

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ALEXANDRE COSTA DA SILVA**

**MANEJO DA FERTILIZAÇÃO NK EM PLANTIO DE *EUCALYPTUS*  
*UROPHYLLA* EM SOLO DE CERRADO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ALEXANDRE COSTA DA SILVA**

Engenheiro Agrônomo

**MANEJO DA FERTILIZAÇÃO NK EM PLANTIO DE *EUCALYPTUS*  
*UROPHYLLA* EM SOLO DE CERRADO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

**Orientador:** Prof. Dr. Salatiér Buzetti

**Co-orientador:** Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S586m Silva, Alexandre Costa da.  
Manejo da fertilização NK em plantio de Eucalyptus Urophylla em solo de cerrado / Alexandre Costa da Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2015  
58 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2015

Orientador: Salatier Buzetti

Co-orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Inclui bibliografia

1. Adubação. 2. Eucalyptus. 3. Macronutrientes.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

### **CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** MANEJO DA FERTILIZAÇÃO NK EM PLANTIO DE EUCALYPTUS UROPHYLLA EM SOLO DE CERRADO

**AUTOR:** ALEXANDRE COSTA DA SILVA

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

**CO-ORIENTADOR:** Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,  
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. PAULO HENRIQUE MULLER DA SILVA

Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

## **DEDICO**

Aos meus pais, Luiz Carlos e Marinalda, minha esposa Jussara e a toda minha família que não mediram esforços para me ajudar e me possibilitaram mais essa conquista.

## AGRADECIMENTOS

À meu orientador Prof. Dr. Salatier Buzetti, pelo apoio e orientação deste trabalho.

À meu co-orientador Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho pela ajuda e atenção durante todo o projeto de pesquisa.

Ao Rodolfo de Niro Gazola pela colaboração e ajuda em todos os momentos que precisei na elaboração deste projeto de pesquisa.

À Cargill Agrícola S/A, pela concessão da área experimental e ao Gilmar Valente Texeira por acreditar e permitir a elaboração deste projeto.

Ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF e ao Paulo Henrique Müller da Silva pelos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Mário Luiz Teixeira de Moraes por todas as sugestões.

A UNESP, Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, por ser minha escola durante todos esses anos.

**Muito Obrigado!**

“A tarefa não é tanto ver  
aquilo que ninguém viu,  
mas pensar o que ninguém  
ainda pensou sobre aquilo  
que todo mundo vê.”  
(Arthur Schopenhauer)

## RESUMO

A área plantada com eucalipto no estado do Mato Grosso do Sul continua em expansão, no entanto, os custos de produção tem aumentado, especialmente dos fertilizantes, reduzindo significativamente a rentabilidade dos produtores. Neste sentido, objetivou-se avaliar o crescimento do clone de eucalipto I-144 e seu estado nutricional em função da aplicação de doses de nitrogênio, fosforo e potássio e, parcelamento do N e K<sub>2</sub>O, em solo de textura arenosa no Cerrado, com baixos teores de P, K e matéria orgânica. O experimento foi conduzido na Fazenda Renascença, fundo agrícola administrado pela Cargill Agrícola S/A, localizado no município de Três Lagoas/MS. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram os seguintes: T1 (controle - sem adubação NPK); T2 (Dose padrão e parcelamento de N e K<sub>2</sub>O em 3 aplicações); T3 (Dose reduzida com parcelamento de N e K<sub>2</sub>O em 2 aplicações); T4 (Dose padrão com parcelamento de N e K<sub>2</sub>O em 2 aplicações); T5 (Dose reduzida com parcelamento de N e K<sub>2</sub>O em 1 aplicação) e T6 (Dose padrão com parcelamento de N e K<sub>2</sub>O em 1 aplicação). Foram avaliados o diâmetro à altura do peito (DAP), a altura de plantas, o volume de madeira com casca e determinadas às concentrações de macronutrientes nas folhas e no solo. A não fertilização do eucalipto resulta na redução do crescimento das plantas. O desenvolvimento do eucalipto clone I-144 aos 36 meses de idade não difere para doses e parcelamento de N e K<sub>2</sub>O.

**Palavras-chave:** Adubação. *Eucalyptus*. Macronutrientes.

## ABSTRACT

The planted area of eucalyptus in Mato Grosso do Sul continues to expand; however, production costs have increased, especially fertilizer, thus, reducing the profitability of producers. In this context, it was aimed to evaluate the growth of eucalyptus clone I-144 and its nutritional status according to the application of nitrogen, phosphorus and potassium and split-application of N and K<sub>2</sub>O, in sandy soil in Cerrado, with low rates of P and K. The experiment was performed at the Renascença Farm, agricultural fund managed by Cargill Agrícola S/A, located in Três Lagoas/MS. It was arranged in a randomized complete blocks experimental design with six treatments and five replications. The treatments were the following: T1 (control - without NPK); T2 (standard rate, the split-application of N and K<sub>2</sub>O, in 3 applications); T3 (reduced rate, the split-application of N and K<sub>2</sub>O, in 2 applications); T4 (standard rate, the split-application of N and K<sub>2</sub>O, in 2 applications); T5 (reduced rate of N and K<sub>2</sub>O, in 1 application) and T6 (standard rate of N and K<sub>2</sub>O, in 1 application). It was evaluated the diameter at breast height (DBH), the plant height, the volume of wood with bark and certain macronutrient concentration in the leaves and soil. The eucalyptus without fertilization results in reduced growth of the plants. The development of the eucalyptus clone I-144 after 36 months old does not differ for rates and split-application of N and K<sub>2</sub>O.

**Keywords:** Fertilization. *Eucalyptus*. Macronutrients.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Precipitação pluvial mensal (mm) registrada na Estação Meteorológica Três Lagoas/MS, 2012/15

30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise granulométrica do solo da área experimental. Três Lagoas/MS, 2011.	29
Tabela 2 – Análise química inicial do solo. Três Lagoas/MS, 2011.	30
Tabela 3 – Quantidade parcial e total de nutrientes aplicados nos tratamentos. Três Lagoas/MS, 2012/2013.	33
Tabela 4 – Diâmetro à altura do peito (DAP), altura e volume total de madeira com casca do eucalipto, aos 12, 18, 24, 30 e 36 meses de idade, em função de tratamentos com diferentes doses e parcelamento de fertilização. Três Lagoas/MS, 2012/15.	38
Tabela 5 – Contrastes de interesse para o volume total de madeira com casca do eucalipto, aos 12, 18, 24, 30 e 36 meses de idade, em função de tratamentos com diferentes doses e parcelamento de fertilização. Três Lagoas/MS, 2012/15.	40
Tabela 6 – Concentrações de macronutrientes nas folhas de eucalipto aos 12, 18, 24 e 36 meses de idade em função de tratamentos com diferentes doses e parcelamento da fertilização. Três Lagoas/MS, 2012/2015.	43
Tabela 7 – Teores de macronutrientes na linha e entre linha das plantas de eucalipto aos 36 meses de idade, nas profundidades de 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m em função de tratamentos com diferentes doses e parcelamento de fertilização. Três Lagoas/MS, 2012/15.	46

## SÚMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	15
2.1	CULTURA DO EUCALIPTO	15
2.2	NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO NA CULTURA DO EUCALIPTO	17
2.2.1	Nitrogênio	17
2.2.2	Fósforo	19
2.2.3	Potássio	23
2.3	CLONE I-144 ( <i>Eucalyptus urophylla</i> )	26
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	29
3.1	LOCAL E CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	29
3.2	DESCRIÇÕES DAS PRÁTICAS SILVICULTURAIS	31
3.2.1	Implantação	31
3.2.2	Manutenção (2012)	31
3.2.3	Manutenção (2013)	32
3.2.4	Manutenção (2014)	32
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	32
3.4	AVALIAÇÕES	33
3.4.1	Avaliação do crescimento: inventários	33
3.4.2	Concentrações dos nutrientes nas folhas	34
3.4.3	Avaliação da fertilidade do solo	34
3.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	36
4.1	ALTURA, DAP E VOLUME DE MADEIRA COM CASCA	36
4.2	CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS	42
4.3	AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO	45
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	48
	<b>REFERÊNCIAS</b>	49

## 1 INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado, com solos pobres e deficiência hídrica em parte do ano, tem sido amplamente utilizado para o plantio de eucalipto (ALVES, 2011). Esses solos caracterizam-se por apresentar elevado grau de intemperização que conseqüentemente possuem altos teores de óxidos de Fe e Al e reação ácida, com isso sua permeabilidade e capacidade de fixação de P são elevadas. Além de baixa saturação por bases e baixos teores de matéria orgânica (M.O.), a ação antrópica nesses solos com o depauperamento por longos anos proporcionado pela pecuária extensiva, modificou suas propriedades químicas, com esgotamento dos nutrientes sem sua devida reposição, o que influencia negativamente a produtividade do povoamento recém florestado.

As espécies de eucaliptos são consideradas exigentes em nutrientes. O seu acúmulo no tronco e na parte aérea total segue a seguinte ordem:  $N > Ca > K > Mg > P$  (ANDRADE et al., 2006; FARIA et al., 2008). Benatti (2013) constatou em clones de eucalipto, aos seis anos e meio de idade, a seguinte sequência:  $Ca > N > K > Mg > P$ , no entanto, o autor ressaltou que a quantidade de Ca e N acumulada foi praticamente semelhante.

Assim a aplicação de fertilizantes torna-se essencial para suprir a exigências do eucalipto, manter produção adequada da floresta e evitar o esgotamento dos nutrientes do solo.

O estudo da calibração de adubação NPK serve como base para recomendações adequadas de fertilização, o que para a cultura do eucalipto é de grande relevância frente à carência de recomendações mais atuais, uma vez que as quantidades recomendadas estão bem aquém das utilizadas atualmente pelas empresas (GAZOLA, 2014).

De acordo com Silva (2011) têm-se demonstrado com diversos experimentos, maior produtividade do eucalipto com o aumento das doses de fertilizantes. Esses resultados mudaram o manejo da fertilização nos plantios comerciais, sendo que no passado não se aplicava fertilizante ou a quantidade era pequena e atualmente recebem doses elevadas de fertilizantes.

A avaliação de doses de NPK evita a aplicação de elevadas doses de fertilizantes, o que implica em menor custo na produção. Castro (2011) relata que a adubação assume, dentro dos aspectos da cultura do eucalipto, importância impar, uma vez que é parcela significativa dos custos de produção.

As recomendações de adubação devem ser definidas em nível regional para as espécies e tipos de solo mais representativos (FERREIRA, 2011); pois a produtividade, de acordo com Stape, Binkley e Ryan (2008), é governada pelas condições ambientais, sendo a disponibilidade de água um dos principais fatores que limita o crescimento dos eucaliptos. Nesse sentido, a dose adequada varia com o ambiente.

Além dos fatores ambientais como clima e solo, deve-se considerar a adoção de materiais genéticos mais produtivos e provavelmente mais exigentes nutricionalmente, como os clones. Esses são caracterizados como plantas de desenvolvimento acelerado, tolerantes às doenças ou às adversidades climáticas e que geram produtos de qualidade (BENATTI, 2013). Alves (2011) salienta que devem ser realizadas recomendações específicas de adubação para cada material genético devido às exigências marcantes e diferenciadas entre eles por nutrientes.

De acordo com Silva (2011), a recomendação da literatura precisa ser reavaliada, principalmente devido à utilização de materiais genéticos mais produtivos e provavelmente mais exigentes que os utilizados para gerar a recomendação.

A lixiviação consiste no movimento vertical de íons no perfil do solo para profundidades abaixo daquelas exploradas pelas raízes. A textura do solo afeta a lixiviação, que é maior em solos arenosos, que, por apresentarem menor microporosidade, têm movimentação mais rápida da água no sentido descendente (ADDISCOTT, 2004).

O nitrato, e outros solutos se movem por difusão. A velocidade de difusão do nitrato maior em solos arenosos com pouca agregação e menor em solos argilosos ou com agregados de maior tamanho afeta a taxa de lixiviação. Quanto menor a taxa de difusão e maior o tamanho dos agregados, menor a lixiviação (CANTARELLA, 2007).

A lixiviação é um fenômeno comum em solos com baixa CTC, especialmente em áreas com alta precipitação pluvial. Nessas condições, Ernani, Almeida e Santos (2007) recomendam que os fertilizantes potássicos deverão ser aplicados em duas ou mais vezes durante o ciclo das culturas, à semelhança do que ocorre com o N.

Em relação à adubação de cobertura de N e  $K_2O$ , cerca de 60 a 80% das doses têm sido recomendadas nas adubações de cobertura. Essas têm sido parceladas, geralmente entre 2 a 4 aplicações. Sendo aplicadas em três épocas entre 3-6, 6-12 e 12-24 meses pós-plantio (SILVA, 2005).

Silveira e Malavolta (2000) sugerem o parcelamento da dose total de potássio a ser aplicada no eucalipto, em solos arenosos quando a dose recomendada for superior a 100 kg de  $K_2O\ ha^{-1}$ , ele sugere parcelar a dose total em até 4 a 5 aplicações, enquanto que nos argilosos em até 2 a 3 aplicações.

No entanto, segundo Silva (2011), o eucalipto apresenta rápido crescimento radicular com capacidade de assimilar os nutrientes lixiviados da camada superficial do solo.

Existe grande importância na realização de estudos nos quais seja avaliada a melhor forma de adubação (fonte, doses, épocas de aplicação) considerando a espécie ou clone de eucalipto, a forma de manejo e as condições edafoclimáticas do local em que se desenvolve o povoamento florestal (COSTA; TONINI; SCHWENGBER, 2007).

Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar o estado nutricional e o crescimento do eucalipto, em função da aplicação de doses e parcelamento de N e K com ou sem P, em solo de textura arenosa no Cerrado com baixos teores de P, K e matéria orgânica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. CULTURA DO EUCALIPTO

Os primeiros estudos de silvicultura dos eucaliptos iniciaram-se no Brasil bem no início do século XX, quando o engenheiro silvicultor Edmundo Navarro de Andrade iniciou os testes comparativos entre eles e as espécies arbóreas nacionais. Por ser uma árvore de rápido crescimento e de fácil adaptação às mais diferentes condições de solo e clima, o eucalipto plantado tornou-se uma alternativa racional contra a devastação das florestas nativas. Hoje, os maciços florestais desse gênero são destinados à produção de carvão vegetal para a indústria siderúrgica e de ferroligas, para produção de celulose, papel, chapas de aglomerado e ainda, produtos de limpeza, aromatizantes e medicamentos. Completando seu papel de protetor racional das florestas nativas, cresce a cada dia o uso da madeira serrada proveniente dessas plantações florestais (ASSOCIAÇÃO MINEIRA SILVICULTURA - AMS, 2012).

Nos últimos anos têm aumentado o interesse pela utilização de *Eucalyptus* como fonte de matéria-prima para a geração de produtos sólidos de madeira. As restrições impostas ao uso de madeiras provenientes de florestas tropicais, juntamente com a necessidade crescente de diversificação de atividades nas empresas florestais, são os fatores que mais têm contribuído para o aumento desse interesse (CARRIJO; BOTREL; FAGUNDES, 2008).

O gênero *Eucalyptus* é um substantivo masculino que, do grego, significa eu + kalyptós = coberto (HASSE, 2006). Pertence à família Myrtaceae, originário da Austrália, possuindo mais de 600 espécies adaptadas às mais diversas condições de clima e solo (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS, 2006).

De acordo com Aleixo e Malavasi (2004), o eucalipto é uma árvore de porte médio a grande. Sua madeira de alta densidade  $0,9 \text{ kg dm}^{-3}$  é destinada para usos múltiplos, tais como lenha, carvão, dormentes, postes e construções. Com base na experiência florestal mundial, as espécies do gênero *Eucalyptus* estão entre as de maior capacidade de produção em volume de madeira por unidade de área, dentro de um ciclo relativamente curto. Por esse motivo, grandes empreendimentos consumidores de madeira, para energia e celulose, têm optado por plantar essas espécies (BERTI, 2010).

Em 2012, a área de plantios de *Eucalyptus* no Brasil totalizou 5.102.030 ha, representando crescimento de 4,5% (228.078 ha) frente ao indicador de 2011. Entretanto em Mato Grosso do Sul o incentivo a indústria de base florestal apresentou resultados mais expressivos que a média nacional, em 2012, a área de plantios de *Eucalyptus* no estado atingiu 587.300 ha,

representando crescimento médio de 19,0% a.a. no período de 2005-2012 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF, 2013).

Em termos geográficos, os plantios florestais sul-mato-grossenses estão concentrados nos municípios de Três Lagoas, Ribas do Rio Pardo, Água Clara, Brasilândia e Selvíria (REFLORE, 2013). Esses municípios estão localizados na parte leste do estado, na região conhecida como “bolsão mato-grossense”, que cobre uma área de 3 milhões de hectares dominadas por solos arenosos e de baixa fertilidade (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2008).

Em Mato Grosso do Sul são consumidos anualmente 12,1 milhões de metros de madeira, sendo 10,4 milhões destinados a produção de celulose, 1 milhão destinados a produção de carvão vegetal e 700 mil metros cúbicos destinados a produção de serrados, painéis compensados e para a geração de calor e vapor (REFLORE, 2013).

Em 2012, 35,2% de toda a madeira de florestas plantadas produzida no país foi utilizada para a produção de celulose, ao passo que a produção de painéis de madeira industrializada, serrados e compensados consumiram, respectivamente, 7,1%, 16,4% e 2,7% do total de madeira produzida. O restante (38,7%) foi destinado à produção de carvão vegetal, lenha e outros produtos florestais (ABRAF, 2013).

No Brasil, existem cerca de 220 empresas operando no segmento de papel e celulose. O país, em âmbito mundial, é líder na produção de celulose de fibra curta (*Eucalyptus*), sendo o 6º maior produtor de celulose e o 11º maior fabricante de papel. Há 10 anos, a indústria de celulose cresce em média 5,7% ao ano. Em 2012, a produção nacional de celulose totalizou 13,9 milhões de toneladas. No mesmo período, o consumo interno atingiu 5,8 milhões de toneladas (ABRAF, 2013).

O maior impacto na economia sul mato-grossense nos últimos anos provém exatamente da indústria de papel e celulose. No final de 2006 firmou-se o projeto de implantação de uma fábrica da empresa International Paper na cidade de Três Lagoas com capacidade produtiva inicial de 200 mil toneladas/ano. Essa implantação prevê um aumento no PIB do Estado em 13,5%, e na cidade de Três Lagoas de quase 300%. Um dos principais motivos que propiciou a instalação da unidade em Três Lagoas é o fato da região possuir uma base florestal constituída e consolidada desde os anos 80 (CHAEBO et al., 2010).

Segundo o autor acima citado, a silvicultura pode gerar renda aliado a conscientização ambiental, e se enquadrar perfeitamente em áreas que necessitam de recuperação, que foram com o passar dos anos perdendo sua capacidade produtiva. No Mato Grosso do Sul existem cerca de 1 milhão de hectares que se encaixam neste perfil, principalmente na região leste do

estado, onde a prática intensiva da agricultura e da pecuária comprometeram as propriedades naturais da terra.

## 2.2. NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO NA CULTURA DO EUCALIPTO

### 2.2.1 Nitrogênio

O nitrogênio (N) atua como constituinte de muitos componentes da célula vegetal, como aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, hexosaminas, entre outros. Portanto a deficiência de N inibe rapidamente o crescimento vegetal. O N é o nutriente que mais facilmente pode modificar a composição bioquímica da planta (MARSCHNER, 1995). Na camada arável do solo o N encontra-se principalmente em formas orgânicas, ligado a restos vegetais parcialmente decompostos, ao húmus e, em menores quantidades, nas formas de nitrato e amônio, expressivamente assimiláveis pelas plantas (LOPES; BASTOS; DAHER, 2007). As plantas absorvem a maior parte do N em forma de íons  $\text{NH}_4^+$  ou  $\text{NO}_3^-$  (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Os sintomas visuais da deficiência de nitrogênio em *Eucalyptus* são observados quando da ocorrência dos seguintes fatores: inicialmente as folhas velhas apresentam coloração verde clara, que vão ficando amareladas e com pequenos pontos avermelhados ao longo do limbo; posteriormente, os pontos cobrem todo o limbo, ocorrendo um avermelhamento generalizado (SILVEIRA et al., 2001). De acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), o teor foliar de N associado a altas produtividades de *Eucalyptus grandis* encontra-se entre 21 a 23 g kg<sup>-1</sup>. Segundo Wadt et al. (1999), as variações no estado nutricional de eucaliptos sob influência de diferentes materiais genéticos e da idade da árvore demonstraram que a deficiência de N é maior no início do ciclo da cultura.

O cultivo do eucalipto é um importante meio de contribuir com a manutenção de teores de carbono no solo. Sendo que a produção de biomassa arbórea dos ramos e casca apresentaram os maiores valores em relação aos compartimentos da folha e caule demonstrando a seguinte tendência: ramos > casca > folhas > caule (CUNHA et al., 2011). Segundo Santana et al. (2008) aproximadamente, 75 % de N, P, K, Ca e Mg estão em outros componentes da parte aérea da árvore, e não no lenho, evidenciando a importância do descascamento e manutenção da copa no campo.

Na serapilheira depositada sobre o solo, o nitrogênio é o elemento mais representativo, seguido pelo cálcio, potássio e magnésio, sendo o N e Ca os elementos de maior expressão na serapilheira do *Eucalyptus urograndis* para transferência ao solo (VIEIRA et al., 2009). Thiers, Gerding e Schlatter (2007) avaliaram a exportação de nitrogênio e de cálcio em uma área de *Eucalyptus nitens* com 5 anos de idade, e constataram que a extração apenas do fuste exportou 16-18% de nitrogênio e 5-6% de cálcio, enquanto que a extração da árvore inteira removeu 41% de N e 44% de Ca. Segundo Novais, Barros e Neves (1990), depois da copa estabelecida, a ciclagem de nutrientes da serapilheira para o solo torna-se a via mais importante de fornecimento de nutrientes para a floresta, sendo alta demanda por nutrientes, principalmente nitrogênio, requerida até à formação da copa.

A técnica de fertilização e o processo de ciclagem de nutrientes são fundamentais para elevar e manter a produção florestal dos plantios de eucalipto (GAMA-RODRIGUES et al., 2005). Segundo Barreto et al. (2010), a sustentabilidade da produção está estreitamente relacionada à adubação e aplicação de técnicas de manejo que visam, por meio da ciclagem de nutrientes, potencializar a disponibilidade de nutrientes para as árvores ao longo das rotações do eucalipto.

A resposta à adubação nitrogenada tem sido muito inconstante nos plantios de eucalipto. Os primeiros estudos visando avaliar os efeitos da aplicação de sulfato de amônio sobre o crescimento de plantas de eucalipto no Brasil foram realizados por Mello (1968), que avaliou os efeitos de doses de 0, 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N no desenvolvimento de plantas de *E. saligna* em solo de textura média. Foram observados efeitos no crescimento em altura apenas até os 18 meses de idade, após esta fase não houve diferenças significativas entre os tratamentos avaliados (MORAES; OLIVEIRA; GOMES, 2007). Rance, Myers e Cameron (2009) utilizaram fertilizante nitrogenado marcados com <sup>15</sup>N para acompanhar a acumulação e a distribuição de N aplicados em diferentes épocas após o plantio de *Eucalyptus grandis*. Em suas avaliações observaram que aos três anos e meio após o plantio, menos de 5% do N presentes nas árvores eram derivados do fertilizante.

Ao determinar a eficácia de atributos específicos do solo como indicadores de resposta à adubação nitrogenada, com isso maximizará a eficiência da adubação nitrogenada em povoamentos de *Eucalyptus* reduzindo os custos da adubação nitrogenada (GOMES; MORAES; MACHADO, 2008). De acordo com Gonçalves, Rajj e Gonçalves (1997) a recomendação de doses de nitrogênio em plantios de eucalipto é baseada no teor de matéria orgânica no solo, partindo da suposição de que, em solos com teores mais elevados de matéria orgânica, o estoque de N é maior. Logo para valores acima de 40 g dm<sup>-3</sup> de M.O. no solo a

dose de nitrogênio recomendada é de apenas 20 kg ha<sup>-1</sup> e para teores entre 0-15 dm<sup>-3</sup> de M.O. a dose de N recomendada é de 60 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo Maeda (2010) para a recomendação de adubação nitrogenada baseada no teor de matéria orgânica, supõe-se que o nitrogênio nela presente será liberado com a sua mineralização, a qual depende de condições adequadas de temperatura, umidade, pH, compactação e aeração, e que o conteúdo de nitrogênio tem relação direta com o conteúdo de matéria orgânica.

Gava, Araújo e Silveira (2003) avaliaram o crescimento de clones de *Eucalyptus* em resposta à aplicação de nitrogênio em solos com alto teor de matéria orgânica, e sugerem que existe potencial de reposta do eucalipto à aplicação de nitrogênio mesmo em solos com teores mais elevados de matéria orgânica. Em trabalho desenvolvido por Araújo et al. (2003), o potencial de resposta do *Eucalyptus* a aplicação de N em solos com baixo teor de matéria orgânica (20 g dm<sup>-3</sup>) foi maior que os relatados em vários trabalhos. Para aumentar a eficiência de resposta, sugere-se que as doses sejam mais elevadas que as comumente utilizadas (> 150 kg de N ha<sup>-1</sup>) e também parceladas em pelo menos 3 épocas (2-3, 6-9 e 15-18 meses após o plantio). De acordo com Takahashi et al. (2004), a dose adequada de N para Neossolos quartzarênicos com baixo teor de matéria orgânica (10-20 g dm<sup>-3</sup>) está compreendida entre 80 e 120 kg de N ha<sup>-1</sup>.

Tem-se verificado que a obtenção de florestas de alta produtividade, manejadas com altas doses de nitrogênio e potássio, está relacionada com o uso de fontes mais solúveis de fósforo na adubação de plantio (PAULA; LOPES, 2003). Estudo relacionado ao crescimento de clone híbrido de *Eucalyptus* em função da aplicação de nitrogênio na presença e ausência de potássio constatou que mesmo em solos com baixo teor de K trocável, existe grande potencial de resposta à adubação nitrogenada (SILVA et al., 2003).

O eucalipto cultivado em espodosolos apresenta alto potencial de resposta à aplicação de nitrogênio e o uso de altas doses de nitrogênio deve ser acompanhado de correção de fósforo e micronutrientes, principalmente zinco (ARAÚJO et al., 2003). De acordo com trabalho desenvolvido por Takahashi et al. (2004), o aumento de produtividade proporcionado pela dose de 100 kg de N ha<sup>-1</sup> na forma de sulfato de amônio foi de 21% em relação à testemunha.

### 2.2.2 Fósforo

O fósforo é um dos nutrientes mais utilizados na agricultura, principalmente pela forte capacidade de fixação e acentuada carência do mesmo em nossos solos. Em decorrência

dessas características, os teores de fósforo na solução do solo são muito baixos, o que leva à necessidade da aplicação deste elemento através da prática de adubação (GULLO, 2002). Os teores desse elemento nos solos da região do Cerrado são muito baixos. Essa característica, associada à alta capacidade que esses solos têm para reter o P na fase sólida, é a principal limitação para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola rentável sem a aplicação de adubos fosfatados (SOUSA; LOBATO; REIN, 2004).

O fósforo (P) é componente vital para todos os seres vivos. É incorporado na estrutura genética fundamental (DNA e RNA) e está criticamente envolvido em produção, transferência e armazenamento de energia via ATP e NAPH em todos os processos biológicos na natureza. Nas plantas, o P é necessário para fotossíntese, respiração, função celular, transferência de genes e reprodução (STAUFFER; SLULEWSKI, 2004).

As principais formas de P absorvido pelas plantas são  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$  (MARSCHNER, 1995). O contato entre o P na solução do solo e a raiz se faz quase que exclusivamente por difusão, processo segundo o qual o elemento caminha a curtas distâncias numa fase aquosa estacionária, denominada solução do solo, a favor do gradiente de concentração (MALAVOLTA; YAMADA; ABDALA, 2004).

