

**CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E
EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE FÓSFORO
EM PLANTAS JOVENS DE
Eucalyptus urophylla S.T. Blake**

THAIS GALHARDO GODOY

2007

THAIS GALHARDO GODOY

**CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E EFICIÊNCIA DE
UTILIZAÇÃO DE FÓSFORO EM PLANTAS JOVENS DE
Eucalyptus urophylla S.T. Blake**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Floresta de Produção, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Sebastião Carlos da Silva Rosado

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Godoy, Thais Galhardo

Características de crescimento e eficiência de utilização de fósforo em plantas jovens de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake / Thais Galhardo Godoy. -- Lavras: UFLA, 2007.

44 p.: il.

Orientador: Sebastião Carlos da Silva Rosado.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. *Eucalyptus urophylla*. 2. Crescimento inicial de mudas. 3. Eficiência de uso de fósforo. 4. Melhoramento genético. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.97342

THAIS GALHARDO GODOY

**CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E EFICIÊNCIA DE
UTILIZAÇÃO DE FÓSFORO EM PLANTAS JOVENS DE
Eucalyptus urophylla S.T. Blake**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Floresta de Produção, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 4 de maio de 2007.

Prof. Dr. Samuel Pereira de Carvalho - UFLA

Prof. Dr. Evaristo Mauro de Castro - UFLA

Prof. Dr. Sebastião Carlos da Silva Rosado
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus, pela minha existência e por me guiar em todos os momentos,
A minha família, pelo significado da vida,

DEDICO

Aos meus avós, Deda e Délcio, pela dedicação, amor, apoio e compreensão.
Às meninas com quem convivi nestes anos, pelo incentivo e amizade.
Ao meu namorado, pela confiança e carinho.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade de realização do mestrado.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

À empresa Carvovale Ltda., pela concessão das mudas, em especial a Inácio, Adelson, Acário, Eduardo e Selma.

Ao professor Sebastião Carlos da Silva Rosado, pela orientação, sem a qual este trabalho não seria possível.

Ao professor Ari, à professora Dulcinéia de Carvalho e ao professor Furtini.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Ciências Florestais que me auxiliaram nessa caminhada.

Ao Departamento de Ciências do Solo, em especial Adalberto e Cristina.

A todos os estudantes de graduação e pós-graduação que auxiliaram na implantação do experimento laboratorial, nas coletas de dados, em especial ao Deco, Magá, Rejane, Ana Carolina e João Fernando.

Às meninas com quem convivi nestes dois anos: Bia, Gi, Camila, Jana, Elisa, Mariana, Mabtuya, Ana, Livya e Fabi.

Muito obrigada a todos que colaboraram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Thais Galhardo Godoy, filha de Antônio Henrique Godoy e Miriam Aparecida Galhardo, nasceu em 21 de julho de 1982, na cidade de Tambaú, SP.

Graduou-se em Engenharia Florestal pela Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça (FAEF), em janeiro de 2004.

Em fevereiro de 2005, ingressou no Mestrado em Engenharia Florestal, na área de concentração Floresta de Produção, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), defendendo a dissertação em 4 de maio de 2007.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO	03
2.1 Qualidade de mudas	03
2.2 Características de crescimento	04
2.3 Sobrevivência e crescimento de mudas no campo	07
2.4 Fósforo: disponibilidade, absorção e metabolismo	09
2.5 Eficiência de utilização nutricional	12
2.6 O papel do melhoramento	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Material genético	16
3.2 Localização do viveiro	16
3.3 Produção das mudas	16
3.4 Delineamento experimental, coleta e análise de dados	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Características de crescimento	24
4.2 Características nutricionais de P nas mudas	30
5 CONCLUSÕES	37
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

RESUMO

GODOY, Thais Galhardo. **Características de crescimento e eficiência de utilização de fósforo em plantas jovens de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake.** 2007. 44 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Floresta) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

O experimento foi realizado, no viveiro da Empresa Carvovale Ltda., localizada no município de Taiobeiras, MG, com mudas produzidas por miniestaquia. O objetivo foi o de selecionar genótipos superiores para características de crescimento em mudas de *Eucalyptus urophylla*, bem como para a eficiência de utilização de fósforo destas, correlacionando-as com o crescimento inicial em altura no campo, aos oito meses de idade. O delineamento usado no viveiro foi de blocos inteiramente casualizados, com oito clones, três repetições e quatro plantas por parcela. O delineamento utilizado no campo também foi o de blocos inteiramente casualizados, com oito clones, quatro blocos e nove plantas por parcela. Os dados referentes às características de crescimento e nutricionais de fósforo foram obtidos aos 120 dias de idade, sendo estes: altura das mudas no do campo, após oito meses de plantio (Hc); altura da muda (Hm); diâmetro do colo da muda (Dc); diâmetro do broto da estaca (Db); peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA); peso de matéria seca da raiz (PMSR); peso de matéria seca total (PMST); relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca de raiz (PMSPA/PMSR); índice de qualidade de Dickson do diâmetro do colo da estaca (IQD-Dc); índice de qualidade de Dickson do diâmetro do broto da estaca (IQD-Db); concentração de fósforo na parte aérea (CPPA); concentração de fósforo na raiz (CPR); conteúdo de fósforo na parte aérea (CtPPA); conteúdo de fósforo na raiz (CtPR); conteúdo de fósforo total na muda (CtPT); eficiência de utilização do fósforo na parte aérea (EUP-PA); eficiência de utilização de fósforo na raiz (EUP-R) e eficiência de utilização do fósforo total (EUP-T). As análises de variância mostraram que existem diferenças genéticas significativas entre clones para todas as características e, tendo em vista os altos valores de herdabilidade encontrados, os ganhos genéticos estimados foram de grande magnitude. No estudo de previsão de ganho genético indireto, verificou-se que a seleção, em mudas no viveiro, para Dc, PMSPA/PMSR, IQD-Dc e para todas as EUP propiciaram os maiores valores de ganho indireto em altura das mudas no campo.

Palavras-chaves: *Eucalyptus urophylla*, crescimento inicial de mudas, eficiência de uso de fósforo, melhoramento.

*Orientador: Sebastião Carlos da Silva Rosado – UFLA (Orientador).

ABSTRACT

GODOY, Thais Galhardo **Growth features and phosphorous uptake efficiency of young plants of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake.** 2007. 44 p. Dissertation (Masters in Forest Engineering) Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais Brazil.*

The experiment was carried out in the nursery of the Carvovale Company, located in the city of Taiobeiras - MG, where seedlings were produced through vegetative propagation, with the purpose of selecting superior genotypes for growth features in *Eucalyptus urophylla* seedlings, as well as for the efficiency of phosphorous uptake, correlating with the initial growth in height under field condition up to eight months of age. The experiment design in the nursery used entirely randomized blocks with eight clones, three repetitions and four plants per sample plot. The same design was used in the field with eight clones, four blocks and nine plants per sample plot. The data obtained at 120 days of age for growth features and phosphorous uptake were plant height in the field eight months after plantation (Hc); prop height (Hm); diameter at the stem base (Dc); diameter at the sprout base (Db); dry matter weight of above ground tissues (PMSPA); dry matter weight of the root system (PMSR); total dry matter (PMST); above ground and root system dry matter weight ratio (PMSPA/PMSR); Dickson quality index of the diameter at the prop base (IQD-Dc); Dickson quality index of the diameter at the sprout base (IQD-Db); concentration of phosphorous in the aerial part (CPPA); concentration of phosphorous in the root system (CPR); phosphorous content in the above ground tissues (CtPPA); phosphorous content in the root system (CtPR); total phosphorous content in the prop (CtPT); phosphorous efficiency uptake in the above ground tissues (EUP-PA); phosphorous efficiency uptake in the root system (EUP-R) and total phosphorous efficiency uptake (EUP-T). The analyses of variance showed that there were significant genetic differences among clones for all variables, and in the face of the high heritability, the estimated genetic gains were of great magnitude. The study of predicted indirect genetic gains showed that selection of seedlings in the nursery based on Dc, IQD-Dc, PMSPA/PMSR and for all EUP favoured higher values of indirect gains in plant heights in the field.

Keys words: *Eucalyptus urophylla*, initial growth of props, efficiency of phosphorous uptake, genetic improvement.

*Guidance Committee: Sebastião Carlos da Silva Rosado – UFLA (Adviser).
rosiro

1 INTRODUÇÃO

A atividade de reflorestamento e os produtos por ela gerados têm contribuído para a modificação do quadro econômico de várias regiões brasileiras, principalmente naquelas onde se implantaram amplos programas de reflorestamento com *Eucalyptus*, para suprimento de matéria-prima destinada ao abastecimento dos segmentos industriais, como celulose e papel, produtos sólidos de madeira, painéis reconstituídos, móveis, siderurgia, carvão vegetal e energia. Como exemplo dessas regiões, podem-se mencionar o cerrado de Minas Gerais, uma das principais produtoras de madeira para a produção de carvão e o abastecimento de parques siderúrgicos; várias localidades do Espírito Santo, Rio Grande do Sul e São Paulo, que são os principais produtores de celulose e, mais recentemente, os parques moveleiros localizados em São Bento do Sul (SC), Linhares (ES), Ubá (MG) e Bento Gonçalves (RS).

A área de plantio florestal no Brasil, no ano de 2005, alcançou 553 mil hectares. Desse total, estima-se que 130 mil hectares (cerca de 24% do total) tenham sido implantados em pequenas e médias propriedades, incentivados por programas de fomento florestal do setor privado e, em alguns casos, financiados por programas como o Pronaf Florestal, Propflora e, ainda, os programas públicos estaduais de fomento (ABRAF, 2006). Essa área plantada em 2005 representa um crescimento de 18,9% na área de plantada em 2004, que foi de 465 mil hectares.

A tendência de aumento nos próximos anos é ainda maior, dada a previsão de déficit na oferta de madeira que recentemente foi denominada por “apagão florestal”. Segundo a ABRAF (2006), até 2010 serão implantados e reformados mais de 903.979 ha de eucalipto.

