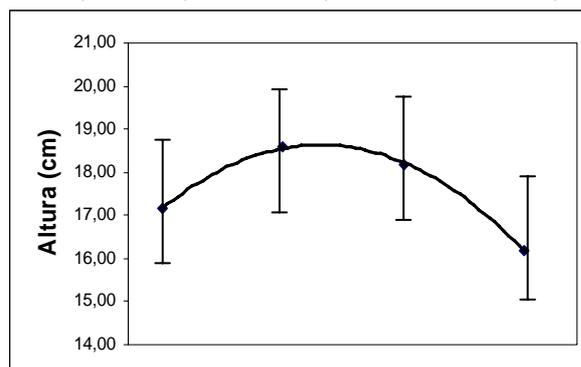
Loneragan *et al.* (1966), a queda na produção de matéria seca, no mais alto nível de fertilização, pode estar associada à toxicidade causada pelo fósforo. Este efeito foi observado por Furtini Neto *et al.* (1996) em mudas de várias espécies de *Eucalyptus*.

Quanto à relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raiz em função das doses de P, não houve diferenciação entre os tratamentos, pois tanto o crescimento da parte aérea como do sistema radicular entre os tratamentos foram similares (Quadro 4).

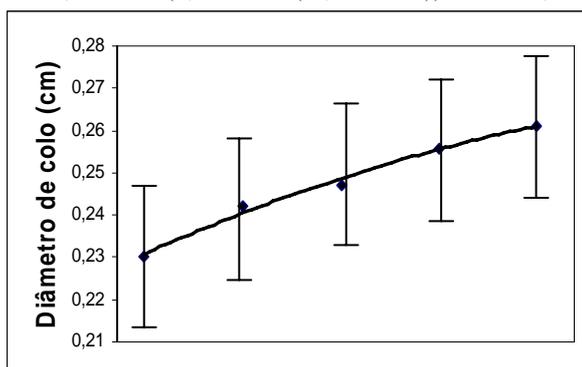
$$Y = 4,8741 * (4,2877 - e^{(-0,002821x)}) \quad R^2 = 0,27$$



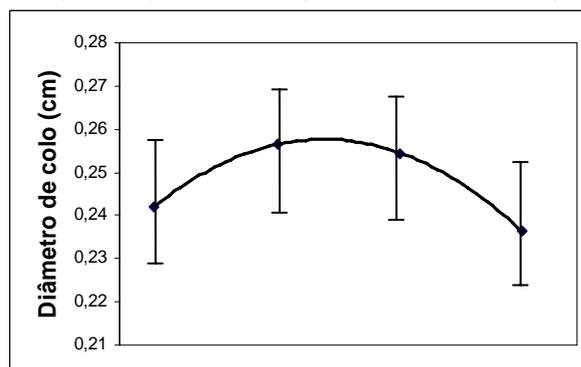
$$Y = 17,1721 + 0,006425x - 0,000007041x^2 \quad R^2 = 0,25$$



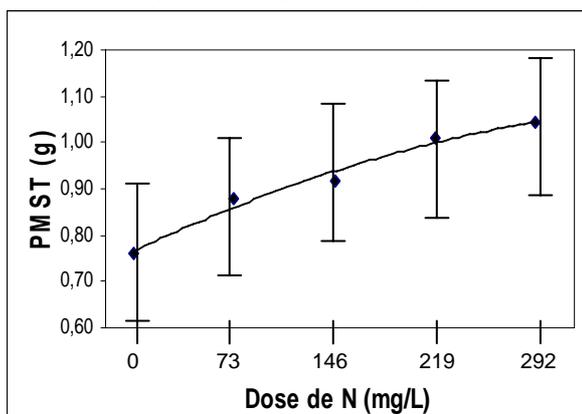
$$Y = 0,05074 * (5,5494 - e^{(-0,003222x)}) \quad R^2 = 0,27$$



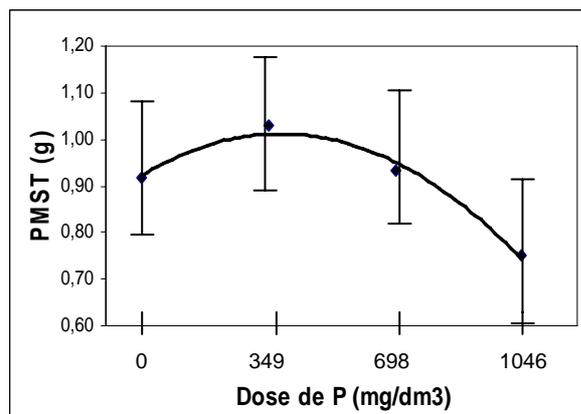
$$Y = 0,242 + 0,0000657x - 0,0000000672x^2 \quad R^2 = 0,16$$



$$Y = 0,4441 * (2,7162 - e^{(-0,003464x)}) \quad R^2 = 0,30$$



$$Y = 0,9252 + 0,0003937x - 0,0000004927x^2 \quad R^2 = 0,17$$



**Figura 1** – Valores de altura, diâmetro de colo e peso de matéria seca total (PMST) em mudas de eucalipto aos 42 dias de idade após estaqueamento, em função de doses de N e P (dados dos 3 clones). As barras representam o intervalo de confiança e os pontos correspondem às médias.

**Quadro 4** – Distribuição do peso de matéria seca das mudas aos 42 dias em função das doses de N e P para os três clones avaliados

Clones	Compartimento da muda	Distribuição do Peso da Matéria Seca (%)				
		Tratamentos				
		N1	N2	N3	N4	N5
386	Parte Aérea	67	68	70	72	73
	Raiz	33	33	33	33	33
1213	Parte Aérea	69	70	74	76	77
	Raiz	31	30	26	24	23
3837	Parte Aérea	69	71	72	73	75
	Raiz	31	29	28	27	25
		<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	
386	Parte Aérea	70	71	71	70	
	Raiz	30	29	29	30	
1213	Parte Aérea	73	73	73	73	
	Raiz	27	27	27	27	
3837	Parte Aérea	72	73	73	72	
	Raiz	28	27	27	28	

Obs.1: N1 (0 mg.L<sup>-1</sup>); N2 (73 mg.L<sup>-1</sup>); N3 (146 mg.L<sup>-1</sup>); N4 (219 mg.L<sup>-1</sup>) e N5 (292 mg.L<sup>-1</sup>).