Os florestamentos com Eucalipto e Pinus têm expandido consideravelmente no Brasil, sobretudo em regiões onde os solos apresentam baixa fertilidade, como nos Cerrados (GAVA et al., 1997). Muitas dessas áreas apresentam solos geralmente pobres, de baixa saturação em bases e alta acidez e saturação em alumínio. Logo a produção de eucalipto é prejudicada, nessas condições de cultivo, pela deficiência de P no solo, baixa disponibilidade e alta capacidade de fixação deste elemento (GONÇALVES; BENEDETTI, 2000).

Considerando a baixa fertilidade dos solos florestais, a aplicação de fósforo, assim como de potássio tem sido essencial para o aumento e manutenção da produtividade das florestas implantadas. Para a grande maioria das florestas de eucalipto no Brasil há substanciais ganhos de produtividade em resposta à fertilização mineral (BARROS; NOVAIS; NEVES, 1990).

As espécies de eucaliptos são consideradas exigentes em nutrientes, principalmente em fósforo na fase inicial, e em potássio na fase juvenil e adulta (STAHL, 2009). Segundo Silveira et al. (2001), a ocorrência de deficiências nutricionais em florestas plantadas com eucalipto, têm convergido para uma maior frequência de deficiência de K, P e B. Silveira e Gava (2004), a partir de dados propostos por vários autores para valores de faixas de deficiência e adequadas de concentrações de fósforo em folhas recém-maduras de espécies de eucalipto nos estádios juvenil e adulto, observaram a variação dos valores das faixas de deficiência e adequadas para os dois estádios: juvenil 0,4 - 1,0 g kg<sup>-1</sup> (deficientes) e 1,0 - 4,0 g

kg<sup>-1</sup> (adequadas); adulto 0,7 - 1,1 g kg<sup>-1</sup>(deficientes) e 0,8 - 3,1 g kg<sup>-1</sup> (adequadas). Para florestas com idades entre 1 e 2 anos a faixa adequada de P está compreendida entre 1,0 a 2,5 g kg<sup>-1</sup>, sendo que a deficiência está associada a teores foliares menores que 1,0 g kg<sup>-1</sup> (SILVEIRA; GAVA, 2003). Os sintomas característicos de deficiência de fósforo segundo Taiz e Zeiger (2004), incluem crescimento reduzido em plantas jovens, folhas levemente arroxeadas, podendo ainda encontrar-se malformadas e conter manchas necróticas.

De acordo com Silveira e Gava (2004), em relação ao conteúdo de P, verifica-se grande variação em função das espécies de eucalipto, idade, fertilidade do solo e produtividade. Os valores médios de vários estudos mostram que cerca de 29% do conteúdo total de P encontra-se nas folhas, 14% nos ramos, 20% na casca e 37% na madeira. Sendo que a quantidade média de fósforo exportada pela casca e pela madeira é de 25,3 kg ha<sup>-1</sup>, que equivaleria à reposição de 57,9 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Porém, a aplicação dessa quantidade não garantiria sustentabilidade das próximas rotações, principalmente em solos argilosos, nos quais a adsorção de P pelos minerais de argila e óxido de ferro e alumínio é alta.

Estudos relacionados à adubação fosfatada têm procurado elucidar questões referentes às fontes, às doses e aos métodos mais eficientes de utilização destes insumos (VILLANI, 2003). Segundo Silveira e Gava (2004), considerando a baixa fertilidade dos solos florestais, a aplicação de P tem sido essencial para aumento e a manutenção da produtividade das florestas implantadas. Para isso é importante que algumas medidas sejam tomadas visando aumentar a eficiência da adubação fosfatada, tais como: selecionar genótipos mais eficientes na absorção e utilização de P; determinar a dose adequada e econômica em função do tipo de solo (acidez do solo, quantidade e qualidade das argilas); estabelecer a melhor fonte deste nutriente em função dos aspectos técnicos e econômicos; determinar a melhor forma e época de aplicação; determinar a resposta à aplicação de P (dose, fonte e forma) em brotação e em florestas deficientes.

Os fertilizantes mais comumente utilizados nos plantios de eucalipto no Brasil são o superfosfato simples ou o superfosfato triplo, isoladamente ou junto com N e K (06-30-06), aplicados na cova ou no sulco de plantio, e os fosfatos naturais reativos aplicados em faixa de 1,0 m a 1,5 m de largura e incorporados ou em sulcos de 15 cm a 30 cm de profundidade (SILVEIRA; GAVA, 2004). Segundo Paula e Lopes (2003), os tratamentos que receberam superfosfato triplo apresentaram ganho médio em altura de 10%, 25% e 34% em relação aos tratamentos com superfosfato simples, fosfato natural e a testemunha, respectivamente.

Culturas de ciclo longo, como o eucalipto, apresentam alta resposta a adubação fosfatada na época de plantio, sendo interessante o uso de fontes solúveis e pouco solúveis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

sendo a fonte solúvel utilizada para o arranque e crescimento inicial da planta e a segunda para auxiliar a manutenção das necessidades e crescimento em idades adultas (BARROS; NEVES; NOVAIS, 2005). A reatividade dos fosfatos naturais com o solo ocorre de forma mais lenta e prolongada que a observada nas fontes mais solúveis, proporcionando um déficit de fósforo no início do desenvolvimento da floresta. Segundo Fernandez et al. (2000), o uso combinado de formas de alta e baixa solubilidade de fósforo com a aplicação localizada de fertilizantes pode atender a demanda inicial de P pelas mudas e também fornecer P disponível a longo prazo garantindo assim alta produtividade do povoamento.

Segundo Leite et al. (2011), a prática de localizar fertilizantes fosfatados solúveis em parte do volume de solo cultivado, pode reduzir a fixação do P e otimizar a sua absorção pelas plantas. Em experimento realizado por Okado (2010), com doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O apenas em cobertura no crescimento de *Eucalyptus urograndis*, foi constatado a não resposta à aplicação das doses desses nutrientes, aos 6 meses em cobertura, e que esse fato se deve provavelmente a não fertilização localizada por ocasião, principalmente de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, num solo com teores muito baixos desse nutriente (2mg dm<sup>-3</sup> em resina), e secundariamente à aplicação tardia dos tratamentos, associada a sua incorporação à 15 cm de profundidade. O autor sugere, ainda, a realização de estudos de calibração de NPK em relação à localização e época de aplicação.

Na ausência de calagem, a eficiência do superfosfato triplo e do fosfato natural de Gafsa na produção de matéria seca da parte aérea e no crescimento das mudas é maior na aplicação incorporada; na presença de calagem, o modo de aplicação não interfere no crescimento e na produção de matéria seca das mudas pela aplicação do superfosfato triplo. O superfosfato triplo é mais eficiente que o fosfato natural de Gafsa e a aplicação incorporada foi mais eficiente que aplicação localizada (MAEDA; BOGNOLA, 2011). Valeri, Aguiar e Corradini (1993) avaliaram três doses de fósforo (0, 200 e 400 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato triplo) e três doses de calcário dolomítico (0, 2 e 4 t/ha) na fertilidade do solo, na concentração de nutrientes das folhas e crescimento volumétrico das árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden plantadas em Areia Quartzosa, e concluíram que a aplicação de superfosfato triplo aumentou linearmente os teores de P, K e Ca das folhas e que aplicação de fósforo não afetou o crescimento das árvores com mais de 4 anos de idade. Segundo Matos et al. (2011a), a realização da calagem e fosfatagem, além das adubações de cobertura e manutenção, são necessárias para alcance de melhores produtividades.

Costa et al. (2008) constataram em sua pesquisa em solo de cerrado, que para o máximo crescimento em altura do *Eucalyptus camaldulensis* aos quatro meses após transplante das mudas no campo, são indicadas as doses de 75 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicados no sulco de plantio,

50 e 33 kg ha<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O no primeiro parcelamento das adubações nitrogenada e potássica. Os resultados de Rocha et al. (2011), para o índice de sobrevivência e desenvolvimento inicial de mudas de *Eucalyptus urograndis* no campo produzidas sob doses crescentes de fósforo, mostram que a adubação fosfatada em mudas de eucalipto aumentou 27% o índice de sobrevivência das mudas no campo. Paula e Lopes (2003) estimaram que a dose para obtenção do máximo crescimento em altura seria de 155 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato triplo, para teores médios de fósforo que variaram de baixo a médio.

Peñaloza (2005) avaliou o efeito da adubação de N, P e Ca em *Eucalyptus globulus* (Labill.) e *Eucalyptus nitens* (Maiden) aos sete anos de idade, e constatou em suas avaliações realizadas após dois anos e meio da aplicação dos fertilizantes, que houve pouca resposta à adubação, pois plantações em idade adulta respondem mais lentamente a adubação em relação as mais jovem.

Dentre os vários benefícios da adubação fosfatada pode-se destacar que esta aumenta significativamente a produção de massa seca e de energia na forma de calor disponibilizado pelo fuste de *Eucalyptus grandis* (VALE et al., 2000).

### 2.2.3 Potássio

O potássio (K) não faz parte de nenhum composto orgânico, não desempenhando função estrutural na planta. Várias enzimas são dependentes ou ativadas por este elemento destacando-se sintetases, oxirredutases, desidrogenases, transferases, quinases e aldolases (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Segundo Taiz e Zeiger (2004) desempenha importante papel na regulação osmótica, e é ativador de muitas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese.

O K é absorvido da solução do solo pelas plantas na forma K<sup>+</sup> (DECHEN; NATHTIGALL, 2007). Segundo Curi, Kämpf e Marques (2005), o conhecimento da mineralogia e das formas desse elemento presentes nos solos, em conjunto com outros atributos do ambiente dos solos, pode contribuir para uma melhor predição do suprimento, fixação e disponibilidade deste nutriente para as culturas.

Um dos elementos que mais limitam a produtividade do *Eucalyptus* no Brasil é o potássio (SILVEIRA; MALAVOLTA, 2000). Segundo Silveira et al. (2001), a ocorrência de deficiências nutricionais em florestas plantadas com eucalipto, têm convergido nos levantamentos para uma maior frequência de deficiência de K, P e B. De acordo com

Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), o teor foliar de K associados a altas produtividades de *Eucalyptus grandis* encontra-se entre 9 a 10 g kg<sup>-1</sup>.

A deficiência de K normalmente reduz o tamanho dos internódios, a dominância apical e o crescimento das plantas, retarda a frutificação e origina frutos de menor tamanho e com menor intensidade de cor. Como o K é um nutriente móvel no floema, os sintomas de deficiência, normalmente são caracterizados por clorose nas bordas das folhas seguida de necrose, e surgem, inicialmente, nas folhas mais velhas das plantas (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS, 2007). Em relação a sintomas de deficiência de em algumas espécies de *Eucalyptus*, há algumas variações de coloração e de intensidade e alguns genótipos apresentam clorose marginal como sintoma característico, enquanto em outros, o sintoma de avermelhamento das bordas das folhas é o mais marcante (SILVEIRA; GAVA; MALAVOLTA, 2005).

De acordo com Silveira, Gava e Malavolta (2005), o potássio está envolvido também nos mecanismos de defesa das plantas a pragas e doenças. As plantas bem nutridas em potássio apresentam redução na incidência, severidade e danos causados por insetos e fungos.

A explicação é que as plantas bem nutridas em potássio apresentam maior síntese de material para a formação da parede celular. As paredes são mais espessas devido a maior deposição de celulose e compostos relativos, promovendo maior estabilidade e um aumento da resistência das plantas ao acamamento e as infestações de doenças e pragas (BERINGER; NOTHDURFT, 1985).

Vários trabalhos apresentam o conteúdo de potássio nas diferentes partes das plantas de várias espécies de eucalipto. Os valores médios mostram que cerca de 24% do conteúdo total encontram-se nas folhas, 16% nos ramos, 20% na casca e 40% na madeira (SILVEIRA; MALAVOLTA, 2000).

Aproximadamente, 75 % de N, P, K, Ca e Mg estão em outros componentes da parte aérea da árvore, e não no lenho, evidenciando a importância do descascamento e manutenção da copa no campo. Assim, a colheita apenas do lenho representa expressiva redução na exportação desses nutrientes proporcionando maior sustentabilidade da produção nas plantações de eucalipto (SANTANA et al., 2008). Segundo Martins, Almado e Scatolini (2011), a maior disponibilidade de nutrientes ao final da rotação florestal não é suficiente para dispensar as adubações necessárias para as próximas rotações, mas sugere que sejam menores as doses necessárias para se alcançar as mesmas produtividades.

Com produtividade entre 30 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, a quantidade média exportada pela casca e pela madeira de *Eucalyptus* está na faixa de 100 kg ha<sup>-1</sup> a 250 kg ha<sup>-1</sup> de K,

dependendo da espécie e do sítio, o que equivaleria à reposição entre 167 kg ha<sup>-1</sup> e 300 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (SILVEIRA; GAVA; MALAVOLTA, 2005). Segundo Santana, Barros e Neves (2002), o K e o Ca são os nutrientes que poderão limitar a produtividade do próximo ciclo. Essa limitação pode ser substancialmente reduzida, independentemente das espécies, se a colheita se limitar ao lenho. Szymczak et al. (2011) reforçam a importância de exportar a menor quantidade possível de restos culturais no momento da exploração do plantio de eucalipto, podendo dessa maneira retornar ao solo, principalmente, pela deposição da serapilheira.

Resultados da relação entre os teores de nutrientes nas folhas e no solo com o crescimento das árvores em plantios adubados de *Eucalyptus grandis* na região do cerrado, no estado de São Paulo, concluíram que a oferta de K no solo é o fator mais limitante tanto para o crescimento das árvores como para sua nutrição e os resultados indicam que há possibilidades de ganhos de produtividade com o aumento da adubação com N, P, K e Mg (BELLOTE; FERREIRA, 1993). Segundo Silveira e Gava (2004), os levantamentos nutricionais dos plantios de eucalipto mostram que a deficiência de P tem sido menos frequente do que a de K nas regiões de Minas Gerais e São Paulo e do que de Ca e N nas regiões do norte do Espírito Santo e sul da Bahia.