Em decorrência dessa eminente expansão das áreas reflorestadas no Brasil, os futuros programas de plantio, cada vez mais, deverão ser conduzidos

em todas as épocas do ano. Isso demandará a utilização de mudas com maior qualidade para aumentar a tolerância aos estresses ambientais, incluindo aqueles que ocorrem em plantios conduzidos fora do período de chuvas ou quando essas, imprevisivelmente, não ocorrem durante a estação chuvosa.

Nesse contexto, o atual desafio da silvicultura brasileira é a promoção da produtividade florestal em áreas nas quais os efeitos dos estresses bióticos e abióticos no crescimento e no desenvolvimento das árvores são bastante acentuados (Rosado, 1996). Para alcançar níveis adequados de crescimento e desenvolvimento em sítios de baixa qualidade, ou com déficits hídricos, é necessária a seleção de genótipos mais aptos a estes estresses ambientais, assim como alta eficiência nutricional, para melhor absorção de nutrientes e água, é desejável. A busca de genótipos superiores, aqueles capazes de sobreviver, crescer e produzir em sítios desfavoráveis, torna-se, então, de grande importância ambiental e econômica.

Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho foi selecionar genótipos superiores para características de crescimento e eficiência de utilização de fósforo em plantas jovens clonadas de *Eucalyptus urophylla*.

Os objetivos específicos foram:

i) estimar os componentes de variância fenotípica, genotípica e ambiental, bem como a herdabilidade, para características de crescimento e de eficiência de uso de fósforo em mudas clonadas de *Eucalyptus* spp.;

ii) estimar os componentes de variância fenotípica, genotípica e ambiental, da eficiência de uso de fósforo e de crescimento inicial no campo aos oito meses de idade;

iii) estimar as correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais entre as características mencionadas no item ii, bem como os ganhos genéticos diretos e indiretos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Qualidade de mudas

O termo qualidade de muda foi inicialmente empregado para descrever os atributos que a muda possui para prosperar a seqüência de plantio. As primeiras características de crescimento medidas foram altura e diâmetro, promovendo estimativas da qualidade e, posteriormente, a questão da fisiologia também se tornou uma característica (Mexal, 1990).

As determinações da qualidade das mudas prontas para o plantio baseiam-se em aspectos morfológicos e ou aspectos fisiológicos (Gomes et al., 2002). De modo geral, os critérios na seleção das mudas para o plantio são baseados em características que, na maioria das vezes, não determinam as reais condições, uma vez que o padrão de qualidade varia de acordo com a espécie e, para uma mesma espécie, entre diferentes sítios ecológicos (Carneiro, 1995).

Diâmetro do caule e altura da parte aérea têm, provavelmente, sua utilidade há muitos anos. Estas duas características são universalmente aceitas e mensuradas. De modo geral, a qualidade das mudas varia com os acontecimentos do “tempo” (Falconer, 1988).

De forma geral, estas características de crescimento são utilizadas, particularmente, em estágios de viveiro, pois se tornam vulneráveis após deixarem o cuidadoso controle e monitoramento do ambiente do viveiro, podendo deteriorar rapidamente durante o transporte e o armazenamento no campo (Alfenas et al., 2004).

É necessário o conhecimento prévio da área ou da região para onde se destinam as mudas, definindo-se, assim, características específicas e controladas para a determinada área. Deve-se buscar a uniformização de crescimento da altura, do diâmetro e do sistema radicular, promovendo uma determinada

rustificação para que, após o plantio, elas resistam às condições adversas encontradas, sobrevivam e cresçam satisfatoriamente, evitando replantios e, por fim, produzam árvores com crescimento volumétrico economicamente desejável (Gomes et al., 1991).

O crescimento semelhante entre povoamentos florestais, plantados com mudas de qualidade diferente, poderá ocorrer, porém, a mortalidade, nos primeiros anos, pode apresentar uma estreita relação com o método de produção e, conseqüentemente, com a sua qualidade (Carneiro, 1995).

Sobrevivência, estabelecimento, freqüência dos tratos culturais e crescimento inicial das florestas são avaliações necessárias para o sucesso do empreendimento florestal. Elas estão diretamente relacionadas com a qualidade das mudas na ocasião do plantio (Carneiro, 1983; Gomes et al., 1991), quando o potencial genético, as condições fitossanitárias e a conformação do sistema radicular são importantes para a boa produtividade dos povoamentos florestais (Carvalho, 1992).

2.2 Características de crescimento

Caracteres de crescimento, como tamanho das mudas, são utilizados, tradicionalmente, para avaliar a qualidade das mudas em viveiros e seu desenvolvimento sob adversas condições de plantio. Contudo, este método apresenta-se falho por não avaliar as condições fisiológicas das mudas, não devendo ser também utilizado como parâmetro de desempenho porque aspectos morfológicos não indicam vitalidade e vigor, ou seja, não garantem se as mudas morrerão ou sobreviverão (Mexal, 1990).

No campo, a altura ideal da parte aérea dependerá de condições locais, como vegetação competidora e presença de predadores. De forma geral, preferem-se mudas menores para sítios áridos e mudas maiores onde há

competição com a vegetação e predação (Mexal, 1990). Diâmetro do coleto não é específico com a localidade, apesar de diâmetros maiores terem provado superioridade em locais com dificuldade, como altas temperaturas no solo e solos movediços (Iverson, 1984). De modo geral, é importante conhecer o local ao qual as mudas serão destinadas, para que estas apresentem padrões de qualidade adequados à determinada situação.

Altura correlaciona-se claramente com diâmetro das mudas, mas oferece pouca relação com outros parâmetros, como peso matéria seca total, relação raiz/ parte aérea ou morfologia de raiz. O diâmetro corresponde melhor à interação da muda ao ambiente. A relação do diâmetro ao peso de matéria seca total varia entre espécies (Van den Driessche, 1982, citado por Mexal, 1990).

Segundo Mexal (1990), diâmetro esta relacionado com parte altura da parte aérea e peso de matéria seca de raiz, tão bem quanto peso de matéria seca total da muda. Mudanças com diâmetros maiores apresentariam sistemas radiculares mais bem desenvolvidos e mais fibrosos. Dessa forma, mudas com diâmetro maior e com raízes mais fibrosas poderiam apresentar maior tolerância física a estresses ambientais.

Diâmetro é o melhor atributo de sobrevivência e a altura, o atributo de crescimento. A massa radicular é, de forma geral, utilizada como parâmetro de desempenho, mas, sua utilização restringe-se com o aumento do diâmetro acima de 5 cm (Mexal, 1990).

O sistema radicular tem importante papel na obtenção de nutrientes em solos de baixa fertilidade (Clarkson, 1985). Além da maior absorção de nutrientes e água, as raízes mais finas intercambiam os processos de transferência micorriza/árvore, pois ocorrem nelas os maiores crescimentos miceliais dos fungos micorrízicos, que são especialmente importantes para a incorporação de nutrientes, em especial o fósforo (Sanni, 1976, citado por Mello, 1997). No entanto, são exatamente essas raízes mais finas as mais difíceis

de serem quantificadas, por possuírem menor diâmetro e serem, em geral, quase transparente.

Sob solos ou áreas degradadas, onde os nutrientes e a água são escassos, o comprimento radicular e a quantidade de raízes aumentam as chances de o sistema radicular absorver os nutrientes e água de que a planta necessita para sua sobrevivência e crescimento (Böhm, 1979).

Em um estudo desenvolvido por Mello (1997), no qual se caracterizou o sistema radicular de povoamentos de eucalipto propagados por sementes e estacas, foi observado que a distribuição e a variação estacional da quantidade de raízes no perfil do solo apresentaram-se como características estreitamente relacionadas com a capacidade de adaptação de genótipos aos estresses hídrico e térmico do solo, afetando diretamente seus potenciais produtivos. Diante disso, é recomendável considerar a avaliação das mudas, principalmente em termos de sistema radicular.

Outra implicação direta da baixa qualidade do sistema radicular é o desequilíbrio elevado entre raiz e parte aérea. Um estudo desenvolvido por Donoso et al. (2001), sobre o desenvolvimento e a arquitetura do sistema radicular de plantios de *E. globulus* Labill, provenientes de estacas e sementes, evidenciou que a relação entre peso de matéria seca de raiz (PMSR) e peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) é extremamente inferior no plantio clonal, em comparação com o proveniente de sementes. Dessa forma, a menor relação PMSR/PMSPA no plantio clonal, aliada à baixa qualidade da arquitetura do sistema radicular, poderá comprometer a estabilidade das árvores, tornando-as mais suscetíveis ao tombamento pelo vento.

Mudas com sistema radicular superficial tornam-se mais vulneráveis aos efeitos de matocompetição, propícias à queda pelo vento e pela oscilação de temperatura (Alfnas et al., 2004).

Mafia (2005) constatou que o acúmulo de biomassa radicular ao longo do tempo é uma boa variável para determinar a idade ótima de mudas para plantio, considerando-se “status” vegetativo, qualidade do sistema radicular e a limitação de volume do substrato explorável. Diante das variáveis analisadas, 80 a 100 dias são suficientes para a expedição de mudas de boa qualidade em relação ao sistema radicular, pois a sua manutenção por maiores períodos no viveiro tende a reduzir a velocidade de crescimento e induzir a malformação radicular.

Dessa forma, mudas robustas e que apresentam maior percentual de emissão de raízes são mais aptas a condições de estresse ambiental, garantindo maiores taxas de sobrevivência e de crescimento no campo.

Barbosa Filho (1984) assegura que plantas com maior capacidade de extrair o fósforo são aquelas que apresentam sistema radicular abundante, grande afinidade íon-carregador no processo ativo de absorção e que produzem exsudatos capazes de modificar a rizosfera, aumentando a disponibilidade de fósforo na solução do solo.