Obs.2: P1 (0 mg.dm<sup>-3</sup>); P2 (349 mg.dm<sup>-3</sup>); P3 (698 mg.dm<sup>-3</sup>) e P4 (1046 mg.dm<sup>-3</sup>).

**Quadro 5** – Grupo de médias de altura, diâmetro de colo e peso de matéria seca total (PMST), em função das doses de N, definidos pelo teste Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Dose de N (mg . L <sup>-1</sup> )	Altura				Diâmetro de colo				PMST						
	Média (cm)	Grupo				Média (cm)	Grupo				Média (g)	Grupo			
		1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4
0	16,0	a				0,230	a				0,76	a			
73	17,0	a	b			0,245		b			0,88		b		
146	17,6		b	c		0,250		b	c		0,92		b	c	
219	18,3			c	d	0,255			c	d	1,01			c	d
292	18,8				d	0,260				d	1,04				d

## 3.2. Características nutricionais

### 3.2.1. Concentração de N e P foliar

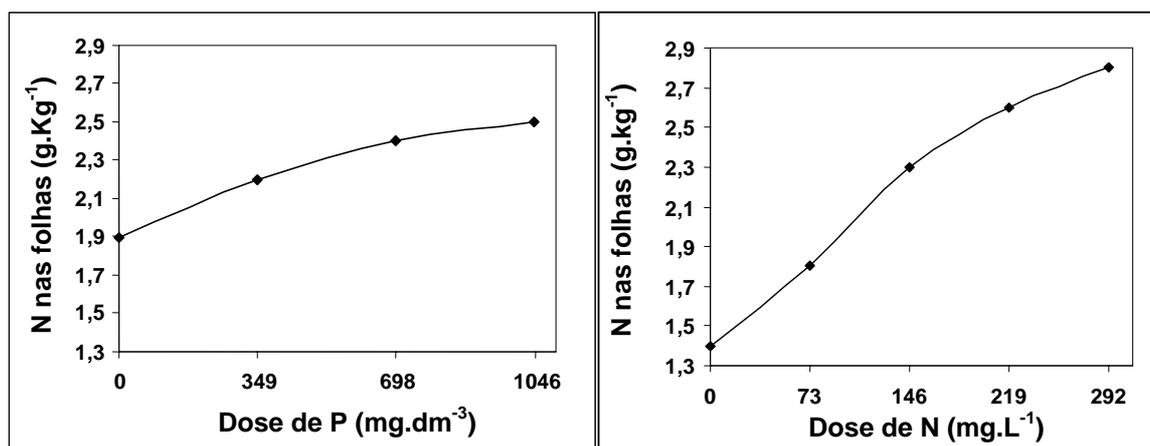
Maiores concentrações de N foliar foram encontradas nas maiores doses aplicadas, tanto de N quanto de P (Figura 2). As baixas concentrações de N foliar refletiram rapidamente na visualização dos sintomas de deficiência. No sétimo dia de permanência das mudas no estaleiro recebendo os tratamentos, já se observava nitidamente o “avermelhamento” das folhas no tratamento onde não se aplicou N. O mesmo foi relatado por Silveira *et al.* (2002) trabalhando com clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos 120 dias de idade, onde após 30 dias de ausência do nutriente resultou no avermelhamento total das folhas mais velhas. Sintomas semelhantes foram encontrados por Kaul *et al.* (1970), Rocha Filho *et al.* (1978) e Dell *et al.* (1995).

A tendência de crescimento para o N foliar em função das aplicações de P foi a mesma observada por Neves *et al.* (1990). Os autores relataram que a resposta das mudas ao nitrogênio são dependentes, em grau variável, de um adequado suprimento de fósforo. Da mesma forma, Guimarães *et al.* (1959) observaram resposta positiva ao nitrogênio apenas quando o fósforo foi aplicado ao substrato de crescimento em mudas de *E. saligna* e *E. camaldulensis*.

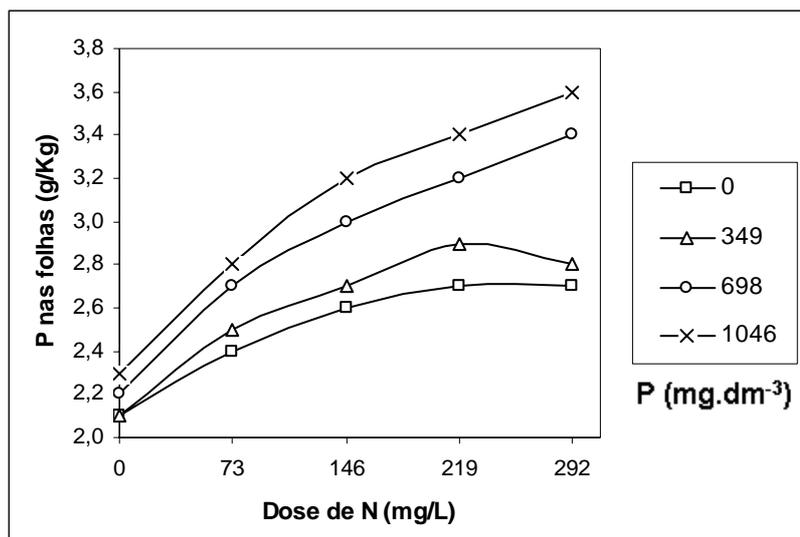
De acordo com a Figura 3, observa-se que a concentração de P nas folhas aumenta com o aumento da dose de N, porém esta tendência é limitada quando o P não foi aplicado em substrato ( $0 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) ou quando se aplicou  $349 \text{ mg.dm}^{-3}$ . Estes resultados evidenciam a necessidade de uma quantidade ótima de fósforo a ser aplicada para que a fertilização nitrogenada possa atuar de forma plena na absorção do próprio P.