Os plantios de *Eucalyptus* concentram-se normalmente em solos de baixa fertilidade. A quantidade de potássio disponível nos primeiros 20 cm (15 a 50 kg ha<sup>-1</sup>) da maioria dos solos florestais é insuficiente para atender uma demanda média de K pelo *Eucalyptus* com idade de aproximadamente 8 anos (140 a 340 kg ha<sup>-1</sup>). Além disso, a eficiência da adubação potássica nesses solos é baixa, uma vez que apresentam significativa lixiviação, em razão de serem altamente intemperizados e por apresentarem textura arenosa, com baixa capacidade de troca catiônica (SILVEIRA; MALAVOLTA, 2000).

Segundo Teixeira, Gonçalves e Arthur Junior (2006), dentre os nutrientes demandados pelas diferentes espécies de *Eucalyptus*, o K tem sido um dos que tem tido maior resposta à adubação e limitado à produtividade. Além disso, são notórias as diferenças entre espécies, quanto à exigência e eficiência nutricional desse nutriente. Visando a obtenção de subsídios para a recomendação racional de adubação de K no campo e viveiro, bem como locação das espécies nas áreas de plantio, em função de suas características nutricionais e dos teores de K no solo, são de grande importância praticar o desenvolvimento de curvas de calibração de K e determinar a eficiência nutricional de espécies de *Eucalyptus*, quando crescem sob diferentes disponibilidades de K no solo.

A adubação potássica tem possibilitado aumentos significativos de produtividade em grande parte das áreas plantadas com *Eucalyptus* spp no Brasil. Esses resultados são decorrentes dos baixos teores de K encontrados nos solos, além de estarem diretamente relacionados ao fato desse elemento atuar no processo de abertura e fechamento dos estômatos, que por sua vez regulam o processo de assimilação de C e perda de água, afetando a turgescência e a expansão foliar, o que propicia melhor aproveitamento da radiação solar (ALMEIDA et al., 2007).

Em trabalho desenvolvido por Piazon Neto et al. (2010) constatou-se que o aumento das doses de K proporcionou aumento na massa seca da parte aérea e na concentração foliar de K de plantas de eucalipto, e a absorção de K pelas plantas foi favorecida pela aplicação da maior dose de Ca+Mg. No trabalho desenvolvido por Gava et al. (1997), a aplicação de 256 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O proporcionou aumentos de 118% em volume de madeira em relação à testemunha sem aplicação do nutriente.

Segundo Almeida et al. (2007), o *Eucalyptus grandis* responde à fertilização potássica, podendo dobrar a produtividade em volume de madeira na idade de três anos. Dentre os fertilizantes, KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> são fontes de potássio equivalentes, mas o preço mais alto do K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> restringe o seu uso.

### 2.3 CLONE I-144 (*Eucalyptus urophylla*)

Dentre as evoluções tecnológicas, sem dúvida, a que mais contribuiu para a atual dinâmica da silvicultura nacional, foi a clonagem de eucalipto que propiciou o plantio de extensas áreas, com o uso de clones de alta produtividade, qualidade desejada de madeira e alta estabilidade fenotípica na produção. Os programas de melhoramento genéticos desenvolvidos se pautaram em duas estratégias: sexuadas, notadamente para produção de materiais melhorados, dentre eles, o híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, popularizado como *Eucalyptus urograndis*, via melhoramento genético florestal; e assexuadas inicialmente com a propagação de eucalipto, para permitir melhor qualidade das florestas plantadas e conseqüentemente, maiores produtividade de matéria prima para a obtenção de celulose (BRAGA, 2008).

As primeiras iniciativas de clonagem do eucalipto datam de meados do século passado, quando pesquisadores australianos, de Camberra, e franceses no Marrocos e no norte da África multiplicaram várias espécies de *Eucalyptus* por enraizamento de estacas obtidas de

mudas seminais. A heterogeneidade dos plantios e a incidência de cancro (*Chrysosporite cubensis* = *Cryphonectria cubensis*), na década de 1970 foram decisivas para o desenvolvimento desta técnica, considerada hoje referencia mundial no controle de doenças de eucalipto. Acredita-se que ganhos em incremento volumétrico e produção de celulose por hectare dos plantios clonais no Brasil sejam da ordem de 100% em relação aos realizados com sementes, (ALFENAS et al., 2009).

De acordo com Pinto et al. (2011), a eficiência nutricional dos clones de eucalipto na fase de mudas sugerem a possibilidade de seleção de genótipos dessa cultura para condições distintas de fertilidade do solo, permitindo sua alocação em solos com distintas características nutricionais.

Dias, Barros Filho e Barros (2011) estudaram teores críticos de nutrientes em mini jardim clonal de eucalipto, e constataram que adubações generalistas não são totalmente eficazes no suprimento de nutrientes a diferentes clones, já que os mesmos podem apresentar teores críticos distintos. E que os materiais genéticos podem ser agrupados quanto às exigências nutricionais, visando um manejo de adubação mais específico por grupo. Segundo Matos et al. (2011b), o estado nutricional dos clones, avaliados pela concentração de macronutrientes foliares, varia em função do material genético plantado.

Uma das opções, além da melhor localização do adubo fosfatado, seria a seleção de genótipos mais eficientes na absorção e translocação de P (SILVEIRA; GAVA, 2004). Em experimento conduzido em condições de casa de vegetação Pinto et al. (2011) avaliaram a eficiência nutricional de seis clones de eucalipto na fase de mudas: 58 e 386 (Cenibra), GG100 (Grupo Gerdau), I042, I-144 (Acesita) e VM1 (Vallourece Mannesman do Brasil) cultivados em solução nutritiva. Os resultados mostram que entre os materiais genéticos avaliados os clones 386 e I-144 foram os mais eficientes na utilização de nitrogênio e na absorção e utilização de fósforo, sendo esses clones fundamentais para o uso mais racional de P contribuindo para a redução dos custos da fertilização sem comprometer a produtividade do sítio florestal e apresentando maior eficiência na utilização de K, pois conseguem se estabelecer em solos com menor disponibilidade desse nutriente sem comprometer a produção de biomassa. De acordo com Pinto (2009), de forma geral, os clones podem ser separados, quanto à eficiência nutricional para os macronutrientes, na seguinte sequência: I-144 > 386 > 58 ≈ GG100 > VM1 > I042. O clone I-144 mostrou-se mais eficiente nutricionalmente, principalmente para N, P, K, Mg e S, com maior eficiência na absorção e utilização destes nutrientes na produção de biomassa.

Segundo Neves et al. (2011), os clones I-144 e I220, por apresentarem maiores valores de densidade básica da madeira, são considerados os mais indicados para produção de bioenergia. Esses clones também apresentam elevado teor de lignina, o que os qualifica para a produção de carvão vegetal.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL E CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

O experimento foi conduzido de setembro/2011 a fevereiro/2015, na Fazenda Renascença, fundo agrícola administrado pela Cargill Agrícola S/A, com latitude 20° 34' S, longitude 51° 50' O e altitude média de 305 m, no município de Três Lagoas, MS.

Antes da implantação do experimento a área era ocupada por pastagem degradada, com declividade de 4%.

O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico órtico (EMBRAPA, 2013).

Essa classe de solo é constituída principalmente pela fração areia ao longo do perfil (Tabela 1). Os teores de M.O. e dos nutrientes são muito baixos (Tabela 2).

**Tabela 1** – Análise granulométrica do solo da área experimental. Três Lagoas/MS, 2011.

Profundidades (cm)	Argila	Silte	Areia Total
		g kg <sup>-1</sup>	
0-20	85	17	898
20-40	104	20	876
40-60	114	17	869
60-80	121	18	861
80-100	130	21	849
100-120	145	24	831

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Antecedendo a instalação do experimento, foram coletadas amostras do solo nas profundidades de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m (Tabela 2), para determinação dos atributos químicos do solo, segundo a metodologia descrita por Raij et al. (2001).



## 3.2 DESCRIÇÕES DAS PRÁTICAS SILVICULTURAIS

### 3.2.1 Implantação

Em setembro de 2011 iniciaram-se as atividades operacionais para a instalação do experimento: a) controle inicial das formigas cortadeiras: 10 a 12 de setembro de 2011, com aplicação de isca formicida granulada ( $1,5 \text{ g ha}^{-1}$  do ingrediente ativo (i.a.) sulfluramida); b) calagem: 24 de setembro de 2011, com aplicação de  $1500 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário de PRNT 80% a lanço em área total; c) gessagem: 25 de setembro de 2011, com aplicação de  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  de gesso a lanço em área total; d) controle de pré-plantio das formigas cortadeiras, em duas etapas: 5 a 7 de dezembro de 2011 e 2 a 4 de janeiro de 2012, com aplicação de isca formicida granulada ( $0,9$  e  $0,6 \text{ g ha}^{-1}$  do i.a. sulfluramida, respectivamente); e) controle químico de plantas daninhas em área total “dessecação”: 20 de janeiro de 2012, sendo aplicados  $2880 \text{ g ha}^{-1}$  do i.a. do glyphosate; f) preparo do solo: 27 de janeiro de 2012, subsolagem na linha de plantio, com utilização de subsolador, até a profundidade média de 45 cm; g) plantio das mudas do clone I-144 e demarcação das parcelas experimentais: 28 de janeiro de 2012; h) fertilização de base: em 29 de janeiro de 2012, realizada a aplicação manual dos fertilizantes, sendo aplicado em filete contínuo na linha do sulco de plantio, simulando a aplicação realizada comercialmente, sendo as quantidades aplicadas conforme os tratamentos; i) irrigação manual das mudas: 28 a 31 de janeiro; j) replantio das mudas mortas: em 20 de fevereiro de 2012, k) irrigação: 20 a 23 de fevereiro de 2012.

### 3.2.2 Manutenção (2012)

Em 30 de março de 2012 foi realizada a primeira fertilização de cobertura, sendo os adubos aplicados manualmente na entre linha (projeção da copa), distribuídos em meia-lua na parte superior da linha de plantio, e as quantidades aplicadas conforme os tratamentos. Além dessa prática foram realizadas outras atividades operacionais para a manutenção do experimento: a) controle químico das plantas daninhas na entre linha: 12 de março e 5 de novembro de 2012, foram aplicados  $2880 \text{ g ha}^{-1}$  do i.a. do glyphosate; b) controle químico das plantas daninhas na linha: 9 de maio de 2012, com aplicação de herbicida pré-emergente, sendo usado  $0,14 \text{ g ha}^{-1}$  do i.a. isoxaflutol; c) controle de manutenção das formigas cortadeiras: 4 de junho e 7 de setembro de 2012, com aplicação de isca formicida granulada ( $0,3$  e  $1,5 \text{ g ha}^{-1}$  do i.a. de sulfluramida, respectivamente) e d) segunda fertilização de cobertura: 29 de outubro de 2012.

### 3.2.3 Manutenção (2013)

Em janeiro de 2013 iniciaram as atividades operacionais para a manutenção do experimento: a) controle químico das plantas daninhas na entre linha: 22 de janeiro e 5 de novembro de 2013, foram aplicados 2880 g ha<sup>-1</sup> do i.a. do glyphosate; b) terceira fertilização de cobertura: 30 de março de 2013; c) controle de manutenção das formigas cortadeiras: 22 de maio e 1 de setembro de 2013, com aplicação de isca formicida granulada (1,5 e 0,3 g ha<sup>-1</sup> do i.a. da sulfluramida, respectivamente).

### 3.2.4 Manutenção (2014)

Em 2014 foram realizadas apenas manutenções de rotina na floresta, em março de 2014 iniciaram as atividades operacionais para a manutenção do experimento: a) controle químico das plantas daninhas na entre linha: 10 de março e 13 de outubro de 2014, foram aplicados 2880 g ha<sup>-1</sup> do i.a. do glyphosate; b) controle de manutenção das formigas cortadeiras: 2 a 6 de junho de 2014, com aplicação de isca formicida granulada (1,5 e 0,3 g ha<sup>-1</sup> do i.a. da sulfluramida, respectivamente).

## 3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi implantado em janeiro de 2012, o delineamento experimental foi o de blocos casualizados com seis tratamentos e cinco repetições.

Cada parcela foi composta por 56 plantas, distribuídas em sete linhas de oito plantas cada, totalizando 420 m<sup>2</sup>. Nas linhas de plantio, as mudas do clone I144 (*Eucalyptus urophylla*) foram plantas com espaçamento de 3,0 x 2,5 m. Como área útil da parcela foram consideradas apenas as 30 plantas centrais, descontando-se a bordadura simples, totalizando uma área efetiva de amostragem de 225 m<sup>2</sup> por parcela.

Os tratamentos constam na tabela 3 e foram os seguintes: T1 (controle - sem adubação NPK); T2 (Dose padrão com parcelamento de N e K<sub>2</sub>O em 3 aplicações); T3 (Dose reduzida com parcelamento de N e K<sub>2</sub>O em 2 aplicações); T4 (Dose padrão com parcelamento de N e K<sub>2</sub>O em 2 aplicações); T5 (Dose reduzida com parcelamento de N e K<sub>2</sub>O em aplicação única) e T6 (Dose padrão com parcelamento de N e K<sub>2</sub>O em aplicação única). Na adubação de plantio foi utilizada a ureia, o superfosfato triplo e o cloreto de potássio como fontes de N,

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente. Nas adubações de cobertura, aos 2, 9 e 14 meses, o nitrato de amônio e o cloreto de potássio, como fontes de N e K<sub>2</sub>O, respectivamente. As quantidades aplicadas de cada nutriente e a época de aplicação constam na Tabela 3.

Foram aplicados no plantio os seguintes micronutrientes em todos os tratamentos: 1 kg ha<sup>-1</sup> de B (ácido bórico), 1 kg ha<sup>-1</sup> de Zn (sulfato de zinco) e 1 kg ha<sup>-1</sup> de Cu (sulfato de cobre). Nas adubações de cobertura com N e K<sub>2</sub>O, realizadas aos 9 e 14 meses após o plantio também foi aplicado 1 kg ha<sup>-1</sup> de B (ácido bórico) em todos os tratamentos.