2.3 Sobrevivência e crescimento de mudas no campo

Segundo Mexal (1990), a tolerância ao estresse é uma habilidade de sobrevivência e, provavelmente, está relacionada de maneira indireta com as características de crescimento apresentadas pelas mudas. O mesmo autor afirma que mudas menores, especialmente com diâmetros menores, teriam apresentado maior sobrevivência pós-plantio. No entanto, o maior critério de seleção na produção de mudas em viveiro é a altura da parte aérea, a qual não é um bom prognóstico da sobrevivência delas.

De modo geral, o relacionamento entre altura e sobrevivência é confundido com outras características de crescimento, especialmente pela

relação peso de matéria seca de raiz e peso de matéria seca da parte aérea (PMSR/PMSPA) (Mexal, 1990).

Thompson (1985), avaliando a sobrevivência de mudas sob diferentes alturas, concluiu que aquelas com alta razão PMSR/PMSPA apresentaram maior sobrevivência. A razão decresce com o aumento da altura da muda. Fatores, como condições de sítios, influenciaram na sobrevivência. O mesmo autor concluiu também que o diâmetro foi o melhor indicativo de sobrevivência que altura da parte aérea.

Com relação aos fatores econômicos, o índice de mortalidade no campo exerce grande influência na decisão de realizar ou não o replantio, no entanto, este deve ser avaliado no prazo máximo de 30 dias. Assim, a mortalidade de plantas, ocasionada pela má qualidade, passa a exercer grande influência no custo de implantação das florestas, podendo causar grandes perdas no campo. Dependendo da intensidade e da gravidade desta má qualidade, as mortes poderão ocorrer em grande número e se manifestar a longo prazo, não sendo possível realizar a correção por meio do replantio (Mafia, 2005).

De acordo com o tamanho das plantas no campo, o replantio promoverá uma competição desproporcional pelos fatores do ambiente entre as plantas remanescentes e as novas mudas. Isso pode ocasionar índice elevado de mortalidade e desuniformidade do plantio, com o surgimento de plantas suprimidas, as quais são indesejáveis não somente pelo seu menor desenvolvimento, mas também por serem mais suscetíveis a pragas, doenças e por atuarem como fonte de inóculo em epidemias. Além disso, são mais vulneráveis às condições de estresse do ambiente, como secas e ventos (Alfenas et al., 2004).

Crescimento pós-plantio é mais complexo que sobrevivência inicial, devido ao potencial genético da muda, aos status morfológico e fisiológico e ao tempo antecedente ao plantio. O posterior desenvolvimento baseado somente nas

características de crescimento da muda pode ser ofuscado por outros fatores como, por exemplo, as condições do sítio. Além disso, estes fatores confundem o crescimento inicial em altura com a altura da muda na época de plantio (Mexal, 1990).

Blake et al. (1989), avaliando a interação entre diâmetros, massa radicular e qualidade de sítio para mudas de *Douglas-fir*, concluíram que mudas maiores não cresceram tão rápido quanto mudas menores, mas diferenças pequenas em diâmetro na época de plantio foram mantidas e expandidas com o tempo. Isso indica que mudas com diâmetros pequenos não alcançam, ao longo do tempo, mudas com diâmetros maiores

Poucos estudos apontam interação entre tamanho da muda e qualidade de sítio. Mudas maiores podem apresentar vantagens sob condição de matocompetição ou sob condições de sombreamento. Por outro lado, mudas menores, com menores áreas superficiais de transpiração, podem apresentar vantagens em locais secos (South & Mexal, 1984).

O crescimento e o desenvolvimento variam normalmente com a espécie, com o genótipo, com a idade da planta e com a disponibilidade de água e nutrientes no solo. Problemas de má qualidade de mudas refletem diretamente em seu crescimento e desenvolvimento, resultando em desuniformidade do talhão (Alfenas et al., 2004).

2.4 Fósforo: disponibilidade, absorção e metabolismo

O fósforo é o macronutriente exigido em menor quantidade pelas plantas, no entanto, trata-se do nutriente mais usado em adubação no Brasil. Explica-se essa situação pela carência generalizada de fósforo nos solos brasileiros e, também, pelo fato deste elemento ter forte interação com o solo (Luca, 1997). No caso do eucalipto, pouco exigente nutricionalmente, o fósforo

é o elemento absorvido em menor quantidade, contudo, é o mais responsivo. De cada 100%, somente 5% a 30% do fósforo adicionado ao solo são utilizados pela cultura e o restante é fixado no solo (Malavolta, 1974).

Baixa disponibilidade de fósforo pode ser responsável pelo inadequado desenvolvimento das plantas em solos ácidos das regiões tropicais (Sanchez & Salinas, 1981).

O fósforo faz parte da estrutura química de compostos essenciais ao metabolismo vegetal, como algumas coenzimas; trifosfato de adenosina, responsável no processo de armazenamento e transferência de energia no metabolismo das plantas (Malavolta & Romero, 1975); síntese de fosfolipídios e nucleotídeos, os quais são encontrados nos cromossomos, responsáveis pela transmissão de “recados genéticos” de uma geração a outra.

Para absorver fósforo, a planta aproveita-o a partir da solução do solo e da fase sólida em estado “trocável”. Devido ao fato de esse elemento apresentar pequena mobilidade no solo, logo se torna “fixado” ou “adsorvido” pelas argilas, em estado que as plantas não podem absorver (Malavolta & Romero, 1975).

A concentração na solução da célula é mais elevada que na solução externa do solo. Dessa forma, as células precisam gastar energia no transporte ativo. Em solos com maior concentração de fósforo na solução, a absorção ocorre por meio do transporte passivo, sendo este o processo de fluxo de massa e ou difusão (Castro, 1975). Isso torna o processo de absorção dependente da umidade disponível no solo (Attiwill, 1980).

Uma membrana seletiva e semipermeável a íons é responsável pela “seleção” do que entra na célula. Assim, os íons seriam transportados de fora para dentro sob a forma de complexo íon-carregador. A temperatura afeta os processos metabólicos do vegetal e, conseqüentemente, a absorção ativa. Quanto menor a temperatura (próximo a 0°C), menores são os processos metabólicos. A temperatura ótima para absorção está em torno de 25°C. Outro fator importante é

o pH, que regula a formação de precipitados de fósforo com outros elementos, limitando sua absorção, ou seja, a pH acima de 7,0, o transporte de fósforo é inibido (Castro, 1975).

As plantas armazenam P nos vacúolos, liberando-o, quando necessário, para o citoplasma, translocando o nutriente de regiões menos ativas para regiões mais ativas metabolicamente (Furtini Neto, 1994).

Em plantas em crescimento, o fósforo absorvido concentra-se nos tecidos meristemáticos nos quais a respiração e a síntese de proteínas são mais intensas. Já em plantas adultas, o elemento desempenha papel de reserva, sendo encontrado em maior concentração nos frutos e sementes (Malavolta, 1974).

Freqüentemente, a deficiência de fósforo afeta a produção antes de se notar qualquer sintoma foliar, sendo este caracterizado pela coloração verde-escura nas folhas, mostrando-se arroxeadas próximo às nervuras e com pontuações escuras ao longo do limbo. Em estágio final, as pontuações tornam-se necróticas (Attiwill, 1980). Devido à facilidade de translocação e redistribuição, os sintomas de deficiência de fósforo aparecem, primeiramente, nos órgãos mais velhos (Malavolta, 1974, Malavolta & Romero, 1975).

Referindo-se ao eucalipto, Attiwill (1980) ressalta suas vantagens sob uma condição de baixa fertilidade do solo, principalmente com relação ao fósforo. Isto é, esta espécie adapta-se bem em ambientes de baixa fertilidade e com níveis de fósforo insuficientes para outras espécies ou culturas. Este fato, possivelmente, foi decisivo na introdução do eucalipto como espécie de grande potencial, devido à sua conhecida eficiência, no que diz respeito a dois processos importantes: absorção de nutrientes de solos pobres e ciclagem de nutrientes, ou seja, cerca de metade da demanda total de fósforo é suprida pelo ciclo interno ou bioquímico, por meio de um processo efetivo de remobilização do fósforo. De acordo com o mesmo autor, a parte do eucalipto que acumula mais fósforo é o lenho, com cerca de sete vezes mais que a folha e três vezes

mais nos galhos finos ou ramos. Por este motivo, quando as árvores são cortadas, de 82% a 83% de P é exportado (Malavolta, 1974).

Avaliando eficiência na absorção de P do solo, Fernandes (2001) concluiu que a cultura é capaz de acessar o fósforo disponível no solo por apresentar um sistema radicular que atinge grandes profundidades. Há uma absorção mais eficiente de fósforo nas camadas profundas (Lima et al., 2005), explorando maior volume de solo, garantindo assim maiores índices de sobrevivência e desempenho das mudas após o plantio (Fernandes, 2001).

Segundo Föhse et al. (1988), plantas com alta eficiência de absorção em relação a P são aquelas que apresentam não só alta taxa de absorção do nutriente por unidade de massa de raiz (alto influxo), mas também alta relação parte aérea/raiz.

Mello et al. (1970), estudando os efeitos da aplicação de N, P, K e calcário dolomítico em *Eucalyptus saligna*, verificaram que o P foi o elemento que proporcionou maior produção volumétrica de madeira, aos 5 anos de idade, em *E. saligna*.

Segundo Gullo (2004), de forma geral, para uma melhor eficiência em utilização de nutrientes fosfatados, são necessárias algumas medidas, tais como utilizar genótipos que apresentem maior eficiência na absorção e utilização de fósforo.

2.5 Eficiência de utilização (EU) nutricional

Do ponto de vista nutricional, espécie, e ou genótipo superior, é aquele capaz de desenvolver-se e ter uma boa produção em condições desfavoráveis de fertilidade do solo, tendo habilidade de absorver os nutrientes necessários, em menor quantidade e ou distribuí-los de maneira mais eficiente nos diversos componentes da planta, sem comprometer a produtividade (Furlani et al., 1984).