Normalmente, verifica-se maiores valores de P foliar quando realizada a fertilização nitrogenada. Em plantas forrageiras, Noller e Rhykerd (1974) verificaram ao aplicar nitrogênio, maiores concentrações de fósforo na massa seca das plantas, sendo que, quando aplicado na forma de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), os valores de P foliar foram maiores do que quando aplicados na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). O comportamento diferenciado para cada forma empregada é devido ao balanço entre cátions e ânions. Por outro lado, Higashi *et al.* (2002), avaliando os efeitos das doses de nitrogênio nas concentrações dos nutrientes em minicepas de clones de *Eucalyptus* produzidas no sistema de minijardim clonal verificaram que a concentração de P foliar não foi influenciada pela dose de N na solução.

As duas maiores doses de P proporcionaram as maiores concentrações de P foliar e, ao mesmo tempo, um efeito depressivo nos valores de altura, diâmetro de colo e PMST. Segundo Furtini Neto *et al.* (1996), algumas espécies parecem não apresentar mecanismo efetivo para evitar “consumo de luxo” de P, levando à toxicidade. De acordo com Loneragan *et al.* (1966), se a concentração de P na matéria seca da parte aérea excede a  $8 \text{ g.Kg}^{-1}$ , podem ser observados sintomas de toxicidade em certas plantas, enquanto outros trabalhos delimitaram esta concentração em  $10 \text{ g.Kg}^{-1}$  (Asher e Loneragan, 1967). No presente estudo, a concentração foliar de P alcançou  $3,6 \text{ g.Kg}^{-1}$  na maior dose de P aplicada, bem abaixo das concentrações consideradas como tóxicas. Para Herbert (1990), pode ser esperado nas fertilizações com fósforo, nenhum efeito ou efeito negativo nas plantas quando o status de nitrogênio em solo/substrato é baixo, devido ser a absorção de fósforo altamente influenciada pelo suprimento de nitrogênio.



**Figura 2** – Concentração média de N foliar em função de doses de fósforo (P) aplicadas em substrato e de nitrogênio aplicadas na ferti-irrigação (dados dos três clones).



**Figura 3** – Concentração média de P foliar em função de doses de fósforo (P) aplicadas em substrato e de nitrogênio aplicadas na ferti-irrigação (dados dos três clones).

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados, concluiu-se para o presente ensaio:

a) O nitrogênio tem efeito positivo no crescimento e qualidade de mudas de eucalipto, sendo a dose  $219 \text{ mg.L}^{-1}$  de nitrogênio a recomendada durante a fase de crescimento para os três clones avaliados.

b) O fósforo em substrato tem efeito positivo no crescimento e qualidade das mudas até determinada dose que, a partir de então, tem influência negativa. Doses de fósforo variando de 400 a  $489 \text{ mg.dm}^{-3}$  são as recomendadas para a fertilização do substrato para os três clones avaliados.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHER, C. J.; LONERAGAN, J. F. Response of plants to phosphate concentration in solution culture: Growth and phosphorus content. **Plant and soil**, v.103, p.225-233, 1967.

BARROS, N. F.; BRANDI, R. M.; COUTO, L. Efeitos de recipientes na sobrevivência e no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* no viveiro e no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 2, n. 2, p. 141-151, 1978.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Interpretação de análises químicas de solo para o crescimento de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 38-44, 1982.

BROWER, R. Nutritive influences on the distribution of dry matter in the plant. Netherlands in the plants. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.10, n.5, p.399-408, 1962.

CURVE EXPERT. **A curve fitting system for Windows**. Disponível em <<http://curveexpert.webhop.biz/>>. Acesso em: 01 dez. 2007.

DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T.; ALOVISI, A.A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A.M.; PINHEIRO, E.R. e SOUZA, E.F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* WILLD. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.21, n.2, p.163-168, 1997.

DEL QUIQUI, E. M.; MARTINS, S. S.; PINTO, J. C.; PARAZZI, P. J. A.; MUNIZ, A. S.; Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas sob condições de diferentes fontes de fertilizantes. **Acta Scientiarum. Agronomy** Maringá, v.26, n.3, p.293-299, 2004.

DELL, B.; MALAJCZUK, N.; GROVE, T.S. **Nutrients disorders in plantation eucalypts**.

Camberra: Australian Center for International Agriculture Research, 1995. 104 p.

DIAS, L. E.; ALVAREZ, V. H.; BRIENZA Jr., S. Formação de mudas de *Acacia mangium*: I. Resposta a calcário e fósforo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990. Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990.

EPSTEIN, E. **Nutrição Mineral de Plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: EDUSP, 1975. 341p.

FURTINI NETO, A. E.; BARROS, N. F.; GODOY, M. F.; NOVAIS, R. F. Eficiência nutricional de mudas de *Eucalyptus* em relação a fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.20, n.1, p.17-28, 1996.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de N-P-K.** 2001. 166f.. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; Garcia, S. L. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v.27, n.2, p.113-127, 2003.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. P. **Viveiros Florestais (propagação sexuada).** Viçosa: UFV, 2004, 116p. (Caderno didático 72).

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações agronômicas**, Piracicaba, SP, n. 95, 16 p. , 2001.

GUERREIRO, C. A.; COLLI JUNIOR, G. Controle de qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. na Champion Papel e Celulose S. A. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: **Métodos de Produção e controle de qualidade de sementes e mudas florestais**, 1984, Curitiba: UFPR/FUPEF, 1984, p.127-133.