**Tabela 3** - Quantidade parcial e total de nutrientes aplicados nos tratamentos. Três Lagoas/MS, 2012/13.

Adubação	Época	Quantidade do nutriente aplicado nos tratamentos (kg ha <sup>-1</sup> )						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	
Base	Plantio	N	0	15	7,5	15	7,5	15
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	70	70	70	70	70
		K <sub>2</sub> O	0	15	7,5	15	7,5	15
Cobertura	2 meses	N	0	37,5	31,3	62,5	62,5	125
		K <sub>2</sub> O	0	49,5	41,3	82,5	82,5	165
	9 meses	N	0	37,5	31,3	62,5	0	0
		K <sub>2</sub> O	0	49,5	41,3	82,5	0	0
	14 meses	N	0	50,0	0	0	0	0
		K <sub>2</sub> O	0	66,0	0	0	0	0
Total		N	0	140	70	140	70	140
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	70	70	70	70	70
		K <sub>2</sub> O	0	180	90	180	90	180

Fonte: Elaboração do próprio autor.

### 3.4 AVALIAÇÕES

#### 3.4.1 Avaliação do crescimento: inventários

Aos 12, 18, 24, 30 e 36 meses após o plantio foram realizadas as medições das árvores (Dendrometria), avaliando a altura e o DAP das árvores nas áreas úteis de todas as parcelas dos cinco blocos do experimento, totalizando 30 árvores por parcela, sendo o volume de

madeira estimado segundo a metodologia descrita por Aguiar, (2005). Para a medição de altura utilizou-se o hipsômetro Forestor Vertex e para a medição do DAP fita métrica. A determinação do volume total de madeira com casca foi estimado pelas seguintes equações:

$$V_{tc} = (\sum V_i/A_i) \times 10000 \quad (1)$$

$$V_i = \frac{\pi \times (DAP_i)^2 \times ff \times H}{4} \quad (2)$$

Onde:  $V_i$  = volume de madeira com casca da árvore;  $A_i$  = área da parcela útil (225 m<sup>2</sup>);  $V_{tc}$  = volume total com casca (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>);  $DAP_i$  = diâmetro à altura do peito de cada árvore (m);  $ff$  = fator de forma; neste caso, devido à inexistência de fatores definidos regionalmente para o clone em estudo, foi atribuído o valor 0,5 e  $H_i$  = altura total de cada árvore (m).

### 3.4.2 Concentrações dos nutrientes nas folhas

Aos 12, 18, 24 e 36 meses de idade foram determinadas às concentrações de macronutrientes nas folhas dos eucaliptos, sendo coletadas amostras do terço superior das copas de oito árvores médias existentes dentro da área útil das parcelas de cada tratamento, sendo essas destinadas à análise de macronutrientes segundo a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

### 3.4.3 Avaliação da fertilidade do solo

Aos 36 meses de idade foram coletadas quatro amostras simples por parcela na linha de plantio nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m e na entre linha (projeção da copa) ao redor de 0,50 m da planta também nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m, com a utilização de trado de caneca. Essas amostras foram homogeneizadas, e dessas retirada parte para compor amostra composta, sendo essas acondicionadas em sacos plásticos identificados, secas, passadas em peneira de 2 mm e levadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo, da Unesp/Ilha Solteira para determinação da fertilidade, segundo a metodologia descrita por Raij et al. (2001).

### 3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e, as médias, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Também foram avaliados 10 contrastes de interesse pelo teste de Scheffé (5%). Para análise estatística, foi utilizado o programa SISVAR (Ferreira, 2008).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ALTURA, DAP E VOLUME DE MADEIRA COM CASCA

Aos 12 meses de idade do eucalipto, verifica-se na Tabela 4 que houve diferença significativa entre o tratamento T1 (controle) e todos os demais tratamentos, para altura de planta, diâmetro do caule e volume total de madeira com casca. Nesse tratamento não foi realizado a fertilização, representando assim o potencial de crescimento apenas com os nutrientes disponíveis no solo, que no caso limitaram o desenvolvimento inicial das plantas.

O tratamento T1 (controle) produziu  $2,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de madeira com casca enquanto os volumes dos tratamentos que tiveram a maior produção, T4 e T6 foram de  $10,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , e  $10,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  verifica-se, portanto que os tratamentos T4 e T6 produziram quatro vezes mais que o tratamento T1 aos 12 meses de idade.

A prática da adubação independente da dose aplicada e do seu parcelamento propiciou maior crescimento inicial das plantas, em relação a não aplicação. De acordo com Laclau et al. (2003), na fase inicial pós-plantio, as espécies arbóreas de rápido crescimento dependem dos nutrientes disponíveis no solo e nesta etapa, para se obter boa produtividade, é necessária a aplicação de fertilizantes.

Na altura de plantas no diâmetro do caule e no volume total de madeira com casca do eucalipto não foi constatada diferença para redução das doses de N e  $\text{K}_2\text{O}$  após o primeiro parcelamento destes nutrientes em cobertura.

O crescimento inicial do eucalipto contribui para reduzir a incidência de radiação solar na linha e na entre linha de plantio, diminuindo a germinação e o desenvolvimento de plantas daninhas, e analisando os resultados de crescimento 12 meses não se verifica diferença significativa no desenvolvimento do eucalipto, portanto o controle cultural de plantas daninhas por sombreamento não foi prejudicado pelas doses e parcelamento de N e  $\text{K}_2\text{O}$ .

Aos 18 meses de idade do eucalipto, quatro meses após a aplicação do terceiro parcelamento de N e  $\text{K}_2\text{O}$ , permaneceu o mesmo padrão de resposta apresentado no primeiro parcelamento, sendo que o tratamento T1 (controle) produziu  $26,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  enquanto que os volumes dos tratamentos que tiveram a maior produção, T4 e T5 foram  $46,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , e  $45,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  verifica-se, portanto que os tratamentos T4 e T5 produziram setenta e cinco por cento mais que o tratamento T1 aos 18 meses de idade.

Não foi constatada diferença na altura de plantas no DAP e no volume total de madeira com casca para redução das doses e parcelamento de N e  $\text{K}_2\text{O}$  (Tabela 4).

A tendência observada aos 18 meses se manteve aos 24 e 30 meses de idade do eucalipto, aos 24 meses o tratamento T1 (controle) produziu  $44,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , enquanto os tratamentos que atingiram a maior produção, os volumes foram de  $72,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  para o tratamento T2 e  $76,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  para o tratamento T6 (Tabela 4).

Aos 30 meses o tratamento T1 produziu  $59,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , enquanto os tratamentos T3 e T4 produziram  $100,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  e  $102,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  respectivamente, observa-se, portanto que até os 30 meses de idade do eucalipto a adubação proporcionou produção 61% mais que o tratamento que não recebeu fertilizante (Tabela 4). Oliveira Neto et al. (2003) encontraram ganhos de até 120% para a produção de madeira, aos 32 meses, comparando-se os tratamentos que receberam adubação com os tratamentos que não receberam.

Na avaliação dos tratamentos aos 36 meses de idade do eucalipto, verifica-se o padrão de resposta encontrado nas avaliações aos 12, 18, 24 e 30 meses de idade, permanecendo o tratamento T1 com o menor volume de madeira  $83,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  e o tratamento com maior volume de madeira T2, produziu 81% mais que o T1, com  $151,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

Até os 30 meses de idade diferença de produção entre o tratamento T1 e os demais tratamentos reduz com o tempo, de acordo com Novais, Rêgo e Gomes (1982), a exigência de fósforo diminui com a idade, portanto o desenvolvimento inicial dos tratamentos que receberam adubação foi favorecido pela aplicação de fósforo.

Não se verifica diferença significativa na altura de plantas no DAP e no volume total de madeira com casca, aos 36 meses de idade, entre os tratamentos que receberam dose reduzida de N e  $\text{K}_2\text{O}$  e os tratamentos que receberam maior dose do fertilizante.

**Tabela 4** - Diâmetro à altura do peito (DAP), altura e volume total de madeira com casca do eucalipto, aos 12, 18, 24, 30 e 36 meses de idade, em função de tratamentos com diferentes doses e parcelamento de fertilização. Três Lagoas/MS, 2012/15.

Tratamentos	DAP (cm) nas idades avaliadas				
	12 meses	18 meses	24 meses	30 meses	36 meses
T1	3,48 b	7,19 b	8,61 b	9,14 b	10,07 b
T2	5,74 a	8,51 a	10,54 a	11,03 a	12,65 a
T3	5,31 a	8,26 ab	9,89 a	11,34 a	11,88 a
T4	5,76 a	8,77 a	9,87 a	11,38 a	12,26 a
T5	5,63 a	8,81 a	9,99 a	11,11 a	12,35 a
T6	5,79 a	8,71 a	10,72 a	11,12 a	12,55 a
D.M.S. (5%)	0,75	1,10	0,87	1,18	1,58
C.V. (%)	7,13	6,61	4,41	5,46	5,73
Altura (m) nas idades avaliadas					
T1	3,99 b	9,47 b	11,35 b	13,67 b	15,72 b
T2	6,30 a	11,10 a	12,46 a	14,98 a	18,04 a
T3	5,90 a	11,06 a	12,28 ab	14,90 a	16,97 ab
T4	6,24 a	11,48 a	12,92 a	15,04 a	17,66 a
T5	6,10 a	11,28 a	12,48 a	15,31 a	17,89 a
T6	6,06 a	11,33 a	12,77 a	14,98 a	17,52 a
D.M.S. (5%)	0,66	0,92	1,06	1,09	1,43
C.V. (%)	5,78	4,24	4,30	3,70	3,59
Volume total de madeira (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) nas idades avaliadas					
T1	2,6 b	26,4 b	44,4 b	59,9 b	83,5 b
T2	10,9 a	42,1 a	72,5 a	96,2 a	151,3 a
T3	9,0 a	39,8 a	63,1 a	100,6 a	126,2 a
T4	10,9 a	46,3 a	66,0 a	102,6 a	139,6 a
T5	10,2 a	45,9 a	65,8 a	99,8 a	143,6 a
T6	10,7 a	45,1 a	76,9 a	97,1 a	146,6 a
D.M.S. (5%)	3,0	12,3	14,2	24,8	42,2
C.V. (%)	16,57	15,18	11,05	13,44	13,94

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Entre os tratamentos destaca-se o T5, que mesmo recebendo metade da dose de N e K dos tratamentos T2, T4 e T6, esta com produção praticamente igual a aos tratamentos com maior dose de N e K. Outra comprovação de que a produção deste tratamento esta alta é que o T5 apresenta incremento médio anual (IMA) superior a média das empresas associadas da ABRAF (2013), que era de  $40,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  enquanto o T5 apresenta  $48 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de IMA aos 36 meses de idade.

No entanto na Tabela 5 o contraste C4 demonstra que a diferença de produção, na média dos tratamentos com maior quantidade de N e K aumenta com o tempo, sendo de  $1,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  aos 12 meses de idade e de  $11,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  aos 36 meses, o que ocorreu provavelmente pela redução da dose de K nos tratamentos T3 e T5, pois segundo Barros, Novais e Neves (1990) o nível crítico de K no solo aumenta com a idade da cultura.

Melo (2014) avaliou no município de Ribas do Rio Pardo/MS, em Neossolo Quatzarênico ( $0,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ K}$ ), a aplicação de doses crescentes de  $\text{K}_2\text{O}$  (0, 50, 100 e  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em híbrido de *Eucalyptus grandis x urophylla*, e constatou que a resposta linear desse nutriente entre 24 e 60 meses de idade, sendo que aos 24 meses a dose que propiciou máxima produção de madeira foi de  $148 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , e a partir dos 36 meses, superior a  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . No município de Mogi-Guaçu/SP em Latossolo Vermelho Amarelo ( $0,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ K}$ ) as respostas à adubação potássica foram verificadas a partir dos 36 meses, sendo que nessa idade a dose de  $221,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e aos 48 meses de  $184 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  propiciaram a produtividade máxima do eucalipto. Dentre esses locais, Ribas do Rio Pardo apresenta as menores precipitações médias anuais e maior evapotranspiração, o que explica a manutenção das respostas com a idade.

Tal fato deve-se segundo Siddiqui, Shah e Tariq (2008) às funções realizadas por esse nutriente na planta, dentre as quais, o controle osmótico que confere a planta maior eficiência no uso da água. Gonçalves et al. (2008) relataram que a aplicações desse elemento podem propiciar em aumentos nas respostas com a idade da cultura, ao contrário da aplicações de N e P, que de maneira geral as respostas a esses nutrientes diminuem com a idade. Nesse sentido, a manutenção das respostas verificadas nesse estudo está associada à baixa disponibilidade de K no solo e as condições climáticas da região que apresenta baixa precipitação média anual com longo período de estiagem e elevados índices de evapotranspiração.

Junto a este experimento foi conduzido outro por Gazola (2014), durante o mesmo período, utilizando o clone I 144, em pesquisa de calibração de NPK, constatou que aos 24 meses houve a máxima produtividade do eucalipto com as aplicações de  $83 \text{ kg ha}^{-1}$  de N;  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $151 \text{ kg ha}^{-1}$  de K. Esses resultados divergem dos encontrados no presente estudo,

sendo que as doses de 70 kg ha<sup>-1</sup> de N; 70 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O foram suficientes para atingir a máxima produtividade aos 36 meses de idade. Porém no experimento conduzido por Gazola (2014), foram avaliadas 3 doses diferentes de NPK, e neste projeto foram avaliadas 2 doses de NK e uma dose de P, portanto a precisão na calibração de nutrientes é maior no experimento conduzido por Gazola (2014).

Em relação ao parcelamento, no contraste C6, (Tabela 3) não há diferença significativa de produção entre o tratamento T6 com uma adubação de cobertura, e o tratamento T2 que recebeu a mesma quantidade de fertilizante em três coberturas.