A eficiência de utilização (EU) pode variar dentro de uma espécie de planta, em função das diferenças genótípicas que podem ocorrer e da interação genótipo-ambiente. Estas diferenças podem alterar a capacidade de absorção, transporte e utilização dos nutrientes pelas plantas (Marschner, 1997). A EU para um determinado nutriente pode variar à medida que sua disponibilidade no solo seja alterada; em geral, a EU pela planta aumenta com a redução de sua disponibilidade no solo (Barros et al., 1986). Barros et al. (1990) verificaram, também, que a alta eficiência para um dado nutriente não está associada à alta eficiência para os demais nutrientes.

A eficiência de utilização de nutrientes varia em função da idade das espécies (Pereira et al., 1984). No trabalho de Negi & Sharma (1984), árvores de *Eucalyptus globulus* com 5 anos de idade apresentaram menor eficiência nutricional do que árvores com 9 anos de idade.

A sustentabilidade de um ecossistema florestal, entre outros fatores, está associada à estabilidade do balanço de nutrientes a curto, médio e longo prazos. A circulação de nutrientes depende dos ciclos geoquímico, biogeoquímico e bioquímico (Switzer & Nelson, 1972), os quais influenciarão e serão influenciados pela EU. O reconhecimento das diferenças na eficiência de utilização de nutrientes é importante na seleção de técnicas de manejo do solo e de manejo florestal, para manter a capacidade produtiva do sítio ao longo das rotações (Teixeira et al., 1989).

2.6 O papel do melhoramento

O melhoramento baseia-se na existência de variação genética entre e dentro de espécies, procedências e progênies. Essa variabilidade, além de permitir a seleção de melhores genótipos em produção de biomassa e em qualidade do sistema radicular, ainda permite a seleção dos materiais genéticos

mais responsivos ao desenvolvimento em áreas com deficiência hídrica (Furtini Neto, 1994).

Guimarães (1993) relatou que diferenças inerentes à absorção de nutrientes e à resposta em crescimento ocorrem entre espécies, procedências, progênies e clones de espécies florestais. Este autor preconizou que genótipos que crescem bem em solos de baixa fertilidade devem ser selecionados, sendo desejáveis aqueles que tenham menores necessidades nutricionais, sem, contudo, comprometer a produtividade. Assim, o entendimento do grau de variabilidade genética sobre atributos de crescimento e fisiológicos (nutricionais), de plantas, é fundamental para a seleção e o melhoramento mais eficientes e, conseqüentemente, para o aumento do ganho genético, com menor impacto sobre o nível de nutrientes do solo.

As exigências nutricionais do eucalipto variam entre espécies (Barros et al., 1990) e, dentro de uma mesma espécie, entre procedências (Novais et al., 1990). O uso de clones na investigação florestal possibilita eliminar a variação dos caracteres genéticos existentes entre as árvores, mesmo quando estas são descendentes de uma única matriz (Kramer & Kozlowski, 1960).

Sob o ponto de vista genético, a clonagem permite, ainda, explorar efeitos genéticos não aditivos, oriundos da recombinação entre genitores e a realização de testes mais confiáveis, uma vez que é possível obter várias cópias idênticas geneticamente de um mesmo indivíduo (Alfenas et al., 2004).

A necessidade de buscar otimização da relação custo-benefício tem levado algumas empresas florestais a desenvolver pesquisas voltadas à seleção de materiais genéticos adaptados às diversas condições ambientais. Alguns trabalhos indicam diferenças consideráveis quanto à absorção e à utilização de nutrientes (Furtini Neto, 1994; Silva et al., 1996), mostrando a possibilidade de seleção e adaptação de diferentes materiais genéticos a distintas condições edafoclimáticas.

Segundo Assis (1999), devido à possibilidade de se utilizar a clonagem em larga escala, as variações entre indivíduos são as que apresentam maior importância.

Segundo Furtini Neto (1994), o ideal seria selecionar genótipos que forneçam altas produções em solos pobres em determinado nutriente, tendo um genótipo como padrão. Fisiologicamente, refere-se à habilidade do genótipo em absorver o nutriente do solo, distribuí-lo e utilizá-lo internamente, considerando também a redistribuição deste nutriente. Nem sempre é possível reunir, num mesmo genótipo, todas as características desejáveis de eficiência para um ou mais nutrientes (Furtini Neto, 1994). Em eucalipto, foram detectadas diferenças tanto na absorção quanto na utilização de nutrientes entre espécies (Morais, 1988) como entre clones (Barros et al., 1985).

Nesse contexto, espécies com maior capacidade de absorver e ou utilizar os nutrientes seriam mais desejáveis. Isso porque, além de elas melhor aproveitarem o nutriente fornecido via fertilização, menores quantidades desse poderiam ser aplicadas (Luca, 1997), além de se prevenir a exaustão das reservas internas da planta e do solo, resultando em maior produção de biomassa, característica importante para um efetivo crescimento e melhor rendimento em solos com baixos teores de P (Machado, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material genético

Para a realização do presente estudo, foram utilizadas mudas clonais produzidas em viveiro da Carvovale Ltda., sendo este processo feito por minipropagação vegetativa. Utilizaram-se oito clones com 120 dias.

3.2 Localização do viveiro

O viveiro florestal é de propriedade da empresa Carvovale Ltda., localizada no município de Taiobeiras, região do Vale do Jequitinhonha (norte de Minas Gerais), nas coordenadas de 42°14'10" de longitude Oeste e 15°48'30" de latitude Sul (PNUD, 2000). Segundo a classificação de Koppen, o tipo climático predominante é o Bsw (continental-seco, com precipitação média anual inferior a 1.000 mm e média das temperaturas máximas em torno de 34°C). Os meses secos são de março a novembro e a precipitação máxima ocorre no verão. A temperatura média é de 25,8°C, com índice pluviométrico médio de 820 mm. O relevo é predominantemente plano a ondulado, com altitude máxima na serra do Anastácio (1.430 m) e mínima na foz do córrego Mangabeira (750 m acima do nível do mar) (CPRM, 2004). A vegetação natural da região faz parte do complexo do Cerrado e pode ser caracterizada como gramíneo-lenhosa.

3.3 Produção das mudas

As mudas foram produzidas em tubetes de 50 cm³ de volume útil (12 cm de comprimento, 3 cm de diâmetro superior e 1 cm de diâmetro na parte inferior), e ficaram acondicionadas em bandejas plásticas suspensas a 80 cm do

solo, com 96 aberturas. O substrato utilizado foi composto por 40% de vermiculita, 30% de casca de arroz carbonizada, 10% fibra de coco, 20% casca e acícula de Pinus, com pH a 5,5. Os tratos culturais usados foram os mesmos de uso da empresa em escala comercial, sendo a adubação de base composta de: 2 kg/m³ de osmocote (19% N, 06% P₂O₅ e 10% K₂O) e 6 kg/m³ de superfosfato simples. A adubação de crescimento era composta de 1% de fosfato monoamônico (map), 1% de KCl e 2% de supersimples. A adubação de rustificação incluiu 2% de KCl (cloreto de potássio), 2% de superfosfato simples e 1% de fosfato monoamônico (map).

As adubações de crescimento e rustificação foram adicionadas via água de irrigação e as doses aplicadas por metro cúbico do substrato.

3.4 Delineamento experimental, coleta e análise de dados

No viveiro foram avaliados oito clones, em blocos inteiramente casualizados, com três repetições e quatro plantas por parcela, totalizando 96 mudas. No campo, o delineamento utilizado também foi de blocos inteiramente casualizados, com oito clones com quatro repetições e nove plantas por parcela, totalizando 288 plantas, no espaçamento 3 x 2 m, aos oito meses de idade.

Os modelos com blocos aleatórios são menos informativos, porém, isso pode estar associado ao grande número de estimativas de parâmetros de covariância, sem que os modelos tenham qualquer diferença essencial de eficiência. Em resumo, para se obter estimativas mais precisas de médias dos tratamentos ou de ganho de seleção, os modelos com efeito de progênie aleatório mostram-se mais adequados. Isso porque os efeitos de progênies são mais bem representados por efeitos aleatórios, pois a suposição usual da genética quantitativa é a de que os valores genéticos associados a um genótipo resultam da soma dos pequenos efeitos das contribuições individuais de um grande

número de genes de segregação mendeliana para a manifestação do caráter (Tomé, 2002).

Foram coletados os seguintes dados: altura das mudas no campo, aos oito meses de plantio (Hc); altura da muda no viveiro, aos 120 dias de idade (Hm) além de diâmetro do colo da muda (Dc), diâmetro do broto da estaca (Db), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca da raiz (PMSR), concentração de fósforo na parte aérea (CPPA) e concentração de fósforo na raiz

Após a coleta desses dados também foram obtidos: peso de matéria seca total (PMST), relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca de raiz (PMSPA/PMSR), índice de qualidade de Dickson do diâmetro do colo da estaca (IQD-Dc), índice de qualidade de Dickson do diâmetro do broto da estaca (IQD-Db), conteúdo P na parte aérea (CtPPA), conteúdo de P na (CtPR), conteúdo de P total na muda (CtPT), eficiência de utilização do fósforo na parte aérea (EUP-PA), eficiência de utilização do fósforo na raiz (EUP-R) e eficiência de utilização do fósforo total (EUP-T).

As mudas, com 120 dias após o estaqueamento, tiveram seu sistema radicular lavado cuidadosamente, utilizando-se, para isso, água corrente sobre peneira, para a retirada do substrato das raízes, procurando manter intactas todas as suas raízes. A altura da parte aérea foi determinada a partir do nível do substrato até a ponta da última folha, com auxílio de uma régua graduada em centímetros. O diâmetro do coleto foi calculado no substrato, utilizando-se um paquímetro graduado em milímetros e o diâmetro do broto calculado na inserção do broto lateral, também se utilizando paquímetro graduado em milímetros.