GUIMARÃES, R. F.; GOMES, F. P.; MALAVOLTA, E. Adubação em “torrão paulista” de *Eucalyptus saligna* Sm. **Companhia Paulista de Estradas de Ferro**. 1959, 12 p. (Boletim 12).

HERBERT, M.A. Fertilizer site interactions on the growth and foliar nutrient levels of *Eucalyptus grandis*. **Forest Ecology Manage**, v.30, p.247–257, 1990.

HIGASHI E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. **IPEF**, 2002. (Circular técnica 194).

KAUL, O. N.; SRIVASTAVA, P. B. L.; TANDON, V. N. Nutrition studies on *Eucalyptus*:  
IV. diagnoses of mineral deficiencies in *Eucalyptus globulus* seedlings. **Indian Forester**, New Delhi, v. 96, n. 6, p. 453-456, June 1970.

KOZLOWSKI, T. T., KRAMER, P. J., PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants.** New York: Academic Press, 1991. 657p.

LELES, P.S.S., CARNEIRO, J. G. A., BARROSO, D. G., MORGADO, I. F. Qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em blocos prensados e em tubetes. **Revista Árvore**. v.24, n.1, p.13-20, 2000.

LONERAGAN, J. F.; CARROL, M. D.; SNOWBALL, K. Phosphorus toxicity in cereal crops. **Journal of Australian Institute of Agricultural Science**, v.32, p.221-223, 1966.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; LEITE, F. P.; SOUZA, F. L. Variáveis climáticas associadas à incidência de mofo-cinzento em eucalipto. **Fitopatologia brasileira**, Brasília, v.31, n.2, mar./abr. 2006.

- MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N.; GOMES, J. M.; NEVES, J. C. L.; Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Scientia Forestalis**, n. 7, p.77-85, agosto, 2006.
- MOREIRA, F.M.S.; MOREIRA, F.W. Característica de germinação de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v.26, n.1/2, p.3-16, 1996.
- NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F.; Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG, 1990, p.100-124.
- NOLLER, C. H.; RHYKERD, C. L. Relationship of nitrogen fertilization and chemical composition of forage to animal health and performance. In: MAYS, D. A. **Forage fertilization**. (Ed.). Madison: American Society of Agronomy, 1974. cap.17, p.363-387.
- NOVAIS, R.F.; GOMES, J.M.; ROCHA, D. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). **Revista Árvore**, Viçosa, v.3, p.121-134, 1979.
- PAIVA, H. N. de; GOMES, J. M. **Viveiros florestais**. Viçosa, MG: UFV, 1993. 56p.
- ROCHA, D.; BRAGA, J. M. Adubação fosfatada em eucaliptos no viveiro. 1. Interação entre espécies de eucaliptos e fontes de fósforo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: 1982. p.455-459.
- ROCHA FILHO, J. V.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. Deficiência de macronutrientes, boro e ferro em *Eucalyptus urophylla*. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 35, n. 1, p. 19-34, 1978.
- SILVA, M. R.; KLAR, A. E.; PASSOS, J. R. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden). **Irriga**, Botucatu, SP, v.9, n.1, p.31-40, jan./abril 2004.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja o doutor do seu eucalipto. **Informações Agronômicas**, n.93, p.1-32, março 2001 (Potafós – encarte técnico).
- SILVEIRA, R. L. V. A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E. N.; SGARBI, F.; BRANCO, E. F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *eucalyptus grandis* com *eucalyptus urophylla*. **Cerne**, Piracicaba, SP, v. 8, n.2, p.107-116, 2002.
- STATSOFT INC. **Statistica data analysis system version 8.0**. Tulsa: Statsoft Inc., 2008.

WILKINSON, S. R.; LANGDALE, G. W. Fertility needs of the warm-season grasses. In: MAYS, D. A. **Forage fertilization** (Ed.). Madison: American Society of Agronomy, 1974. cap.6, p.119-145.

## CAPÍTULO 2 – EFEITO DO POTÁSSIO NA FASE DE RUSTIFICAÇÃO DE MUDAS CLONAIIS DE EUCALIPTO

### RESUMO

Dentro da questão de qualidade e nutrição de mudas de eucalipto, a aplicação de K está muitas vezes relacionada ao processo de rustificação, que tem por objetivo adaptar a muda às condições de plantio no campo. Neste sentido, este experimento foi conduzido visando avaliar o efeito do potássio na qualidade de mudas de três clones de *Eucalyptus* spp. O experimento foi instalado no viveiro de mudas da empresa CENIBRA, avaliando o efeito da adubação potássica durante a fase de rustificação. As características avaliadas foram: altura da parte aérea, o incremento em diâmetro de colo, a relação altura da parte aérea/diâmetro de colo, a concentração de K nas folhas assim como a relação N/K no mesmo tecido. A aplicação de potássio na fase de rustificação proporcionou, até determinada dose, maiores incrementos no diâmetro de colo para os três clones avaliados, já para altura não se verificou influência. A ausência de potássio resultou nos maiores valores da relação altura : diâmetro de colo (RHDC) para os três clones avaliados, ao passo que mudas que receberam tratamentos onde o K foi aplicado, a relação apresentou valores menores e semelhantes. A aplicação de doses crescentes de K resultou em maiores concentrações foliares do mesmo nutriente. Todos os tratamentos apresentaram valores da relação N/K dentro do considerado adequado, exceto na maior dose de K aplicada. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que, durante a fase de rustificação, a adubação potássica é recomendável, sendo indicada a dose 249 mg.L<sup>-1</sup> de K por proporcionar os maiores valores em incremento de diâmetro de colo.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre outros fatores de natureza silvicultural, a nutrição de mudas, desponta como um dos principais responsáveis pela obtenção de maior produtividade e qualidade das mesmas, além de maior economicidade no processo de sua produção (Neves *et al.*, 1990). A fertilização mineral afeta o desenvolvimento e a qualidade de mudas de espécies florestais ao permitir uma melhor adaptação e conseqüente sobrevivência após o plantio no campo (Carneiro, 1995).