**Tabela 5** - Contrastes de interesse para o volume total de madeira com casca do eucalipto, aos 12, 18, 24, 30 e 36 meses de idade, em função de tratamentos com diferentes doses e parcelamento de fertilização. Três Lagoas/MS, 2012/15.

Contrastes de interesse	Estimativas dos contrastes				
	Volume total de madeira (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) nas idades avaliadas (meses)				
	12	18	24	30	36
C1 [(T2+T3+T4+T5+T6)/5-T1]	7,7**	17,5**	24,5**	39,3**	57,9**
C2 [(T2+T4+T6)/3-T1]	8,2**	18,1**	27,4**	38,7**	62,3**
C3 [(T3+T5)/2-T1]	7,0**	16,5**	20,1**	40,3**	51,4**
C4 [(T2+T4+T6)/3-(T3+T5)/2]	1,2 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	7,3*	-1,6 <sup>ns</sup>	11,0 <sup>ns</sup>
C5 [T5-T3]	1,2 <sup>ns</sup>	6,1 <sup>ns</sup>	2,7 <sup>ns</sup>	-0,7 <sup>ns</sup>	17,4 <sup>ns</sup>
C6 [T6-T2]	-0,2 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>	4,4 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	-4,7 <sup>ns</sup>
C7 [T6-T4]	-0,2 <sup>ns</sup>	-1,2 <sup>ns</sup>	10,9*	-5,5 <sup>ns</sup>	7,1 <sup>ns</sup>
C8 [T4-T2]	0,0 <sup>ns</sup>	4,2 <sup>ns</sup>	-6,5 <sup>ns</sup>	6,5 <sup>ns</sup>	-11,7 <sup>ns</sup>
C9 [T6-T5]	0,5 <sup>ns</sup>	-0,9 <sup>ns</sup>	11,1*	-2,7 <sup>ns</sup>	3,1 <sup>ns</sup>
C10 [T4-T3]	1,9 <sup>ns</sup>	6,5 <sup>ns</sup>	2,9 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	13,4 <sup>ns</sup>

\*\*significativo a 1%, \*significativo a 5% e ns = não significativo pelo teste de Scheffé

Fonte: Elaboração do próprio autor

Outra comparação realizada entre os tratamentos com dose reduzida de adubo demonstra que não há diferença significativa de produção de madeira no contraste C5 entre o tratamento T3 com dois parcelamentos e o tratamento T5 que recebeu apenas uma adubação de cobertura. Porém, embora não haja diferença significativa, aos 36 meses a produção do tratamento T5 é de 17,4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a maior que o tratamento T3, indicando que o parcelamento das adubações de cobertura pode ser reduzido, sem perda de produção na floresta.

O volume de produção maior do tratamento T5, em relação ao T3, indica também que o parcelamento em cobertura em dose unica de NK contribuiu para o aumento da produção dos tratamentos com dose reduzida.

De acordo com Silva (2011), o parcelamento da fertilização com N e K<sub>2</sub>O em cobertura, em quatro vezes (prática comum na maioria das empresas florestais) poderia ser reduzido para um número menor de aplicações, gerando ganhos operacionais, sem afetar a produtividade e sem causar impactos ao ambiente.

O parcelamento das doses de N e K em cobertura não resultou em maior produção do eucalipto nesse experimento, o que ocorreu provavelmente devido ao rápido crescimento do sistema radicular do eucalipto, além de crescerem rapidamente as raízes são profundas.

Krejci (1986) estudou a distribuição do sistema radicular no perfil de solo em árvores de *Eucalyptus* com 8 meses de idade. Dentre as espécies pesquisadas, o *E. pellita* e o *E. citriodora* apresentam as raízes pivotantes com 2,8 e 3,7 m de profundidade, respectivamente, enquanto as espécies *E. urophylla*, *E. grandis* e *E. cloesiana* apresentam raízes com, 1,9; 1,3 e 2,3 m, respectivamente, esses resultados aos 8 meses de idade demonstram que o eucalipto apresenta rápido crescimento do sistema radicular em profundidade, conferindo ao eucalipto a capacidade de assimilar os nutrientes lixiviados para camadas mais profundas do solo.

Um dos fatores de maior importância para as plantas é a capacidade de explorar os nutrientes em profundidade. Nutrientes somente são absorvidos pelas plantas quando há água para dissolvê-los, dessa forma, em períodos secos, os nutrientes em profundidade são mais aproveitados do que os nutrientes aplicados em camadas mais superficiais, que secam rapidamente (McCULLEY, 2004).

Sanzonowicz e Mielniczuk (1985) aplicaram 300 kg ha<sup>-1</sup> de K a um solo arenoso do Rio Grande do Sul e observaram que cinco meses depois o K trocável havia aumentado até 40 cm de profundidade. Ernani e Bayer (2002), aplicando doses de até 300 mg kg<sup>-1</sup> de K na forma de KCl sobre superfície de Cambissolo e de um Latossolo no estado de Santa Catarina, observaram que houve deslocamento de K nos dois solos para profundidades superiores a 15 cm ao término de doze percolações de água. Demonstrando, portanto, que o K tem boa mobilidade no perfil do solo.

No entanto, mesmo considerando a boa mobilidade do K no perfil do solo, o eucalipto pode absorver esse nutriente em profundidade, pois no primeiro ano de cultivo o sistema radicular das árvores atinge profundidades superiores a 1 metro, dessa forma o K que se encontra a 40 cm de profundidade ou mais seria absorvido pelas raízes.

## 4.2 CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS

As concentrações foliares de N, P e Mg aos 12 meses, as de N, Mg e S aos 18 e as de K e Mg aos 24 meses de idade foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 6). No entanto, não houve efeito devido à redução das doses e parcelamentos da fertilização nitrogenada e potássica. A maior concentração foliar de N, P, Mg e S para o T1 (controle - sem adubação NPK) deve-se ao efeito concentração destes nutrientes no tecido vegetal, pois as plantas que não foram adubadas (T1) apresentaram menor crescimento em altura e diâmetro das plantas, e consequentemente, na produtividade de madeira. Ao contrario dos tratamentos que receberam a adubação mineral, em que, houve maior crescimento da cultura e menor concentração desses nutrientes devido ao efeito diluição.

Silva et al. (2008) constataram efeito da diluição do P na maior quantidade de biomassa produzida no tratamento com adubação mineral. Valeri et al. (2001) verificaram que a adubação potássica favoreceu o desenvolvimento das árvores, o que levou à diminuição do teor de N na madeira e nos ramos. Melo (2014) constatou que as concentrações de N, P, Ca, Mg e S diminuíram com a idade, indicando o efeito diluição com o crescimento da floresta.

Dell et al. (2001) propuseram as seguintes faixas consideradas adequadas para plantações de *E. urophylla* de um a dois anos de idade: 15-30 g de N kg<sup>-1</sup>; 1,2-3,1 g de P kg<sup>-1</sup>; 6-16 g de K kg<sup>-1</sup>; 3-15 g de Ca kg<sup>-1</sup>; 1,7-6,4 g de Mg kg<sup>-1</sup>, e 1-3 g de S kg<sup>-1</sup>. Portanto as concentrações de N, P, Ca, Mg e S, nas três épocas, estiveram dentro ou muito próximo dessa faixa.

Para as concentrações de K aos 24 e 36 meses de idade, a não fertilização mineral (T1) propiciou 3,3 g kg<sup>-1</sup> e 3,7 g kg<sup>-1</sup> de K no tecido foliar, sendo que esse valor está muito abaixo da faixa descrita por Dell et al. (2001), Gonçalves (2011) (5,5-8,5 g kg<sup>-1</sup> de K) e também do nível crítico propostos por Boardman et al. (1997) para *Eucalyptus* na fase juvenil (< 5 g kg<sup>-1</sup> de K).

O baixo valor desse nutriente no tecido foliar da planta implica no menor crescimento da cultura. Gonçalves et al. (2008) relataram que a aplicação desse elemento pode propiciar aumentos nas respostas com a idade da cultura. Melo (2014) constatou que em áreas que apresentam menores precipitações médias anuais e maior evapotranspiração, há manutenção das respostas à adubação potássica com avanço da idade do eucalipto.

**Tabela 6** - Concentrações de macronutrientes nas folhas de eucalipto aos 12, 18, 24 e 36 meses de idade em função de dos tratamentos com diferentes doses e parcelamento de fertilização. Três Lagoas/MS, 2012/15.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg <sup>-1</sup>					
12 meses						
T1	32,0 a	2,6 a	6,0 a	7,4 a	4,0 a	2,1 a
T2	29,6 ab	2,1 ab	8,0 a	5,1 a	3,4 ab	2,0 a
T3	26,9 b	1,6 b	8,7 a	5,2 a	2,8 b	1,7 a
T4	29,3 ab	1,9 ab	7,3 a	4,4 a	3,0 ab	1,7 a
T5	26,5 b	1,9 ab	6,7 a	5,7 a	3,2 ab	1,6 a
T6	28,3 ab	1,9 ab	8,0 a	5,7 a	3,3 ab	1,7 a
D.M.S. (5%)	5,0	0,7	3,2	3,2	1,1	0,5
C.V. (%)	6,14	13,05	15,25	20,57	12,13	9,50
18 meses						
T1	19,2 a	1,5 a	6,0 a	4,1 a	3,3 a	1,7 a
T2	19,0 a	1,4 a	8,0 a	3,2 a	2,0 ab	1,5 ab
T3	17,8 ab	1,3 a	7,3 a	3,7 a	2,4 ab	1,5 ab
T4	16,5 b	1,2 a	8,6 a	3,4 a	1,8 b	1,5 ab
T5	17,4 ab	1,3 a	6,7 a	3,5 a	2,0 ab	1,4 b
T6	16,2 b	1,3 a	8,0 a	3,5 a	1,9 ab	1,4 b
D.M.S. (5%)	2,2	0,3	2,7	1,0	1,4	0,2
C.V. (%)	4,44	7,67	12,66	9,84	22,47	5,90
24 meses						
T1	19,1 a	1,0 a	3,3 b	4,8 a	2,7 a	1,4 a
T2	18,3 a	0,9 a	6,0 a	4,0 a	1,6 ab	1,4 a
T3	17,9 a	1,0 a	6,0 a	4,7 a	1,8 ab	1,4 a
T4	16,9 a	0,8 a	5,3 ab	3,8 a	1,5 b	1,7 a
T5	18,0 a	1,0 a	4,7 ab	4,5 a	1,9 ab	1,2 a
T6	17,9 a	0,9 a	6,0 a	5,4 a	2,0 ab	1,3 a
D.M.S. (5%)	2,5	0,3	2,2	3,1	1,1	0,9
C.V. (%)	4,84	10,89	15,10	23,82	19,98	22,13
36 meses						
T1	13,6 a	0,8 a	3,7 b	10,5 a	3,8 a	1,4 a
T2	15,3 a	0,9 a	6,0 a	8,5 a	2,9 a	1,4 a
T3	17,2 a	1,3 a	6,0 a	7,8 a	2,9 a	1,5 a
T4	16,7 a	1,2 a	6,0 a	6,7 a	2,2 a	1,5 a
T5	14,9 a	0,9 a	6,0 a	8,2 a	2,4 a	1,4 a
T6	15,4 a	1,2 a	6,0 a	8,3 a	2,4 a	1,4 a
D.M.S. (5%)	3,9	0,5	0,3	5,1	2,5	0,4
C.V. (%)	8,90	14,97	2,10	21,41	12,61	8,52

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Nesse sentido, a omissão desse nutriente na prática da adubação resulta na baixa produtividade da cultura visto que é bastante requerido pela planta, principalmente, nas condições de solos arenosos com baixa disponibilidade de K e em regiões com condição climática de baixa precipitação média anual associada ainda a longo período de estiagem.

Barros, Novais e Neves (1990) relataram que a necessidade de potássio aumenta com o acúmulo de biomassa e, portanto, com a idade do *Eucalyptus*. No presente trabalho verifica-se que os teores de K nas folhas diminuem com o tempo (Tabela 6). De acordo com Silveira e Malavolta (2000), a deficiência de potássio tem sido comumente encontrada nos plantios de *Eucalyptus*.

Silveira et al. (2001) sugerem que em florestas com idades entre 12 a 18 meses deve ser realizado monitoramento nutricional, que tem como objetivo identificar qual(is) o(s) nutriente(s) limitante(s) ao desenvolvimento do eucalipto. Após o monitoramento, caso seja necessário, deve ser realizada a adubação de correção ou manutenção entre 18 e 24 meses após o plantio, nas florestas de baixo crescimento. No entanto, a adubação é recomendada para florestas de baixo crescimento, o que não ocorreu nesta pesquisa, sendo que com excessão da testemunha os demais tratamentos estão com incremento média anual superiores a  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  sendo essas produtividades superiores a média nacional, portanto não é considerada uma floresta de baixo crescimento, não necessitando de correção.

Em média as concentrações dos macronutrientes foram maiores aos 12 meses de idade em comparação as avaliações subsequentes. Laclau et al. (2003) verificaram a diminuição da participação das folhas na massa total da planta com avanço da idade das plantas, sendo que 30% da massa total da planta é constituído por tecido foliar, ao final do primeiro ano, e 15% aos 4 anos. Tal constatação evidencia maior demanda pelos nutrientes armazenados nas folhas pelos compartimentos caule, casca e raízes, sendo esses mais representativos.

Melo (2014) também constatou que as maiores concentrações de N foram verificadas aos 12 meses de idade ( $26,9 \text{ g kg}^{-1}$  de N), e a redução da concentração desse nutriente com a idade deve-se ao efeito de diluição, pois ocorreu rápido crescimento das plantas após esta idade. Este autor também verificou esse efeito para P, Ca, Mg, S e dos micronutrientes (B, Zn e Mn). Portanto, a redução dos teores de macronutrientes com aumento da idade do eucalipto, encontradas nesse estudo, ocorreram provavelmente pelo efeito diluição.