Os materiais vegetais foram seccionados à altura do colo e separados em parte aérea e sistema radicular, identificados em sacos de papel e colocados em estufa de circulação de ar forçada, a 70°C, até atingirem peso constante. Após isso, foram pesados em balança analítica com 0,01 g de precisão, determinando-

se assim os pesos de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e de matéria seca das raízes (PMSR)

O índice de qualidade de Dickson do diâmetro do colo (IQD-Dc) foi determinado em função do peso de matéria seca total (PMST), da altura da parte aérea (H), do diâmetro do colo (Dc), do peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e do peso de matéria seca das raízes (PMSR). Para determinar o índice de qualidade de Dickson do diâmetro do broto (IQD-Db), foram utilizadas as mesmas variáveis descritas na fórmula anterior, variando apenas a característica de crescimento diâmetro do colo (Dc) para diâmetro do broto (Db), por meio da fórmula Dickson et al. (1960).

$$\text{IQD-Dc} = \frac{\text{PMST(g)}}{\frac{\text{H(cm)}}{\text{Dc(mm)}} + \frac{\text{PMSPA(g)}}{\text{PMSR(g)}}} \quad \text{IQD-Db} = \frac{\text{PMST(g)}}{\frac{\text{H(cm)}}{\text{Db(mm)}} + \frac{\text{PMSPA(g)}}{\text{PMSR(g)}}$$

Para a determinação dos teores de fósforo, após secos e pesados, os materiais foram submetidos à moagem, em moinho tipo Wiley, de aço inoxidável e enviadas ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde foram, por uma mistura nitricoperclórica, determinadas as posteriores concentrações de P na parte aérea e na parte radicular, por colorimetria (AOAC, 1975).

O conteúdo de P e o peso da matéria seca produzida (biomassa) foram utilizados para a estimativa da eficiência de utilização de fósforo (EUP), conforme Siddiqui & Glass (1981).

$$\text{EUP} = \frac{(\text{Peso da matéria seca produzida})^2}{(\text{Conteúdo de P na biomassa})}, \text{ expressa em } \text{mg}^{-1}$$

Os dados foram submetidos à análise de variância, seguindo-se os procedimentos do programa GENES (Cruz, 2001). O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \varepsilon_{ji}$$

Em que:

Y_{ij} valor médio observado no $i^{\text{ésimo}}$ genótipo do $j^{\text{ésimo}}$ bloco;

μ μ : média geral;

g_i efeito do $i^{\text{ésimo}}$ genótipo (efeito aleatório);

b_j efeito do $j^{\text{ésimo}}$ bloco (efeito aleatório);

ε_{ji} erro experimental.

O esquema da análise de variância e a esperança dos quadrados médios para as estimativas dos parâmetros fenotípicos, genotípicos e ambientais encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 - Esquema da análise de variância e estimativa das esperanças dos quadrados médios, para os parâmetros fenotípicos, genotípicos e ambientais.

Fonte de variação	QM	E(QM)	F
Blocos (B)	QMB	$\hat{\sigma}^2 + g\hat{\sigma}_b^2$	-
Clone (G)	QMG	$\hat{\sigma}^2 + b\hat{\sigma}_g^2$	QMG/QMR
Resíduo (R)	QMR	$\hat{\sigma}^2$	-

$\hat{\sigma}^2$: variância residual; $\hat{\sigma}_g^2$: variância genotípica; $\hat{\sigma}_b^2$: variância entre blocos; g: número de genótipos; b: número de blocos.

Para as estimativas dos componentes de variância, dos valores de herdabilidades e dos coeficientes de variação foram utilizadas as seguintes expressões, descritas por Cruz & Carneiro (2003):

- variância fenotípica média: $\hat{\sigma}_f^2 = \frac{QMG}{b}$;
- variância ambiental média: $\hat{\sigma}_e^2 = \frac{QMR}{b}$;
- variância genotípica média: $\hat{\sigma}_g^2 = \frac{QMG - QMR}{b}$;
- herdabilidade para seleção baseada na média clone: $h_c^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2}$;
- coeficiente de variação genotípico: $CV_g \% = \frac{(100\sqrt{\hat{\sigma}_g^2})}{\text{média}}$;
- coeficiente de variação ambiental: $CV_e \% = \frac{(100\sqrt{\hat{\sigma}_e^2})}{\text{média}}$;
- razão $CV_g/CV_e = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_e^2}}$.

Os ganhos esperados foram estimados diretamente (GD), para todas as características analisadas, conforme expressão descrita por Cruz (2001):

$$GD(\%) = i \times \hat{\sigma}_g \times h \times 100$$

Em que:

- i intensidade de seleção;
- $\hat{\sigma}_g$ desvio padrão da variância genotípica;
- h raiz quadrada da herdabilidade.

Estes ganhos foram previstos pela seleção de um clone em quatro avaliados (seleção de 25%), padronizando a intensidade de seleção em 1,400 (Cotteril & Dean, 1990).

Efetuiu-se a análise de covariância genotípica $\hat{C}OV_{g_{xy}}$ entre o crescimento inicial das mudas no campo (y) e as características morfológicas das mudas no viveiro, bem como de suas EUP (x).

$$\hat{C}OV_{g_{xy}} = \frac{1}{2} (\hat{\sigma}_{g_{(x+y)}}^2 - \hat{\sigma}_{g_x}^2 - \hat{\sigma}_{g_y}^2)$$

Em que:

- $\hat{\sigma}_{g_x}^2$ variância genotípica da característica x;
- $\hat{\sigma}_{g_y}^2$ variância genotípica da característica y;
- $\hat{\sigma}_{g_{(x+y)}}^2$ variância genotípica da soma das características x e y.

A covariância foi utilizada no cálculo do coeficiente de correlação genotípica ($r_{g_{xy}}$), segundo a equação:

$$r_{g(xy)} = \frac{\hat{C}OV_{g_{xy}}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{g_x}^2 \times \hat{\sigma}_{g_y}^2}}$$

As correlações genotípicas permitiram estimar os ganhos indiretos (GI) das características x pela seleção indireta das características y, de acordo com a seguinte equação:

$$GI(\%) = i \times h_x \times r_{g(xy)} \times \hat{\sigma}_{g_y} \times 100$$

Em que:

- h_x raiz quadrada da herdabilidade da característica x;
- $r_{g(xy)}$ coeficiente de correlação genotípica entre as características x e y
- $\hat{\sigma}_{g_y}$ desvio padrão da variância genotípica da característica y.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 2 e 5 estão apresentadas as análises de variância para as características de crescimento, distribuição de matéria seca, eficiências no uso de P. Os valores médios dessas características, bem como os referidos parâmetros da população de clones estudada, também estão apresentados.

4.1 Características de crescimento

Pelos dados da Tabela 2, verifica-se que houve diferença significativa entre os clones, pelo teste F ($p \leq 0,01$), para todas as suas características de crescimento. Isso indica a possibilidade de seleção de clones para melhorar características de crescimento, assim como seu desempenho no campo após o plantio.

Os valores médios encontrados para cada característica de crescimento das mudas (Tabela 2) foram: 2,45m (Hc), 18,56cm (Hm), 2,46mm (Dc), 1,65mm (Db), 0,87mg (PMSPA), 0,40mg (PMSR), 1,27mg (PMST), 2,19mg (PMSPA/PMSR), 0,13 (IQD-Dc), 0,10 (IQD-Db). O coeficiente de variação experimental (CV_e) foi relativamente baixo e variou de 5,3% (Hm) a 13,0% (PMSR). Segundo Gomes et al. (2002), esses baixos valores de CV_e indicam uma boa precisão experimental, principalmente em termos de controle ambiental e coleta de dados.

Os coeficientes de variação genotípicos (CV_g) variaram de 8,4% (Hm) a 27,7% (PMSR). Considerando esses coeficientes de variação genotípica e ambiental, os dados da Tabela 2 mostram que as razões CV_g/CV_e foram de 1,16 (Hc), 1,59 (Hm), 2,24 (Dc), 2,61 (Db), 2,55 (PMSPA), 2,13 (PMSR), 2,50 (PMST), 1,23 (PMSPA/PMSR), 2,43 (IQD-Dc), 3,04 (IQD-Db). Segundo Vencovsky & Barriga (1992), a garantia de sucesso com a seleção é evidenciada

TABELA 2 - Resumo da análise de variância e estimativa dos parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais, para características de crescimento e altura de plantas jovens no campo, aos oito meses, de clones de *E. urophylla*.

FV	GL	Quadrado médio									
		Hc (m)	Hm (cm)	Dc (mm)	Db (mm)	PMSPA (mg)	PMSR (mg)	PMST (mg)	PMSPA/PMSR	IQD-Dc	IQD-Db
Bloco	2	0,0262	0,196	0,0509	0,00027	0,0025	0,0047	0,0139	0,0357	0,0004	0,0001
Clone	7	0,272 **	8,275 **	0,435 **	0,215 **	0,159 **	0,039 **	0,347 **	0,182 **	0,006 **	0,003 **
Resíduo	14	0,0543	0,9693	0,0271	0,0101	0,0078	0,0027	0,0175	0,033	0,0003	0,0001
Média		2,45	18,56	2,46	1,65	0,87	0,40	1,27	2,19	0,13	0,10
CV _e (%)		9,5	5,3	6,7	6,1	10,2	13	10,4	8,3	12,5	10,5
CV _g (%)		11,0	8,4	15,0	15,8	25,9	27,7	26,1	10,2	30,4	31,8
σ^2_f		0,09079	2,75834	0,14509	0,07188	0,0533	0,01332	0,1157	0,06078	0,00169	0,00096
σ^2_e		0,01811	0,32309	0,00904	0,00335	0,0026	0,00091	0,00584	0,01101	0,00009	0,00003
σ^2_g		0,07268	2,43525	0,13605	0,06853	0,0507	0,0124	0,10986	0,04977	0,0016	0,00093
h ² (%)		80,0	88,3	93,8	95,3	95,1	93,2	95,0	81,9	94,6	96,5
CV _g /CV _e		1,16	1,59	2,24	2,61	2,55	2,13	2,50	1,23	2,43	3,04

** Significativo, pelo teste F ($p \leq 0,01$); Hc: altura das mudas no do campo, após 8 meses de plantio; Hm: altura da muda no viveiro; Dc : diâmetro do colo; Db: diâmetro do broto da estaca; PMSPA: peso de matéria seca da parte aérea; PMSR: peso de matéria seca da raiz; PMST: peso de matéria seca total; PMSPA/PMSR: razão peso de matéria seca parte aérea e peso de matéria seca raiz; IQD-Dc: índice de qualidade de Dickson usando o diâmetro do colo da estaca; IQD-Db: índice de qualidade de Dickson do diâmetro do broto da estaca; CV_e: coeficiente de variação experimental (erro); CV_g: coeficiente de variação genético; σ^2_f : variação fenotípica; σ^2_e : variação ambiental, σ^2_g : variação genética; h²: coeficiente de determinação genotípica; CV_g/CV_e: índice de variação.

quando essa relação é igual ou superior a 1,0. Portanto, os resultados apresentados indicam a possibilidade de alcance do referido sucesso para todas as características de crescimento avaliadas.