Dentro do processo de produção de mudas de eucalipto, a fase de rustificação trata de preparar a muda fisiologicamente para o plantio e as primeiras semanas que o sucedem. Neste período, as mudas deverão resistir ao estresse provocado pelas atividades de plantio (falta de água, retirada dos tubetes, transporte). Antes da expedição, durante a rustificação, normalmente se efetuam até três fertirrigações diárias, priorizando formulações com uma reduzida relação N/K, visto ser esta fase extremamente crítica e refletir diretamente na qualidade final das mudas (Alfenas *et al.*, 2004). Segundo Gomes e Couto 1984, para que a muda seja considerada apta para ser levada ao campo, deve ser sadia e ter grau de resistência que lhe permita sobreviver às condições adversas do meio.

Em mudas de eucalipto, aspecto ainda carente de informações vem a ser o efeito que a fertilização potássica pode proporcionar na resistência das mudas aos vários ciclos de umedecimento e secagem a elas impostos usualmente no viveiro para estimular o “endurecimento” e, conseqüentemente, maior sobrevivência e resistência quando do transplântio para o campo, especialmente em períodos de seca (Barros *et al.*, 1990). Plantas deficientes em potássio apresentam menor turgor, pequena expansão celular, maior potencial osmótico e abertura e fechamento dos estômatos de forma irregular (Malavolta *et al.*, 1997).

O potássio não faz parte de nenhum composto orgânico, não desempenhando função estrutural na planta. Este macronutriente atua na ativação de aproximadamente 50 enzimas, destacando-se as sintetases, oxiredutases, desidrogenases, transferases, quinases e aldolases (Marschner, 1995). O potássio é o principal íon presente no vacúolo das células relacionado ao ajustamento osmótico, logo é importante na manutenção do turgor, principalmente sob condições de baixo potencial hídrico (Bourne *et al.*, 1988). Silveira e Malavolta (2000) destacam a importância do K, relatando que plantas bem nutridas com este nutriente são mais resistentes a secas e geadas, em razão da maior retenção de água.

Com base no exposto acima, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do potássio na qualidade e nutrição de mudas de três clones de *Eucalyptus* spp. durante a fase de rustificação.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no viveiro de mudas da Celulose Nipo-Brasileira S. A. – CENIBRA em Belo Oriente - MG. O município localiza-se na região do Vale do Rio Doce, com clima do tipo Cwa (subtropical, chuvoso e mesotérmico), segundo a classificação de Köppen. Apresenta precipitação média anual de 1.233 mm. Temperatura média anual de 21°C, com máxima média de 27°C e mínima média de 14°C. O viveiro de mudas localiza-se na latitude 19°17'49" sul, longitude 42°23'26" oeste e, altitude de 233 m (Mafia *et al.*, 2006).

Todos os procedimentos de análise química e pesagem de material vegetal foram realizados no laboratório de solos e análise de plantas da mesma empresa.

Foram utilizadas miniestacas oriundas de três clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* cultivados em minijardim clonal em leito de areia. Os clones utilizados foram o 386, o 1213 e o 3837.

### 2.1. Recipiente e substrato

O estaqueamento foi realizado em substrato acondicionado em tubetes plásticos com dimensões de 12,5 cm de comprimento, 2,7 cm de diâmetro da abertura superior, 0,9 cm de diâmetro de abertura inferior e volume de 50 cm<sup>3</sup>, com seis estrias internas. Como suporte para os tubetes foram utilizadas bandejas com dimensões de 58,9 cm x 38,6 cm com capacidade para 176 mudas. O substrato utilizado foi vermiculita e casca de arroz carbonizada na proporção de 1:1, em volume.

### 2.2. Estrutura física

As mudas iniciaram enraizamento em casa vegetação, permanecendo por 18 dias. Após este período foram transferidas para casa de sombra permanecendo nesta estrutura por mais 6 dias. Na próxima etapa, o crescimento das mesmas realizou-se em mesas rolantes recebendo a fertirrigação pelo sistema de subirrigação e aspersão por 44 dias. E por fim, permaneceram por mais 20 dias no estaleiro, onde os tratamentos com K via água foram realizados.

Até o 68º dia, antes das mudas chegarem ao estaleiro, todas receberam as mesmas adubações. A partir desta data, aplicaram-se as cinco doses de potássio até o 88º dia, quando o experimento foi finalizado.

### 2.3. Adubações

A concentração de nutrientes e fontes utilizadas na adubação de substrato para todos os tratamentos encontra-se no Quadro 1.

A concentração de nutrientes e fontes utilizadas na fertirrigação de mudas em casa de sombra e no sistema de subirrigação para todos os tratamentos encontra-se no Quadro 2.

**Quadro 1** - Concentração de nutrientes e fontes utilizadas na adubação de substrato de enraizamento.

Nutrientes	Substrato de enraizamento
	mg de nutriente por litro
<b>P</b> (super fosfato simples)	698,0
<b>N</b> (sulfato de amônio)	146,0
<b>K</b> (cloreto de potássio)	99,0
<b>S</b>	176,0
<b>B</b> (ácido bórico)	4,9
<b>Cu</b> (sulfato de cobre)	5,6
<b>Mn</b> (sulfato de manganês)	5,1
<b>Zn</b> (sulfato de zinco)	6,0

**Quadro 2** - Concentração de nutrientes e fontes utilizadas na fertirrigação de mudas em casa de sombra e subirrigação.