### 4.3 AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

Conforme descrito na Tabela 3, com exceção do tratamento T1, que não recebeu fertilização, a dose de  $P_2O_5$  foi de  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  para todos os demais tratamentos. De acordo com Novais, Barros e Neves, (1986) na fase de manutenção da floresta o nível crítico para obtenção de produtividades de  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em solos argilosos e de textura média/arenosa é de 4,5 e 6,5  $\text{mg dm}^{-3}$ , esse nível crítico de manutenção considerado foi estabelecido em função da produtividade esperada e do tipo de solo. Considerando esses níveis críticos propostos por Novais, Barros e Neves, (1986), nos tratamentos que receberam a fertilização, os teores de P na linha de plantio estiveram bem acima do adequados no solo aos 36 meses de idade do eucalipto (Tabela 7).

Considerando os limites de interpretação dos teores dos nutrientes proposto por Raij et al. (1997), os teores de P estão muito altos na linha aos 36 meses de idade do eucalipto ( $> 16 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, para espécies florestais).

Na entre linha os teores ficaram baixos, (3-5  $\text{mg dm}^{-3}$  de P, para espécies florestais) de acordo com limites de interpretação dos teores dos nutrientes proposto por Raij et al. (1997). Porém, o fertilizante fosfatado foi aplicado no sulco de plantio, e este nutriente tem baixa mobilidade no solo, o que explica as baixas concentrações na entre linha.

De maneira geral, nas folhas os teores também estiveram adequados ou muito próximos das faixas propostas por Dell et al. (2001), indicando que a aplicação de  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de P foi suficiente para suprir a necessidade de P das plantas nesse experimento.

Os teores de Ca estavam baixos na linha de plantio (0-3  $\text{mmolc dm}^{-3}$ ), em ambas as profundidades. Na entre linha os teores de Ca também estavam baixos, verifica-se que na entre linha os teores de Ca pouco maiores na superfície do que na camada de 0,20-0,40 m. O calcário foi aplicado a lanço e não incorporado, o que explica o maior teor de Ca na superfície.

Os teores de Ca estavam pouco maiores na entre linha do que na linha. A maior concentração de raízes do eucalipto está localizada na linha de plantio, e provavelmente as raízes do eucalipto presentes na linha de plantio absorveram o Ca aplicado na calagem.

Em relação ao potássio, em todas as amostras coletadas na linha, nas profundidades de 0,20 m e 0,40 m, independente da dose aplicada e do parcelamento, verificam-se teores muito baixos no solo (0,0-0,7  $\text{mmolc dm}^{-3}$ ) aos 36 meses, segundo os limites de interpretação propostos por Raij et al. (1997). Esses resultados demonstram que as plantas absorveram todo o K aplicado nas adubações, inclusive o K que pode ter sido lixiviado para as profundidades

até 0,40 m, pois assim como aos 0,20 m, nessas profundidades os teores também estão muito baixos no solo, sugerindo novamente que as raízes do eucalipto foram capazes de absorver os nutrientes em profundidade.

**Tabela 7** – Teores de macronutrientes na linha e entre linha das plantas de eucalipto aos 36 meses de idade, nas profundidades de 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m, em função de tratamentos com diferentes doses e parcelamento de fertilização. Três Lagoas/MS, 2012/15.

Prof. (cm)	Tratamentos	linha				
		P	S	K	Ca	Mg
		mg dm <sup>-3</sup>			mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	
0-20	T1	3,33 b	3,33 a	0,13 a	1,33 a	1,67 a
	T2	15,33 a	2,67 a	0,13 a	1,67 a	1,67 a
	T3	18,33 a	3,00 a	0,20 a	1,67 a	1,33 a
	T4	17,33 a	3,33 a	0,13 a	1,00 a	1,00 a
	T5	18,00 a	2,33 a	0,13 a	1,00 a	1,00 a
	T6	16,00 a	2,67 a	0,17 a	2,00 a	1,67 a
D.M.S. (5%)		11,67	2,46	0,16	1,77	1,43
C.V. (%)		27,94	12,33	4,45	15,40	13,22
20-40	T1	3,00 b	3,00 a	0,10 a	1,67 a	2,00 a
	T2	23,67 a	2,67 a	0,13 a	1,00 a	1,00 a
	T3	20,33 a	2,67 a	0,10 a	1,00 a	1,00 a
	T4	23,00 a	3,67 a	0,13 a	1,00 a	1,00 a
	T5	23,33 a	3,00 a	0,17 a	1,67 a	2,00 a
	T6	21,00 a	3,33 a	0,13 a	1,00 a	1,00 a
D.M.S. (5%)		4,29	2,30	0,13	1,43	1,72
C.V. (%)		7,94	11,13	3,69	12,80	14,67
Entre linha						
0-20	T1	3,67 a	2,67 a	0,10 b	3,50 a	4,33 a
	T2	3,33 a	3,00 a	0,23 a	1,33 ab	1,00 b
	T3	4,00 a	3,33 a	0,13 ab	1,67 ab	2,00 ab
	T4	3,00 a	3,00 a	0,20 ab	2,00 ab	2,00 ab
	T5	3,33 a	2,67 a	0,13 ab	1,00 b	1,67 ab
	T6	4,33 a	2,67 a	0,20 ab	3,00 ab	3,00 ab
D.M.S. (5%)		1,43	1,23	0,12	2,24	2,70
C.V. (%)		14,00	15,04	24,49	15,32	17,15
20-40	T1	3,00 a	5,33 a	0,13 a	1,00 a	2,00 a
	T2	3,00 a	3,33 a	0,20 a	1,33 a	1,00 a
	T3	3,00 a	4,33 a	0,10 a	1,00 a	1,00 a
	T4	3,00 a	3,00 a	0,10 a	1,00 a	1,00 a
	T5	2,67 a	4,00 a	0,10 a	1,00 a	1,00 a
	T6	3,00 a	3,33 a	0,13 a	1,67 a	1,67 a
D.M.S. (5%)		0,67	3,13	0,15	1,55	1,34
C.V. (%)		8,00	28,43	4,14	14,15	11,54

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Verifica-se que a maior dose de  $K_2O$  não proporcionou níveis mais altos desse nutriente no solo, sendo que independente da dose aplicada em todas as análises os teores de K estão muito baixos no solo.

Esperava-se que o parcelamento da adubação resultasse em maiores quantidades de K no solo, porém, não foi o que ocorreu nesta pesquisa, aos 36 meses de idade o parcelamento das doses de  $K_2O$  não resultou em maiores teores do nutriente no solo.

Embora os teores de  $K_2O$  estejam baixos no solo aos 36 meses, de acordo com Barros, Novais e Neves (2000), quando a floresta está em idade mais jovem, o acúmulo de nutrientes é um pouco maior do que o acúmulo relativo de biomassa, porém em idades mais avançadas, isto é, após o terceiro ano, há rápida e maior alocação de biomassa no tronco, galhos e raízes mais grossas, componentes com menores teores de nutrientes. Assim ao considerar a biomassa total do povoamento, a proporção daqueles componentes diminui com a idade, assim como a demanda relativa de nutrientes. Os nutrientes móveis são redistribuídos internamente na planta, o que leva ao aumento da eficiência de utilização dos mesmos. E nesta idade da floresta esta em atividade o ciclo biogeoquímico no qual os nutrientes que foram absorvidos pelas plantas retornam ao solo pela decomposição das raízes mortas e da serapilheira e são reabsorvidos pelas raízes, e a resultante final é uma menor demanda sobre as reservas de nutrientes no solo.

Ressalta-se que aos 36 meses os teores foliares de  $K_2O$  nas folhas estão adequados de acordo com os limites propostos por Dell et al. (2001), o que sugere que a ciclagem esta disponibilizando quantidades suficientes de nutrientes para atender a demanda das plantas e manutenção de teores adequados de nutrientes.

## 5 CONCLUSÕES

O parcelamento de N e  $K_2O$  em cobertura não altera a altura de plantas, o DAP e o volume total de madeira com casca do eucalipto aos 36 meses de idade.

Aos 36 meses de idade do clone I-144 não há resposta a redução das doses de N e  $K_2O$ , mesmo em solo de textura arenosa com baixos teores de K e matéria orgânica.

Nas cinco épocas avaliadas, a adubação NPK em dose única, reduzida ou não, proporcionaram maior DAP, altura e volume de madeira com casca em relação à não aplicação de adubo.

## REFERÊNCIAS

- ADDISCOTT, T. M. **Nitrate, agriculture and environment**. Wallingford: CABI Publishing, 2004. 279 p.
- ALEIXO, V.; MALAVASI, U. C. O uso de bio-sólido como fertilizante em *Eucalyptus*. **Varia Scientia**, Cascavel, v. 4, n. 8, p. 149-154, 2004.
- ALMEIDA, J. C. R.; LACLAU, J. P.; GONÇALVES, J. L. M.; MOREIRA, R. M.; ROJAS, J. S. D. Índice de área foliar de *Eucalyptus grandis* em resposta à adubação com potássio e sódio. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 1., Taubaté, 2007. **Anais...** Taubaté: UNITAU, 2007. p. 1-7.
- ALVES, F. F. **Seca de ponteiros e crescimento de clones de eucalipto em diferentes doses de adubação**. 2011. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF-2013 ano base 2012**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 05 dez. 2013.
- ASSOCIAÇÃO MINEIRA SILVICULTURA - AMS. **Silvicultura**. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<http://www.silviminas.com.br/principal/iConteudo.aspx?cty=46&cnt=283&ano=28&mn=0>>. Acesso em: 21 mar. 2012.
- ASSOCIAÇÃO SUL-MATO-GROSSENSE DE PRODUTORES E CONSUMIDORES DE FLORESTAS PLANTADAS – REFLORE. **Revista MS Florestal 2013**. Campo Grande, 2013. Disponível em: <<http://www.reflore.com.br/dados/revista-ms-florestal-2013>>. Acesso em: 30 jun. 2014.
- AGUIAR, E. G. **Volume, biomassa e rendimento de óleos essenciais do craveiro (*Pimenta pseudocaryophyllus* (Gomes) Landrum) em floresta ombrófila mista**. 2005. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- ANDRADE, G. C.; BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D.; RIZZI, N. E.; GAVA, J. L. Acúmulo de nutrientes na biomassa e na serapilheira de *Eucalyptus grandis* em função da aplicação de lixo urbano e de nutrientes minerais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 109-136, 2006.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F.; **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: [s. n.], 2009. p. 21-24.
- ARAÚJO, E. F.; GAVA, J. L.; SOUZA, A. J.; SILVEIRA, R. L. V. A. Crescimento de clones de *Eucalyptus* em resposta à aplicação de nitrogênio em espodossolo no sul da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais..** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 1 - 4.

BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; ALVES, B. J. R.; FONSECA, S. Mineralização de nitrogênio e carbono em solos sob plantações de eucalipto, em uma sequência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 735-745, 2010.

BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Fertilidade de solos, nutrientes e produção florestal. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 76-79, 2005.

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

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: Folha de Viçosa, 1990. p. 127-186.

BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A. Nutrientes minerais e crescimento de árvores adubadas de *Eucalyptus grandis*, na região do cerrado, no Estado de São Paulo. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 26/27, p. 17-28. 1993.

BENATTI, B. P. **Compartimentalização de biomassa e de nutrientes em estruturas de plantas de eucalipto cultivadas em solos distintos**. 2013. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

BERTI, C. L. F. **Variação genética, herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento e forma, em teste de progênies de polinização aberta de *Eucalyptus cloeziana*, aos 24 anos de idade em Luiz Antônio-SP**. 2010. 70 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2010.

BERINGER, H.; NOTHDURFT, F. Effects of potassium on plant and cellular structures. In: MUNSON, R.D. (Ed.). **Potassium in Agriculture**: American Society of Agronomy. Madison: Crop Science Society of America, 1985.

BOARDMAN, R.; CROMER, R.N.; LAMBERT, M.J.; WEBB, M.J. Forest plantations. In: REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B.. **Plant analysis an interpretation manual**. Collingwood: CSIRO, 1997. cap.10, p. 505-566.

BRAGA, J. L. P. **Estabilidade fenotípica de clone de *Eucalyptus urograndis*, na fazenda Bom Jardim - Aparecida - SP**. 2008. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CASTRO, M. M. **Custo com adubação de plantio de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) utilizando programação linear**: estudo de caso de uma propriedade rural do Distrito Federal - BR. 2011. 21 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

CARRIJO, P. R. M.; BOTREL, M. C. G.; FAGUNDES, R. S. Avaliação da distribuição da normalidade dos dados do diâmetro à altura do peito em florestas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na região de Cascavel - PR. **Revista Cultivando O Saber**, Cascavel, v. 1, n. 1, p. 95-106, 2008.

CHAEBO, G.; CAMPEÃO, P.; KODAMA, A. K.; SANTOS, A. B.; NORILLER, R. M. Silvicultura em Mato Grosso do Sul: desafios e perspectivas a formulação de um arranjo produtivo local. In: CONGRESSO SOBER, 48., 2010, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2010. p.1-17. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/15/1156.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2012.

COSTA, M. C. G.; TONINI, H.; SCHWENGBER, J. A. M.; CANTARELLA, H. Crescimento inicial do *Eucalyptus camaldulensis* em função da adubação NPK. In: FERTBIO, 28., 2008, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2008. p. 1 - 4. CD-ROM.

COSTA, M. C. G.; TONINI, H.; SCHWENGBER, J. A. M. **Aspectos sobre nutrição e adubação do eucalipto**: fundamentos para pesquisas em Roraima. Boa Vista: EMBRAPA – RORAIMA, 2007. 36 p. (EMBRAPA – CNPF, Documentos, 03).

CUNHA, F. N.; COLODRO, G.; SILVA, N. F.; ALVES, G. M.; OLIVEIRA, R. C.; BASTOS, F. J. C. Quantificação do estoque de fitomassa em cultivo de eucalipto em um neossolo quartzarênico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 1 - 4. CD-ROM.

CURI, N.; KÄMPF, N.; MARQUES, J. J. Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros. In: YAMADA, T. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2005. Cap. 4, p. 71-91.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 91-132.

DELL, B.; MALAJCZUK, D.; XU, D.; GROVE, T. S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Camberra: ACIAR, 2001. 188 p.