Considerando as altas estimativas dos percentuais de herdabilidade (h^2), que assumiram valores de 80,0 (Hc), 88,3 (Hm), 93,8 (Dc), 95,3 (Db), 95,1 (PMSPA), 93,2 (PMSR), 95,0 (PMST), 81,9 (PMSPA/PMSR), 94,6 (IQD-Dc), 96,5 (IQD-Db), podem-se prever ganhos relativamente altos para as referidas características.

Na Tabela 3 são apresentadas as previsões de ganhos genéticos a serem alcançados pela seleção direta em todas as características de crescimento de mudas no viveiro, bem como os ganhos indiretos no crescimento inicial no campo, avaliados oito meses após o plantio.

Em programas de melhoramento florestal, as correlações são utilizadas para auxiliar na seleção que envolve duas características simultaneamente, ou seja, a seleção em uma poderá ter reflexos, positivos ou negativos, em outra. No caso de reflexos positivos, obtêm-se ganhos diretamente na característica selecionada e ganhos indiretos na característica correlacionada. Entretanto, para que isso ocorra, é necessário que a correlação genotípica entre as características de interesse sejam relativamente altas.

A partir dessa relação, pode-se obter um material genético que reúna, simultaneamente, um conjunto de atributos favoráveis (Cruz & Regazzi, 2001). Entretanto, se uma característica se correlaciona negativamente com outras, deve-se tomar o cuidado para que a seleção em uma característica não provoque mudanças indesejáveis em outras.

Considerando uma intensidade de seleção de um clone em quatro, ou seja, 25%, a característica de crescimento com menor ganho direto (GD%) foi a altura da muda no viveiro (Hm), que apresentou um GD de 10,0%. A maior

TABELA 3 - Ganho direto (GD), ganho indireto (GI) e eficiência de seleção indireta (ESI) para características de crescimento de mudas e altura de plantas jovens no campo, aos oito meses, de clones de *E. urophylla*.

Atura inicial no campo (Hc) GD(%) 12,5	Características de crescimento das mudas								
	Hm GD (%) 10,0	Dc GD(%) 18,4	Db GD (%) 19,7	PMSPA GD (%) 32,2	PMSR GD (%) 33,0	PMST GD (%) 32,3	PMSPA/PMSR GD (%) 11,7	IQD-Dc GD (%) 37,6	IQD-Db GD (%) 39,7
r_g	0,3	0,8	0,4	0,5	0,3	0,5	0,7	0,6	0,5
GI (%)	3,5	10,6	5,6	7,5	3,9	6,4	9,0	8,1	6,4
ESI (%)	28,1	84,4	44,7	59,7	31,5	51,2	71,9	65	51,3

Hm: altura da muda no viveiro; Dc: diâmetro do colo; Db: diâmetro do broto da estaca; PMSPA: peso de matéria seca da parte aérea; PMSR: peso de matéria seca da raiz; PMST: peso de matéria seca total; PMSPA/PMSR: razão peso de matéria seca parte aérea e peso de matéria seca raiz; IQD-Dc: índice de qualidade de Dickson usando o diâmetro do colo da estaca e IQDb: índice de qualidade de Dickson do diâmetro do broto da estaca.

estimativa de previsão de GD (39,7%) foi para o índice de coeficiente de Dickson, utilizando o diâmetro do broto (IQD-Db).

Pelos dados da Tabela 3, quando se observam as estimativas de previsão dos ganhos genéticos indiretos GI (%) no crescimento em altura no campo (Hc), a característica de crescimento da muda, aos 120 dias, mais eficiente foi o diâmetro do colo da estaca (Dc), que apresentou um GI de 10,6%, revelando uma eficiência de seleção indireta (ESI) da ordem de 84,4%. Outras importantes características de crescimento foram PMSPA/PMST e IQD-Dc, que apresentaram valores de ESI de 71,0% e 65,0%, respectivamente. Esses valores de ESI indicam, portanto, que o Dc, a PMSPA/PMSR e o IQD-Dc constituem as principais características de crescimento indicadoras de qualidade de mudas desta população de clones estudada.

Segundo Falconer (1987), a seleção indireta constitui uma importante estratégia para melhorar as características de baixa herdabilidade e ou que são consideradas de difícil medição.

Portanto, neste estudo específico, essas maiores ESI ocorreram devido ao fato de a herdabilidade do crescimento inicial em altura no campo ter apresentado valor de herdabilidade relativamente menor que as características de crescimento das mudas mais eficientes e ou devido aos maiores valores de correlação genotípica. Pelos dados da Tabela 3 pode-se verificar que o maior coeficiente de correlação genotípica ($r_g = 0,8$) foi entre Hc e Dc, seguido pelas $r_g = 0,7$ e $r_g = 0,6$, para a relação PMSPA/PMSR e IQD-Dc, respectivamente.

Na Tabela 4 são apresentadas as médias por clones para todas as características de crescimento estudadas. Considerando apenas as três características mais importantes com relação aos ganhos indiretos previstos para o crescimento inicial de mudas no campo, verifica-se que dois clones, ITA-063 e ITA-069, apresentaram as maiores alturas após oito meses de plantio, sendo essas de 2,8m e 2,7m, respectivamente. Nota-se, pelos dados da Tabela 4, que

TABELA 4 – Estimativas de médias para características de crescimento e altura de plantas jovens no campo, aos oito meses, de clones de *E. urophylla*.

Clone	Hc (m)	Hm (cm)	Dc (mm)	Db (mm)	PMSPA (mg)	PMSR (mg)	PMST (mg)	PMSPA/PMSR	IQD-Dc	IQD-Db
ITA 011	2,3	16,83	2	1,33	0,545	0,243	0,788	2,24	0,074	0,053
ITA 018	2,5	19,08	2,43	1,63	1,13	0,475	1,604	2,39	0,156	0,114
ITA 022	2,1	18,64	2,3	1,56	0,783	0,425	1,208	1,847	0,122	0,088
ITA 062	2,7	16,84	2,32	1,62	0,772	0,319	1,092	2,423	0,112	0,085
ITA 063	2,8	22,13	3,23	2,23	1,278	0,617	1,895	2,083	0,213	0,16
ITA 068	2	18,63	2,16	1,73	0,764	0,389	1,153	1,967	0,109	0,091
ITA 069	2,7	18	2,69	1,7	0,798	0,315	1,114	2,543	0,121	0,085
ITA 090	2,6	18,34	2,58	1,43	0,876	0,437	1,313	2,033	0,144	0,089

Hc: altura das mudas no do campo, após oito meses de plantio; Hm: altura da muda no viveiro; Dc : diâmetro do colo; Db: diâmetro do broto da estaca; PMSPA: peso de matéria seca da parte aérea; PMSR: peso de matéria seca da raiz; PMST: peso de matéria seca total; PMSPA/PMSR: razão peso de matéria seca parte aérea e peso de matéria seca raiz; IQD-Dc: índice de qualidade de Dickson usando o diâmetro do colo da estaca e IQD-Db: índice de qualidade de Dickson do diâmetro do broto da estaca.

esses clones também apresentaram os maiores valores de diâmetro do colo, 3,23 mm e 2,69mm, respectivamente.

Considerando-se outras relações, pode-se observar que a característica PMSPA/PMSR do clone ITA-069 apresentou o maior valor (2,543). Já para o clone ITA-063, a relação foi de 2,083. Semelhantemente, esse resultado foi verificado para o IQD-Dc, para o qual somente o clone ITA-063 apresentou o maior valor, que foi da ordem de 0,213.

4.2 Características nutricionais de P nas mudas

Na Tabela 5 são evidenciadas as diferenças significativas entre clones, pelo teste F ($p \leq 0,01$), para o crescimento inicial (oito meses) em altura no campo, concentração, conteúdo e eficiência de utilização de P. Isso indica que se podem selecionar clones com maior capacidade de produção no campo, principalmente em condições de deficiência de P. Essas características apresentaram valores médios de 2,45m (Hc); 44,0mg.kg⁻¹ (CPPA); 52,2mg.kg⁻¹ (CPR); 0,04mg.planta⁻¹(CtPPA); 0,21mg.planta⁻¹ (CtPR); 0,12mg.planta⁻¹ (CtPT); 20,7g².mg⁻¹ (UEP-PA); 7,8g².mg⁻¹ (UEP-R) e 13,6 g².mg⁻¹(EUP-T). Os coeficientes de variação experimental (CV_e) tiveram uma amplitude de 6,9% (CtPPA) a 16,98% (EUP -R). Esses baixos e médios valores também indicam um razoável controle ambiental do experimento e coleta de dados para características de nutrição de P das mudas.