Nutrientes	Casa de sombra	Subirrigação
	mg de nutriente por litro	
<b>N</b> (nitrato de cálcio)	56	146
<b>P</b> (ácido fosfórico)	42	108
<b>K</b> (cloreto de potássio)	87	225
<b>Ca</b>	49	127
<b>Mg</b> (sulfato de magnésio)	61	159
<b>S</b>	20	53
<b>B</b> (ácido bórico)	0,80	2,1
<b>Cu</b> (sulfato de cobre)	0,19	0,5
<b>Fe</b> (sulfato ferroso)	3,50	9,0
<b>Mn</b> (sulfato de manganês)	0,80	2,0
<b>Mo</b> (molibdato de sódio)	0,04	0,11
<b>Zn</b> (sulfato de zinco)	0,11	0,28

#### 2.4. Tratamentos

Os tratamentos consistiram em quatro doses de potássio mais uma testemunha que recebeu apenas água. Foram quatro repetições por tratamento, sendo que cada repetição continha 16 mudas. As doses utilizadas foram:

K1 – 0 mg . L<sup>-1</sup> de K (testemunha);

K2 – 249 mg . L<sup>-1</sup> de K;

K3 – 747 mg . L<sup>-1</sup> de K;

K4 – 1494 mg . L<sup>-1</sup> de K;

K5 – 2988 mg . L<sup>-1</sup> de K.

A fonte de potássio utilizada foi o cloreto de potássio (58% K<sub>2</sub>O).

Ao final do dia, quando as irrigações via aspersão eram suspensas, realizava-se a aplicação do KCl com auxílio de regador sendo aplicado quatro litros da solução nutritiva por tratamento.

## **2.5. Características avaliadas**

Foram avaliadas características nutricionais (concentrações foliares) e as características morfológicas altura da parte aérea, incremento em diâmetro de colo e a relação altura da parte aérea/diâmetro de colo (RHDC). Os instrumentos utilizados nas determinações foram: régua e paquímetro (precisão de 0,05 mm). Considerou-se como altura da parte aérea o comprimento entre a base do caule em contato com a superfície do substrato e a base do par de folhas mais jovem.

As medições do diâmetro de colo das mudas foram realizadas em duas ocasiões, com a finalidade de utilizar os dados da diferença de crescimento das mudas (incremento) em resposta aos tratamentos de K em um período de 20 dias:

1º) No 68º e 69º dia e;

2º) No 87º e 88º dia.

No 88º dia realizou-se a coleta do material vegetal para a pesagem e análise química das folhas.

Para a análise química foram colhidos os penúltimos e os antepenúltimos pares de folhas recém maduras.

## **2.6. Delineamento estatístico e análise de dados**

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado. O experimento foi composto por 5 tratamentos (5 doses de K) com quatro repetições.

Foram utilizados os softwares Estatística 8.0 (Statsoft inc., 2008) e Curve Expert (Curve Expert, 2007) para a análise dos dados de altura e incremento em diâmetro de colo, sendo os dados dessas variáveis submetidos à análise de variância e, quando foi possível, a análise de regressão.

Utilizou-se a análise estatística descritiva dos dados para os dados da relação altura da parte aérea/diâmetro de colo, devido à presença de heterocedasticidade ou não observância da distribuição normal dos erros. Para a concentração de K foliar foi realizada uma análise de regressão, sendo ajustado um modelo de crescimento.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resumo das análises de variância para as características morfológicas altura da parte aérea e incremento em diâmetro de colo é apresentado no quadro 3.

**Quadro 3** - Resumo das análises de variância das características altura da parte aérea e incremento em diâmetro de colo de mudas aos 88 dias de idade em função de doses de K para três clones de eucalipto.

FV	GL	Quadrado médio	
		Altura	Incremento em diâmetro de colo
Clone	2	82,24 *	0,039585 *
Dose (K)	4	6,33 ns	0,137221 *
Clone x K	8	8,35 ns	0,002046 ns
Resíduo	45	4,31	0,011408
Total	59		

\*  $P < 0,05$ .

Os resultados da análise de variância apresentados no Quadro 3 mostraram que o fator dose de K influenciou apenas no incremento em diâmetro de colo. Não houve significância estatística na interação Clone x K. Deste modo, foram utilizados os dados dos três clones conjuntamente para a análise de regressão no incremento em diâmetro de colo.

Provavelmente, a não influência das doses de K nos valores de altura foi devido às mudas já se encontrarem na fase de rustificação. Nesta fase, a muda em tubete já passou pela fase de crescimento rápido, pois o tamanho da embalagem e, conseqüentemente, a quantidade de substrato e outros nutrientes são limitantes. Silva *et al.* (2004) ressalta que a fase de rustificação não tem por objetivo o desenvolvimento da muda e sim, a aclimação para as condições de campo. No entanto, durante a fase de crescimento, período que antecede a rustificação, o nutriente se mostra importante para a característica altura. Em estudo realizado por Brandi *et al.* (1982) avaliando efeito de macronutrientes no crescimento inicial de *Eucalyptus* spp, foi observado grande redução nos incrementos em altura para *E. paniculata* na ausência de K.

Segundo Gomes *et al.* (2003), apesar de ainda existirem controvérsias sobre o tamanho de mudas de eucalipto, considera-se que elas poderiam estar prontas para serem plantadas com altura variando de 20 a 35 cm. Dessa forma, independente do tratamento, a altura atingida por todos os clones atendeu ao padrão estabelecido para plantio (Quadro 4).

**Quadro 4** – Média das alturas alcançadas por mudas de eucalipto aos 88 dias de idade em função das doses de K para os clones 386, 1213 e 3837 durante a fase de rustificação.