DIAS, S. C. M.; BARROS FILHO, N. F.; BARROS, N. F. Teores críticos de nutrientes em minijardim clonal de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 1 - 4. CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma cerrado**. Planaltina: Embrapa, 2008. 60 p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.

ERNANI, P. R.; BAYER, C. Mobilidade vertical de cátions em solos decorrente de métodos da aplicação de cloreto de potássio. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 4., 2002, Porto Alegre. **Resumos expandidos...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. CD-ROM.

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

FERNANDEZ, J. Q. P.; DIAS, L. E.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; MORAES, E. J. Productivity of *Eucalyptus camaldulensis* affected by rate and placement of two phosphorus fertilizers to a Brazilian Oxisol. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 127, p. 93-102, 2000.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, L. N. **Estudo de tempos e movimentos na operação de adubação de plantio na empresa Eucatex S.A. Botucatu, São Paulo**. 2011. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; SANTOS, G. A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 893-901, 2005.

GAVA, J. L.; ARAÚJO, E. F.; SILVEIRA, R. L. V. A. Crescimento de clones de *Eucalyptus* em resposta aplicação de nitrogênio em solos com alto teor de matéria orgânica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCS, 2003. p. 1-3.

GAVA, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; SHIBATA, F. Y.; CORRADINI, L. Eficiência relativa de fertilizantes fosfatados no crescimento inicial de eucalipto cultivado em solos do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 497-504, 1997.

GAZOLA, R. N. **Adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na cultura do eucalipto (Clone I 144 – E. urograndis)**. 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2014.

GONÇALVES, J. L. M. Fertilização de Plantações de Eucalipto. In: GONÇALVES, J. L. M.; PULITO, A. P.; ARTHUR JUNIOR, J. C.; SILVA, L. D. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2., 2011, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 2011. p. 85-114.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P.; RANGER, J. Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing *Eucalyptus* plantations the Brazilian experience. **Southern Forests, a Journal of Forest Science**, Menlo Park, v. 70, n. 2, p. 105-118, 2008.

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. 427 p.

GONÇALVES, J. L. M.; RAIJ, B. van; GONÇALVES, J. C. Florestais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p. 247-260.

GOMES, S. S.; MORAES, L. F.; MACHADO, R. T. P. Disponibilidade de nitrogênio e potencial de resposta à adubação nitrogenada em plantações de *Eucalyptus* spp. no estado de São Paulo. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Agrárias**, Itapeva, p.1-4, 2008.

GULLO, S. D. Histórico e justificativas do uso de fosfato orgânico de Arad e fórmulas NPK ourofós na agricultura. **ADDUBARE**, Piracicaba, ano. 1, n. 3, p.7, 2002. Disponível em: <<http://www.rragroflorestal.com.br/addubare/nr003.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2012.

HASSE, G. **Eucalipto: histórias de um imigrante vegetal**. Porto Alegre: JA Editores, 2006. 127 p.

KREJCI, L. C. **Desenvolvimento do sistema radicular de eucaliptos sob diferentes condições de solo**. Salvador: COPENER, 1986. 24p.

LACLAU, J. P.; DELEPORTE, P.; RANGER, J.; BOUILLET, J.P.; KAZOTTI, G. Nutrient Dynamics throughout the Rotation of *Eucalyptus* Clonal Stands in Congo. **Annals of Botany**, Oxford, v. 91, n. 7, p. 879-892, 2003.

LEITE, P. B.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; GUARÇONI M, A.; ZANÃO JÚNIOR. L. A. Níveis críticos de fósforo, para eucalipto, em casa de vegetação, em função da sua localização no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p.1311-1322, 2011.

LOPES, A. S.; BASTOS, A. R. R.; DAHER, E. Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados e sulfatados na agricultura brasileira: Uma visão do futuro. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: INPI, 2007. p.161-187.

MAEDA, S.; BOGNOLA, I. A. Efeito da calagem, do fosfato natural de Gafsa e superfosfato triplo no crescimento inicial e absorção de fósforo em *Eucalyptus dunnii*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p.355-361, 2011.

- MAEDA, S. **Cultivo do eucalipto: recomendações de adubação mineral**. Brasília, DF: Embrapa Florestas, 2010. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto\\_2ed/Recomend\\_Dose\\_Nutri.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto_2ed/Recomend_Dose_Nutri.htm)>. Acesso em: 22 mar. 2012.
- MALAVOLTA, E. O fósforo na planta e interações com outros elementos. . In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. p. 35-105.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, E. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas (princípios e aplicações)**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MARTINS, L. G. C.; ALMADO, R. P.; SCATOLINI, F. M. Alterações nas propriedades químicas de um solo de cerrado sob cultivo de eucalipto na região de Carbonita - MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 1 - 4. CD-ROM.
- MATOS, G. S. B.; GAMA, M. A. P.; SILVA, G. R.; VALE, R. S.; BORGES, R. S.; RIBEIRO, N. L. A. Macronutrientes foliares, fertilidade do solo e desenvolvimento inicial de clones de eucalipto no nordeste paraense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011a.p. 1 - 4. CD-ROM.
- MATOS, G. S. B.; GAMA, M. A. P.; SOUZA, A. B.; PEREIRA, D. N.; TEIXEIRA, S. C.; GONÇALVES, D. A. M.; RAMOS, H. M. N. Estado nutricional de plantio de eucalipto no nordeste paraense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011b. p. 1 - 4. CD-ROM.
- MELO, E. A. S. C. **Nutrição e fertilização de plantações clonais de eucalipto sob diferentes condições edafoclimáticas**. 2014. 187 f. Tese (Doutorado em Ciências/Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.
- MORAES, L. F.; OLIVEIRA, J. V.; GOMES, S. S. Biodisponibilidade de nitrogênio e potencial de resposta à adubação nitrogenada em plantações de *Eucalyptus ssp*. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Agrárias**, Itapeva, v.2, n.3, p. 1-4, 2007.
- McCULLEY, et al. Nutrient uptake as a contributing explanation for deep rooting in arid and semi-arid ecosystems. **Oecologia**, Durham, v.141, 620-628, 2004.
- NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p.319-330, 2011.

NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Nutrição Mineral o eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. (eds.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Editora Folha de Viçosa, 1990. 330 p.

NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. & NEVES, J.C.L. Interpretação de análise química do solo para o crescimento e desenvolvimento de *Eucalyptus* spp. Níveis críticos de implantação e de manutenção. **Revista Árvore**, Viçosa, 10;105-111, 1986.

NOVAIS, R. F.; RÊGO, A. K.; GOMES, J.M. Níveis críticos de fósforo para eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 29-37, 1982.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta a adubação e ao espaçamento. **Revista árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 15-23, 2003.

OKADO, K. **Adubação com N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O apenas em cobertura no crescimento de *Eucalyptus urograndis*, na região do Pontal do Paranapanema - SP**. 2010. 35 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2010.

PAULA, T. A.; LOPES, G. A. Crescimento do eucalipto sob diferentes doses e fontes de fósforo em áreas de cultivo mínimo. **ADDUBARE**, Piracicaba, ano. 2, n. 9, p.7-8, 2003. Disponível em: <<http://www.rragroflorestal.com.br/addubare/nr009.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2012.

PEÑALOZA, E. R. P. **Efecto de la fertilización sobre plantaciones de *Eucalyptus globulus* (Labill.) y *Eucalyptus nitens* (Maiden) de siete años de edad en la comuna de Máfil, provincia de Valdivia**. 2005. 115 f. Dissertação (Profesional de Ingeniero Forestal) - Departamento de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago, 2005.

PIAZON NETO, M.; GUERRINI, I. A.; LEITE, R. M.; GARCIA, E. A.; BERTOZZO, F.; FIORI, M. S.; SILVA, G. S. Crescimento de *Eucalyptus* spp. sob diferentes doses de cálcio, magnésio e potássio. In: ANAISREUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS - FERTBIO, 19., 2010, Guarapar. **Anais...** Guarapari: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1 - 4. CD-ROM.

PINTO, S. I. C. **Cinética de absorção conjunta de fósforo, potássio, cálcio e magnésio e eficiência nutricional de macronutrientes de clones de eucalipto**. 2009. 117 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PINTO, S. I. C.; FURTINI NETO, A. E.; NEVES, J. C. L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p.523-533, 2011.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285 p.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100).

RANCE, S.J.; MYERS, R.J.K.; CAMERON, D.M. Dynamics of uptake, distribution and utilization of nitrogen applied at different times after planting in a *Eucalyptus grandis* plantation. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 324, n. 1-2, p. 241-252, 2009.

ROCHA, J. H. T.; PRIETO, M. R.; BORELLI, K.; BACKES, C. Índice de sobrevivência e desenvolvimento inicial de mudas de *Eucalyptus urograndis* no campo em função de doses de fósforo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 1 - 4. CD-ROM.

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

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n.4, p.2723-2733, 2008.

SANZONOWICS, C.; MIELNICZUK, J. Distribuição do potássio no perfil de um solo influenciado pela planta, fontes e métodos de aplicação de adubos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 9, p.45-50, 1985.

SIDDIQI, M. Y.; SHAH, A. H.; TARIQ, M. A. Effects of fertilization and water stress on *Eucalyptus camaldulenses* seedlings. **Journal of Tropical Forest science**, Kuala Lumpur, v. 20, n. 3, p. 205-210, 2008.

SILVA, P. H. M. **Impactos das doses e do parcelamento da fertilização na produtividade, lixiviação e ciclagem de nutrientes em plantações de eucalipto**. 2011. 118 f. Tese (Doutorado em Ciências/Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. Volume de madeira e concentração foliar de nutrientes em parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis* fertilizadas com lodos de esgoto úmido e seco. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 845-854, 2008.

SILVA, P. H. M. **Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies nativas, 2005**. Piracicaba: IPEF, 2005. Disponível em: <<http://www.ipef.br/silvicultura/adubacao.asp>>. Acesso em: 23 abr. 2013.

- SILVA, C. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; CAMARGO, F. R. A.; PATROCÍNIO, D. D.; HIGASHI, E. N. Crescimento de clone híbrido de *Eucalyptus* em função da aplicação de nitrogênio na presença e ausência de potássio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **A...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 1 - 3.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; GAVA, J. L.; MALAVOLTA, E. O potássio na cultura do eucalipto. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2005. p. 523-590.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; GAVA, J. L. Nutrição e adubação fosfatada em eucalipto. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. p. 495-536.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; GAVA, J. L. Adubação e nutrição fosfatada em *Eucalyptus*. **ADDUBARE**, Piracicaba, ano. 2, n. 7, p. 3, 2003. Disponível em: <<http://www.rragroflorestal.com.br/addubare/nr007.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2012.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. **Seja o doutor do seu eucalipto**. Piracicaba: POTAFOS, 2001. 23 p.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; MALAVOLTA, E. **Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus***. Piracicaba: POTAFOS, 2000. 12 p. (Informações Agronômicas, n. 91)
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS. **Fatos e números do Brasil florestal**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br>>, 2006. Acesso em: 13 de fevereiro de 2012.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa, 2004. p. 147-168.
- STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G. Production and carbon allocation in a clonal *Eucalyptus* plantation with water and nutrient manipulations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 3, p. 920-930, 2008.
- STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. Fósforo: essencial para a vida. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. p.1-12.
- STAHL, J. **Resposta inicial de *Eucalyptus* spp. à adubação fosfatada e potássica no planalto sul catarinense**. 2009. 70 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2009.
- SZYMCZAK, D. A.; WENDEW, C. F.; REDIN, C. G.; SOUZA, D. B.; SILVA, D. T.; WINK, C.; SCHUMACHER, M. V. Características químicas e físicas de um solo sob plantio de *Eucalyptus citriodora* e de uma lavoura em pousio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 1-4. CD-ROM.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722 p.

TAKAHASHI, E. N.; FRANCISCATE, W.; SILVA, A. C.; SILVEIRA, R. L. V. A.; SILVEIRA, R. I. Estudos realizados com a adubação nitrogenada na Votorantim Celulose e Papel mostram ganhos de produtividade em eucalipto. **ADDUBARE**, Piracicaba, v. 3, n. 11, p. 9-12, 2004. Disponível em: <<http://www.rragroflorestal.com.br/addubare/nr011.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2015.

TEIXEIRA, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; ARTHUR JUNIOR, J. C. Crescimento e partição de matéria seca de mudas de eucalipto em função da adubação potássica e água do solo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 53, n. 310, p. 662-671, 2006.

THIERS E, O.; GERDING, V.; SCHLATTER, J. E. Exportación de nitrógeno y calcio mediante raleo enunrodal de *Eucalyptus nitens* de 5 años de edad, Chile. **Bosque**, Valdivia, v. 28, n. 3, p. 256-262, 2007.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; CARVALHO, C. M.; VEIGA, R. A. A. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* HILL EX-MAIDEN e *Acacia mangium* WILLD em diferentes níveis de adubação. **Revista Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 83-88, 2000.

VALERI, S. V.; FERREIRA, M. E.; MARTINS, M. I. E. G.; BANZATTO, D. A. ALVARENGA, S. F.; CORRADINI, L. VALLE, C. F. Recuperação de povoamento de *Eucalyptus urophylla* com aplicações de nitrogênio, potássio e calcário dolomítico. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 60, p. 53-71, 2001.

VALERI, S. V.; AGUIAR, I. B.; CORRADINI, L. Composição química foliar e crescimento volumétrico de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden cultivado em areia quartzosa, em resposta à aplicação de fósforo e calcário dolomítico. **IPEF**, Piracicaba, n. 46, p. 63-75, 1993.

VIEIRA, A. A. G.; TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; LIMA, E.; ZONTA, E. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes ao solo pela espécie *Eucalyptus urograndis*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 4, n. 2, p. 40-43, 2009.

VILLANI, E. M. A. **Carbono, nitrogênio e fósforo da biomassa microbiana: métodos de avaliação e influência da adubação fosfatada em plantações de eucalipto**. 2003. 71 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

WADT, P. G. S.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; DIAS, L. E. Variações no estado nutricional de eucaliptos por influência do material genético e da idade da árvore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 10, p. 1797-1803, 1999.