Nessas características nutricionais das mudas, os valores de CV_g variaram de 15,4% (CPR) a 42,6% (CtPPA). Considerando esses coeficientes de variação genotípica e ambiental, na Tabela 5 são mostradas as razões CV_g/CV_e de 1,16 (Hc), 3,83 (CPPA), 1,51 (CPR), 6,15 (CtPPA), 2,27 (CtPR), 3,20 (CtPT), 2,92 (UEP-PA), 1,50 (EUP-R) e 2,28 (EUP -T). Considerando que essas relações são maiores que 1,0, pode-se, então, prever relativo sucesso na seleção

TABELA 5 - Resumo da análise de variância e estimativa dos parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais para características nutricionais e altura de plantas jovens no campo, aos oito meses, de clones de *E. urophylla*.

FV	GL	Quadrados médios								
		Hc (m)	CPPA (mg.kg ⁻¹)	CPR (mg.kg ⁻¹)	CtPPA (mg)	CtPR (mg)	CtPT (mg)	EUP-PA (g ² .mg ⁻¹)	EUP-R (g ² .mg ⁻¹)	EUP-T (g ² .mg ⁻¹)
Bloco	2	0,0262	7,0	4,4	0,000012	0,0012	0,00013	2,3	1,8	1,8
Clone	7	0,272 **	312,4 **	223,3 **	0,000832 **	0,0181 **	0,00656 **	141,9 **	13,9086 **	45,9 **
Resíduo	14	0,0543	6,9	28,5	0,000007	0,0011	0,00021	5,4	1,7905	2,8
Média		2,45	44,00	52,20	0,04	0,21	0,12	20,70	7,80	13,60
CV _e (%)		9,5	6,0	10,2	6,9	15,6	11,7	11,2	16,9	12,2
CV _g (%)		11,0	22,9	15,4	42,6	35,4	37,4	32,6	25,5	27,9
σ^2_f		0,09079	104,145	74,45	0,000272	0,006	0,00219	47,303	4,6362	15,296
σ^2_e		0,01811	2,313	9,512	0,000002	0,00037	0,00007	1,782	0,5968	0,925
D		0,07268	101,831	64,939	0,00027	0,0057	0,00212	45,52	4,0394	14,371
h ² (%)		80,0	97,8	87,2	99,1	83,7	96,8	96,2	87,1	94,0
CV _g /CV _e		1,16	3,83	1,51	6,15	2,27	3,20	2,92	1,50	2,28

** Significativo, pelo teste F ($p \leq 0,01$); Hc: altura das mudas no do campo, após 8 meses de plantio; CPPA: concentração de P na parte aérea; CPR: concentração de P na raiz; CtPPA: conteúdo de P na parte aérea; CtPR: conteúdo de P na raiz; CtPT: conteúdo de P total; EUP-PA: eficiência de utilização de P da parte aérea; EUP-R: eficiência de utilização de P da raiz; EUP-T: eficiência de utilização de P Total (EUP –T); CV_e: coeficiente de variação experimental (erro); CV_g: coeficiente de variação genético; σ^2_f : variação fenotípica; σ^2_e : variação ambiental, σ^2_g : variação genética; h²: coeficiente de determinação genotípica; CV_g/CV_e: índice de variação.

para essas características de crescimento e nutricionais, principalmente para o conteúdo de P na parte aérea das mudas (CtPPA).

Na Tabela 5 são apresentados os valores de herdabilidade (h^2) que apresentaram valores percentuais de 80,0 (Hc), 97,8 (CPPA), 87,2 (CPR), 99,1 (CtPPA), 83,7 (CtPR), 96,8 (CtPT), 96,2 (UEP-PA), 87,1 (EUP-R) e 94,0 (EUP-T). Considerando esses altos coeficientes de h^2 e as altas relações CV_g/CV_e , podem-se prever ganhos relativamente altos para as referidas características.

Na Tabela 6 são apresentadas as previsões de ganhos genéticos a serem alcançados pela seleção direta para o crescimento inicial em altura no campo, avaliado oito meses após o plantio (Hc) e para as características nutricionais de P nas mudas, bem como os ganhos indiretos em Hc quando a seleção é realizada para as características nutricionais de CPPA, CPR, CtPPA, CtPR, CtPT, EUP-PA, EUP-R e EUP-T. Na mesma Tabela também são apresentados os coeficientes de correlação genotípica entre as referidas características,

Dentre as características nutricionais, o menor ganho direto ($GD\%=18,3$) foi estimado para CPR e o maior ($GD\%=53,9$) foi para CtPPA, considerando 25% de seleção. Contudo, na Tabela 6, quando se observam as estimativas de previsão dos ganhos genéticos indiretos ($GI\%$) no crescimento em altura no campo (Hc), constata-se que a característica nutricional da muda, aos 120 dias, mais eficiente foi a eficiência de utilização de P total (EUP-T), que apresentou um GI de 8,8%, revelando uma eficiência de seleção indireta (ESI) da ordem de 70,0 %. Outras importantes características nutricionais, com ESI acima de 50%, foram a EUP-PA e a EUP-R, que apresentaram valores de ESI de 64,9% e 57,1%, respectivamente. Esses valores de ESI indicam, portanto, que a eficiência de uso de P constitui uma das principais características nutricionais indicadoras de qualidade de mudas desta população de clones estudada.

TABELA 6 - Ganho direto (GD), ganho indireto (GI) e eficiência de seleção indireta (ESI) para parâmetros nutricionais de mudas e altura de plantas jovens no campo, aos oito meses, de clones de *E. urophylla*.

Características nutricionais de mudas								
Atura inicial no campo (Hc)	CPPA	CPR	CtPPA	CtPR	CtPT	EUP-PA	EUP-R	EUP-T
GD(%)	GD (%)							
12,5	28,8	18,3	53,9	45,7	46,8	40,6	30,2	34,3
r_g	-0,2	-0,5	0,3	0,06	0,2	0,6	0,5	0,6
GI (%)	-3,4	-6,5	4,3	0,8	3,1	8,1	7,14	8,8
ESI (%)	-27,2	-51,9	34,7	6,4	24,8	64,9	57,1	70

CPPA: concentração de P na parte aérea; CPR: concentração de P na raiz; CtPPA: conteúdo de P na parte aérea; CtPR: conteúdo de P na raiz; CtPT: conteúdo de P total; EUP-PA: eficiência de utilização de P da parte aérea, EUP-R: eficiência de P na raiz e EUP-T: eficiência de utilização de P total.

Essas maiores valores de ESI ocorreram devido ao fato da herdabilidade do crescimento inicial em altura no campo (Hc) ($h^2=80\%$) ter sido relativamente menor que as características de eficiência de uso de P e ou devido aos maiores valores de correlação genotípica (Tabela 6). Por essa tabela, pode-se verificar que os coeficientes de correlação genotípica (r_g) entre Hc e EUP-T, Hc e EUP-R e Hc e EUP-PA foram da ordem de 0,6, 0,5 e 0,6.

Os valores negativos de correlação genotípica entre Hc e CPPA, CPR e CPT se deve ao fato de que, nessas características de concentração, pode ocorrer uma diluição de P na matéria seca das mudas.

Na Tabela 7 são apresentadas as médias por clones para todas as características nutricionais estudadas. Considerando apenas as características com maiores respostas de ganho indireto na altura inicial no campo, verifica-se que a EUP-PA variou de $10,830 \text{ g}^2.\text{mg}^{-1}$ (clone ITA-011) a $31,030 \text{ g}^2.\text{mg}^{-1}$ (clone ITA-018); para EUP-R, a amplitude de variação foi de $4,213 \text{ g}^2.\text{mg}^{-1}$ (clone ITA-011) a $10,797 \text{ g}^2.\text{mg}^{-1}$ (clone ITA-063) e, para EUP-T, foi de $7,253 \text{ g}^2.\text{mg}^{-1}$ (clone ITA-011) a $18,036 \text{ g}^2.\text{mg}^{-1}$ (clone ITA 018).

Os dois clones com maiores valores médios de Hc foram o ITA-063 e o ITA-069, apresentando alturas de 2,8 e 2,7m, respectivamente. Considerando apenas as referidas características com maiores valores de ESI, verifica-se que os referidos clones se encontram entre aqueles que também apresentaram as maiores estimativas de médias para a EUP-T, EUP-PA e EUP-R.

Considerando que, no caso de povoamentos florestais, a parte aérea é mais importante economicamente, a eficiência de utilização torna-se um bom indicativo da conversão de nutrientes em biomassa dos clones de *Eucalyptus* (Furtini Neto, 1994).

Os resultados observados no presente estudo evidenciam as diferenças de comportamento de clones de eucalipto com relação à eficiência de utilização

TABELA 7 - Estimativas de médias para características nutricionais de altura de plantas jovens no campo, aos oito meses, de clones de *E. urophylla*.

Clone	Hc (m)	CPPA (mg.kg ⁻¹)	CPR (mg.kg ⁻¹)	CtPPA (mg)	CtPR (mg)	CtPT (mg)	EUP-PA (g ² .mg ⁻¹)	EUP-R (g ² .mg ⁻¹)	EUP-T (g ² .mg ⁻¹)
ITA 011	2,3	50,67	57,72	0,028	0,141	0,086	10,83	4,213	7,253
ITA 018	2,5	36,52	52,68	0,041	0,251	0,143	31,03	9,037	18,036
ITA 022	2,1	50,71	63,51	0,039	0,270	0,138	15,60	6,683	10,606
ITA 062	2,7	45,36	53,89	0,035	0,172	0,108	17,01	6,043	11,053
ITA 063	2,8	60,16	57,51	0,077	0,354	0,223	21,25	10,797	16,143
ITA 068	2,0	44,93	51,08	0,034	0,199	0,111	16,98	7,610	12,003
ITA 069	2,7	28,29	35,15	0,023	0,110	0,071	28,21	9,057	17,596
ITA 090	2,6	35,46	45,92	0,031	0,201	0,107	24,80	9,583	16,183

Hc: altura das mudas no do campo, após oito meses de plantio; CPPA: concentração de P na parte aérea, CPR: concentração de P na raiz, CtPPA: conteúdo de P na parte aérea, CtPR: conteúdo de P na raiz; CtPT: conteúdo de P total, EUP-PA: eficiência de utilização de P da parte aérea; EUP-R: eficiência de utilização de P na raiz e EUP -T: eficiência de utilização de P total.

nutricional para fósforo. Quando se considera a atividade florestal, em face da diversidade de espécies e genótipos utilizados e do aproveitamento de solos de variada fertilidade, este aspecto deve merecer atenção, a fim de que se utilize de forma racional a interação solo x espécies e ou genótipos.