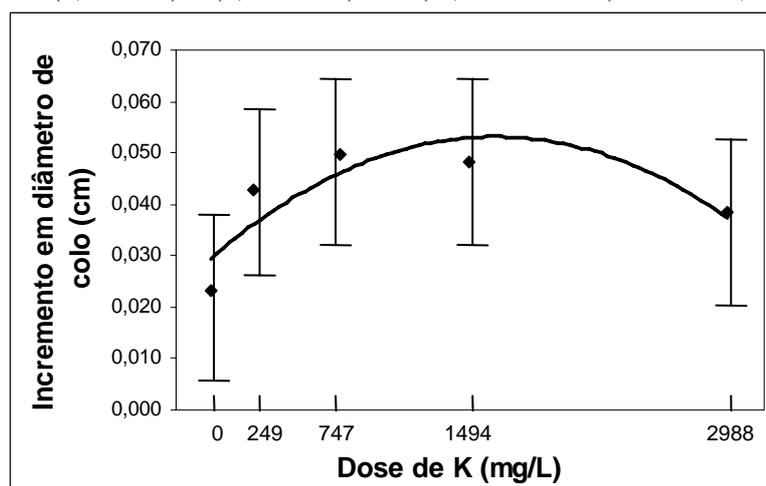
Tratamento	Altura média (cm)		
	Clone 386	Clone 1213	Clone 3837
<b>K1</b>	31	30	28
<b>K2</b>	33	28	30
<b>K3</b>	32	31	27
<b>K4</b>	34	31	29
<b>K5</b>	33	28	31

Obs.: K1 (0 mg.L<sup>-1</sup>); K2 (249 mg.L<sup>-1</sup>); K3 (747 mg.L<sup>-1</sup>); K4 (1494 mg.L<sup>-1</sup>) e K5 (2988 mg.L<sup>-1</sup>).

A tendência de crescimento observada para o incremento em diâmetro de colo em resposta ao K foi melhor representada por equação quadrática, com elevação até a dose de 1655 mg.L<sup>-1</sup> de K, decrescendo a partir daí (Figura 1). Na mesma figura, observa-se que, para qualquer dose de potássio aplicada, os incrementos em diâmetro de colo foram superiores do que na sua ausência. Deste modo, a aplicação do potássio até determinada dose mostrou resultado positivo para esta característica, visto ser um maior diâmetro de colo um parâmetro desejável na avaliação da qualidade das mudas durante a fase de rustificação. Segundo Gomes e Paiva (2004), as mudas devem apresentar altos valores de diâmetro de colo para melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea. Este parâmetro é reconhecido como um dos melhores, senão o melhor indicador do padrão de qualidade de mudas (Moreira e Moreira, 1996) e, normalmente, é o mais observado para indicar a capacidade de sobrevivência da muda no campo (Daniel *et al.* 1997).

Considerando os resultados para o incremento em diâmetro de colo, dentre as doses de K aplicadas, a dose 249 mg.L<sup>-1</sup> seria a mais indicada, visto que, ao realizar um teste de contraste entre as médias, todos os tratamentos que receberam o K foram estatisticamente iguais, optando-se, portanto, pela menor (Quadro 5).

$$Y = (0,029502) + (0,0000288)*x + (-0,0000000087)*x^2 \quad R^2=0,33$$



**Figura 1** – Incremento em diâmetro de colo em função de doses de potássio avaliado durante 20 dias na rustificação (dados dos três clones). As barras representam o intervalo de confiança e os pontos correspondem às médias.

**Quadro 5** – Grupo de médias do incremento em diâmetro de colo em função das doses de K, definidos pelo teste Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Dose de K (mg . L <sup>-1</sup> )	Incremento em diâmetro de colo		
	Média (mm)	Grupo	
		1	2
<b>0</b>	0,20	a	
<b>249</b>	0,45		b
<b>747</b>	0,55		b
<b>1494</b>	0,50		b
<b>2988</b>	0,40		b

Segundo Silva (1998), tão importante quanto as características altura da parte aérea e diâmetro de colo isoladamente, é a relação entre eles. No presente ensaio, a ausência de potássio proporcionou os maiores valores da relação altura da parte aérea/diâmetro de colo (RHDC) para os três clones, ao passo que mudas que receberam tratamentos onde o K foi aplicado, a relação apresentou valores menores e semelhantes (Quadro 6). Este comportamento teve influência maior pela variação do diâmetro de colo do que pela própria altura.

Em trabalhos de pesquisa com espécies florestais, constatou-se que mudas com maior altura e maior diâmetro do colo apresentaram maior potencial de crescimento inicial no campo, entretanto, a RHDC quando correlacionado com a sobrevivência, tem

apresentado resultados contraditórios (Gomes e Paiva, 2004). Os mesmo autores relatam ser este um importante índice e quanto menor for o seu valor, maior será a capacidade de as mudas sobreviverem e se estabelecerem na aérea de plantio definitivo. Deste modo, verificou-se que a aplicação apenas de água durante a fase de rustificação – prática normalmente utilizada – não foi tão eficiente quando comparado aos tratamentos que receberam K, quando o interesse é se obter uma menor RHDC.

**Quadro 6** – Média da relação altura : diâmetro de colo (RHDC) aos 88 dias de idade em função das doses de K para os clones 386, 1213 e 3837 durante a fase de rustificação.

Tratamento	Relação altura : diâmetro de colo		
	Clone 386	Clone 1213	Clone 3837
<b>K1</b>	92	96	90
<b>K2</b>	83	83	81
<b>K3</b>	83	82	79
<b>K4</b>	84	83	78
<b>K5</b>	86	85	82