5 CONCLUSÕES

Houve diferença significativa entre os clones, para todas as características estudadas.

Os valores de herdabilidade foram relativamente altos.

Para as características morfológicas das mudas, houve alta relação entre altura inicial no campo e as características Dc, PMSPA/PMSR e IQD-Dc.

Para as características nutricionais, houve alta relação entre altura inicial no campo e as EUP-T, EUP-PA e EUP-R, para as características nutricionais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2005. Brasília: ABRAF, 2006. 80 p.
- ALFENAS, A. C.; SOUZA, E. A. F.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 442 p.
- ASSIS, T. F. Aspectos do melhoramento de *Eucalyptus* para a obtenção de produtos sólidos da madeira. In: WORKSHOP “TECNICAS DE ABATE, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA EUCALIPTO”, 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1999. p. 61-72.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 12. ed. Washington, 1975. 1094 p.
- ATTIWILL, P. M. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* (L’Herit) Forest. IV- Nutrient uptake and nutrient return. **Australian Journal of Botany**, Collingwood, v. 28, n. 2, p. 199-222, 1980.
- BARBOSA FILHO, M. P. Utilização de fosfatos naturais em solos de cerrado. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 28, p. 1-4, dez. 1984.
- BARROS, N. F.; CARMO, D. N.; CALAIS, D.; VIEIRA, F. S. Biomassa, absorção e eficiência de utilização de nutrientes por clones de eucalipto na região norte do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 20., 1985, Belém. **Resumos...** Belém: SBCS, 1985. p. 109.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; CARMO, D. N.; NEVES, J. C. L. Classificação nutricional de sítios florestais - Descrição de uma metodologia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 112-120, jan./jun. 1986.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 127-186.
- BLAKE, J. J.; TEETER, L. D.; SOUTH, D. B. Analysis of the economic benefits from increasing uniformity in Douglas-fir nursery stock. In: MASON, W. L.; DEANS, J. D.; THOMPSON, S. (Ed.). **Producing uniform conifer planting stock**. Oxford: Oxford University Press, 1989. p. 251-262.

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. New York: Springer-Verlag, 1979. 189 p.

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

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

CARVALHO, C. M. Produção de mudas de espécies florestais de rápido crescimento. In: NOVAES, A. B. et al. **Reflorestamento no Brasil**. Vitória da Conquista – BA: UESB, 1992. p. 93-103.

CASTRO, A. M. G.; LOPES, E.; SOUZA, A. **Fatores relacionados com a absorção de fósforo pelas plantas**. Piracicaba: Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, 1975. 52 p.

CLARKSON, D. T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: SIMPÓSIO SOBRE RECICLAGEM DE NUTRIENTES A AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS, 1984, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC, 1985. p. 45-75.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. **Projeto Cadastro de Abastecimento por Águas Subterrâneas, Estados de Minas Gerais e Bahia**: diagnóstico do município de Taiobeiras, MG. Belo Horizonte: CPRM, 2004. 15 p.

COTTERIL, P. P.; DEAN, C. A **Successful tree breeding with index selection**. [S. I.]: CSIRO, 1990. 80 p.

CRUZ, C. D. Aplicativo computacional em genética e estatística. **Programa Genes**: Versão Windows. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2001. 390 p.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ontário, v. 36, n. 1, p. 10-13, Jan./Feb. 1960.

DONOSO, S.; RUIZ, F.; HERRERA, M. A. Evaluación del desarrollo y arquitectura de raíces de plantaciones de *Eucalyptus globulus* provenientes de semilla y estaca. In: IUFRO INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 2001, Valdivia. **Proceedings...** Chile: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas Florestais, 2001. v. 4.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Imprensa Universitária da UFV, 1987. 279 p.

FALCONER, J. R. Using frost hardiness as a indicator of seedling condition. In: PROCEEDINGS COMBINED MEETING WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATION: Western Forest Nursery Council Forest Nursery Association British Columbia, and International Forest Nursery Association Vernon, British Columbia, 1988. p. 89-95.

FERNANDES C. **Eficiência de diferentes culturas e híbridos de milho quanto à utilização de fósforo em solos de cerrado**. 2001. 51 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

FÖHSE, D.; CLAASSEN, N.; JUNGK, A. Phosphorus efficiency of plants. I. External and internal P requeriment and P uptake efficiency of different plant species. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 110, n. 1, p. 101-109, Aug. 1988.

FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; FURTINI, P. R.; AZZINI, L. E.; CAMARGO, O. A. B. Avaliação de genótipos de arroz quanto à eficiência na utilização de fósforo em solução nutritiva e em solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 3, p. 291-302, set./dez. 1984.

FURTINI NETO, A. E. **Eficiência nutricional, cinética de absorção e frações fosfatadas em *Eucalyptus* ssp**. 1994. 99 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; BORGES, R. C. G.; FONSECA, E. P. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em “Win-Strip”. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 35-42, jan./abr. 1991.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER A.; GARCIA S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Arvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 655-664, nov./dez. 2002.

GUIMARÃES, H. S. **Variabilidade genética para eficiência nutricional em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus citriodora***. 1993. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GULLO S. D. Boletim Técnico Fosfato natural reativo contribuindo com a indústria florestal. **Fertilizantes Ouro Verde**, São Paulo, v. 1, n. 7, 2004. Serie Especial.

IVERSON, R. D. Planting-stock selection: meeting biological needs and operational realities. In: DURYEA, M. L.; LANDIS, T. D. (Ed.). **Forest Nursery manual**. The Hague: Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishing, 1984. p. 261-268.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, TH. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1960.

LUCA, E F. **Eficiência de uso do fosfato de cálcio por mudas de *Eucalyptus grandis***. 1997. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

LIMA, A. M. N.; NEVES, J. U. L.; SILVA, J. R.; LEITE, F. P. Cinética de absorção e eficiência nutricional de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} em plantas jovens de quatro clones de eucalipto1. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 903-909, 2005.

MACHADO, C. T. T. **Caracterização de genótipos de milho quanto a parâmetros morfológicos, fisiológicos e microbiológicos associados a eficiência e absorção e uso do fósforo**. 2000. 366 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; SIQUEIRA, L.; FERREIRA, E. M.; LEITE, H. G.; CAVALLAZZI, J. R. P. Critérios para determinação da idade ótima de mudas de Eucalipto para plantio. **Revista Arvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 947-953, nov./dez. 2005.

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

MALAVOLTA, E.; ROMERO J. P. **Manual de adubação**. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1975. p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1997. 889 p

MELLO, S. L. M.; SASAKI, C. M.; OLIVEIRA, L. G.; GAVA, J. L. Características do sistema radicular em povoamentos de eucaliptos propagados por sementes e estacas. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 1997. v. 3, p. 54-62.

MELLO, H. A.; SOBRINHO, J. M.; SIMÕES, J. W.; COUTO, H. T. Z. Resultados da aplicação de fertilizantes minerais na produção de madeira de **Eucalyptus saligna** sm. em solos de cerrado do Estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba, v. 1, p. 7-26, 1970.

MEXAL, J. G.; LANDIS, T. L. The target seedling concept-height and diameter. In: PROCEEDINGS JOINT WESTERN AND INTERMOUNTAIN NURSERY CONFERENCE, Roseberg, OR. USDA Forest Serie General Technology Report RM-200. p. 17-36, 1990.

MORAIS, E. J. **Crescimento e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais**. 1988. 56 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

NEGI, J. D. S.; SHARMA, D. C. Distribution of nutrient in ages series of *Eucalyptus globules* plantations in Tamil Nadu. **Indian Forester**, Dehra Dun, v. 110, n. 9, p. 944-953, Sept. 1984.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 25-98.

PEREIRA, A. R.; BARROS, N. F.; ANDRADE, D. C.; CAMPOS, P. T. A. Concentração e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* em função da

idade, cultivado na região do cerrado. **Brasil Florestal**, Brasília, V. 8, n. 59, p. 27-38, jul./set. 1984.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD. **Atlas de Desenvolvimento Humano para o Brasil**. 2000. Disponível em: <www.pnud.org.br/atlas> Acesso em: 04 out. 2006.

ROSADO, S. C. S. Genética quantitativa aplicada em fungos ectomicorrízicos. In: SIQUEIRA, J. O. **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: UFLA, 1996. p. 101-133.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, New York, v. 34, p. 280-406, 1981.

SIDDIQUI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index; a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal Plant Nutrition**, New York, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

SILVA, I. R. ; FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; CURTI, N. Eficiência nutricional para Potássio em espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 257-264, maio/ago. 1996.

SOUTH, D. B.; MEXAL, J. G. **Growing the “best” seedling for reforestation success**. Alabama: Alabama Agricultural Experiment Station Forestry Department, 1984. Serie 12, 11 p.

SWITZER, G. L.; NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations ecosystems: the first twenty years. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 36, n. 1, p. 143-147, Jan./Feb. 1972.

TEIXEIRA, J. L.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M.; CAMPOS, J. C. C.; LEAL, P. G. L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de duas espécies de eucalipto em diferentes ambientes do Médio Rio Doce, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 34-50, jan./jun. 1989.

THOMPSON, B. E. Seedling morphological evaluation-what you can tell by looking. In: DURYEY, M. L. (Ed.). **Proceedings: evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests**. Corvallis, Oregon: Oregon State University, 1985. 59-71. (Workshop held October 16-18, 1984).

TOMÉ, M. A. Blocos fixos ou aleatórios? O caso dos ensaios em látex no melhoramento vegetal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 576-584, maio/jun. 2002.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 406 p.