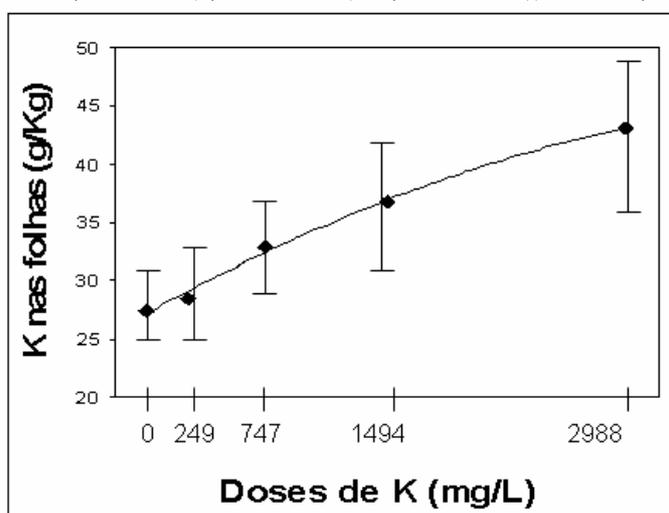
No presente ensaio, não se observou, visualmente, diferenciação no aspecto das plantas (tecido tenro ou “endurecido”) entre os tratamentos. No entanto, o aparecimento de folhas avermelhadas nas mudas que receberam potássio iniciou-se próximo aos 20 dias (final do período experimental). Já este “endurecimento” de mudas promovido pelo K foi evidenciado em experimento realizado por Carneiro (1995). O autor verificou que a presença deste nutriente em níveis crescentes proporcionou uma maior rustificação das mudas de espécies florestais e conseqüente aumento de suas resistências às condições adversas do meio. Gonçalves (1995) verificou também efeito positivo do nutriente, recomendando a realização de uma adubação contendo apenas o potássio no início da fase de rustificação por facilitar o engrossamento do caule.

A concentração de K foliar apresentou correlação positiva à aplicação de K para as mudas de eucalipto. Doses crescentes resultaram maiores concentrações foliares do mesmo nutriente, sendo um modelo de crescimento ajustado para tal comportamento (Figura 2). Gonçalves (1995) relatou que a fertilização potássica promove melhoria do status interno de K das mudas, fazendo com que elas sejam, fisiologicamente, mais capazes de regular suas perdas de água durante a fase de rustificação. Segundo Silveira e Malavolta (2000), plantas bem nutridas em K são mais resistentes a secas e geadas, em razão da maior retenção de água em seus tecidos.

Verifica-se na Figura 2 que as concentrações de K foliar para todos os tratamentos ficaram acima de 20 g.Kg<sup>-1</sup>, valor este sugerido como adequado por Silveira *et al.* (2001) para mudas de *E. grandis* dos 80 aos 100 dias de idade. Até mesmo o tratamento que não recebeu adubação potássica durante esta fase apresentou valores acima do sugerido. A explicação para tal fato está relacionada às maiores quantidades fornecidas de K durante a fase anterior à rustificação. De qualquer modo, apenas se verificou efeito negativo nas mudas a partir da dose estimada de 1655 mg.L<sup>-1</sup> de K, com queda dos valores de incremento de colo a partir daí (Figura 1).

No presente ensaio foi encontrado os seguintes valores para a relação N/K nas folhas para os tratamentos K1,K2,K3,K4 e K5, respectivamente: 0,8; 0,8; 0,7; 0,6 e 0,5 para o clone 386; 0,8; 0,8; 0,7; 0,6 e 0,5 para o clone 1213 e; 0,8; 0,7; 0,6; 0,6 e 0,5 para o clone 3837. Para Silveira *et al.* (2001), a relação N/K adequada nas folhas na fase inicial de crescimento está na faixa de 1,4 a 2,0, enquanto na fase de rustificação está entre 0,6 e 1,0. Deste modo, percebe-se que para todos os clones, independente do tratamento, os valores estiveram dentro da faixa do considerado adequado, a exceção do tratamento K5 (2988 mg/L).

$$Y = 27,290133 * (1,994967 - e (-0,00029489 x)) \quad R^2 = 0,77$$



**Figura 2** – Concentração de K foliar em função de doses de K aos 88 dias (dados dos três clones). As barras representam o intervalo de confiança e os pontos correspondem às médias.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que, durante a fase de rustificação, a adubação potássica é recomendável, sendo a dose  $249 \text{ mg.L}^{-1}$  de K a dose indicada por proporcionar os maiores valores em incremento de colo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 442p.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F., ed. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. p.127-186.

BOURNE, G. H.; JEON, K. W.; FRIEDLONGER, M. Potassium estimation uptake and its role in the physiology and metabolismo flowering plants. **International Review of Cytology**, v.110, p.205-254, 1988.

BRANDI, R. M., BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J. M. **Nutrição e dinâmica de elementos minerais em plantios de eucalipto no estado de Minas Gerais**. Relatório anual apresentado pela coordenação do contrato IBDF/UFV/SIF ao instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa-MG, 1982.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CURVE EXPERT. **A curve fitting system for Windows**. Disponível em <<http://curveexpert.webhop.biz/>>. Acesso em: 01 dez. 2007.

DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T.; ALOVISI, A.A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A.M.; PINHEIRO, E.R. e SOUZA, E.F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* WILLD. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.21, n.2, p.163-168, 1997.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; Produção de mudas de *Eucalyptus* spp. no estado de Minas Gerais – Evoluções e tendências. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS. UFP – Curitiba-PR, FUPEF, p.440-458, 1984.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; Garcia, S. L. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v.27, n.2, p.113-127, 2003.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. P. **Viveiros Florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: UFV, 2004, 116p. (Caderno didático 72).

GONÇALVES, J.L.M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e Espécies Típicas da Mata Atlântica. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. **Documentos Florestais**, n.15, 23 p., 1995.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; LEITE, F. P.; SOUZA, F. L. Variáveis climáticas associadas à incidência de mofo-cinzento em eucalipto. **Fitopatologia brasileira**, Brasília, v.31, n.2, mar./abr. 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press. 1995. 889p.

MOREIRA, F.M.S.; MOREIRA, F.W. Característica de germinação de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v.26, n.1/2, p.3-16, 1996.

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F.; Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG, 1990, p.100-124.

SILVA, M.R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex. Maiden) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação**. 1998. 105p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

SILVA, M. R.; KLAR, A. E.; PASSOS, J. R. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden). **Irriga**, Botucatu, SP, v.9, n.1, p.31-40, jan./abril 2004.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, SP, n.91, 12p., 2000.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja o doutor do seu eucalipto. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, SP, n.93, 32p., 2001.

STATSOFT INC. **Statistica data analysis system version 8.0**. Tulsa: Statsoft Inc., 2008.