

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES, CRESCIMENTO E
EFICIÊNCIA DO USO DO FÓSFORO DE *Corymbia citriodora* Hill &
Johnson.**

JOSÉ LUIS SOTO GONZALES
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL.
Julho de 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES, CRESCIMENTO E
EFICIÊNCIA DO USO DO FÓSFORO DE *Corymbia citriodora* Hill &
Johnson.**

JOSÉ LUIS SOTO GONZALES

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Valiengo Valeri

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para a
obtenção do título de Doutor em Agronomia
(Produção Vegetal).**

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Julho de 2010**

Soto Gonzales, José Luis
S718q Qualidade fisiológica de sementes, crescimento e eficiência do
 uso do fósforo de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson / Soto
 Gonzales José Luis. – – Jaboticabal, 2010
 ix, 88f.; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010

Orientador: Sérgio Valiengo Valeri

Banca examinadora: Mara Cristina Pessoa da Cruz, Rinaldo César
de Paula, Sérgio Valiengo Valeri, Sérgio Garcia dos Santos, Antônio
Lúcio Mello Martins

Bibliografia

1. Árvores matrizes 2. Vigor de sementes. 3. Nutrição florestal. I.
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.531:634.0.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
– Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.
jlsg_dh@yahoo.es

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JOSÉ LUIS SOTO GONZALES, Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Nacional do Altiplano – UNA PUNO - PERÚ, Faculdade de Ciências Agrárias, em 2003. Ingressou no programa de pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da UNESP-FCAV, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo – Brasil em agosto de 2005, tendo obtido o título de mestre em Agronomia (Produção Vegetal) em junho 2007. Nesse período foi bolsista da CAPES por 24 meses. Em agosto de 2007 iniciou o doutorado nesse mesmo programa, no qual foi bolsista do CNPq. Nesse período publicou artigos em revistas científicas, decorrentes do programa de pós-graduação.

À minha esposa **Pazzis Mestas Zapana**, graças ao esforço, luta e perseverança pelos objetivos traçados, pela ajuda incondicional, e ao meu filho **Nicolas Rinaldo Soto Mestas**, minha maior riqueza que a cada dia sente a vida vir com mais desafios e constantes mudanças, ofereço esta Tese.

OFEREÇO

Aos meus sogros, **Fulgencio Mestas Quispe e Valentina Vidal Zapana de Mestas**. E ao meu filho: **Nicolas Rinaldo Soto Mestas**.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tornar este sonho possível, dando-me perseverança e força para vencer os obstáculos desta caminhada.

À UNESP, Câmpus de Jaboticabal por tudo.

Ao Prof. Dr. Sérgio Valiengo Valeri, pela orientação competente, disponibilidade, paciência, afeição e ensinamentos que foram marcantes para realização desta tese, um agradecimento especial.

Ao Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula, pelo apoio, ensinamentos, confiança em mim depositada e benevolência.

À Prof. Dr^a: Mara Cristina Pessôa da Cruz, pela valiosa ajuda profissional dada incondicionalmente nos momentos mais importantes da realização deste projeto.

Ao Prof. Dr. Rubens Sader e à Prof^a. Dr^a Teresinha de Jesus Deléo Rodrigues, pelas correções do artigo do exame geral de qualificação.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de doutorado.

À mestranda, Fabiana Gorricho Costa, pela amizade e pelo apoio nos experimentos.

Aos todos os funcionários do Departamento de Produção Vegetal.

Aos funcionários da Biblioteca da Unesp-FCAV, pela valiosa correção das referências bibliográficas.

Ao Sr. Valdemir Fernando Carregari e Ao Sr. Mauro do Viveiro Experimental (Horto) da FCAV- UNESP, pelo apoio na condução dos experimentos.

Aos meus sogros, Fulgencio Mestas Quispe, Valentina Vidal Zapana de Mestas, pelo apoio.

A meu cunhado. Ronald Mestas Zapana, pelo apoio incondicional e pelas tuas sábias palavras e pela tua forma de ser, obrigado.

À minha cunhada. Esther Luz Mestas Zapana e Lucio Teodoro Ticona Barra, pelo apoio incondicional, e a Luz Edith Mestas e José L Sarmiento pela amizade.

À minha Irmã, Zeydi Roxana Soto Gonzales, por muitas razões no caminho da vida.

Às minhas sobrinhas. Mariela, Brescia, Doria, Vaneza, Alison e Zofia.

À minha tia Lucy Soto Gallegos e filho Henry Alexander Centellas Soto pela ajuda que um dia me brindaram. Valeu tia e primo, eu amo vocês.

Ao meu irmão Dr. Hebert Hernan Soto Gonzales e meu sobrinho Marcelo Soto pela amizade.

Ao Sr. André Pádua Durante e a Juan Waldir Mendoza Cortes, pela amizade.

A todos aqueles que de alguma maneira contribuíram com a realização deste estudo.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
SUMMARY	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. A Espécie.....	4
2.2. Seleção de Árvores Matrizes.....	6
2.3. Germinação de Sementes.....	7
2.4. Testes de Vigor.....	10
2.4.1. Condutividade elétrica.....	14
2.4.2. Envelhecimento acelerado.....	16
2.5. Eficiência de Uso do Fósforo.....	18
2.5.1. Resposta do <i>Eucalyptus</i> a aplicação de fósforo.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1. Local de Condução dos Experimentos.....	24
3.2. Árvores Matrizes e Procedências de <i>Corymbia citriodora</i>	24
3.3. Avaliação de Qualidade Fisiológica das Sementes.....	24
3.3.1. Armazenamento.....	24
3.3.2. Testes preliminares.....	25
3.3.2.1. Teste de condutividade elétrica.....	25
3.3.2.2. Teste de envelhecimento acelerado.....	26
3.3.3. Teste de condutividade elétrica.....	26
3.3.4. Teste de germinação das sementes.....	27
3.3.5. Teor de potássio.....	27
3.3.6. Teste de envelhecimento acelerado.....	28
3.3.7. Teste de emergência de plântulas em viveiro.....	28
3.4. Crescimento e Eficiência do Uso do Fósforo de Quatro Matrizes	29
3.4.1. Produção de mudas.....	29

3.4.2. Solo.....	29
3.4.3. Casa de vegetação e recipientes.....	30
3.4.4. Adubação complementar e preparo do solo.....	30
3.4.5. Plantio e condução do experimento.....	31
3.4.6. Aplicação de defensivos agrícolas.....	32
3.4.7. Avaliações.....	32
3.4.8. Tratamentos e delineamento experimental.....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1. Avaliação de Qualidade Fisiológica das Sementes.....	34
4.1.1. Teste de envelhecimento acelerado.....	34
4.1.2. Teste de condutividade elétrica.....	37
4.1.3. Emergência de plântulas em viveiro.....	42
4.2. Crescimento e Eficiência de Uso do Fósforo de Quatro Matrizes.....	46
4.2.1. Fósforo do solo e altura.....	46
4.2.2. Diâmetro, área foliar e matéria seca.....	52
4.2.3. Teor, quantidade e eficiência de uso do fósforo nas folhas.....	59
5. CONCLUSÕES.....	67
6. REFERÊNCIAS.....	68

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES, CRESCIMENTO E EFICIÊNCIA DO USO DO FÓSFORO DE *Corymbia citriodora* Hill & Johnson.

RESUMO – Este trabalho objetivou estudar a qualidade fisiológica de sementes, crescimento e eficiência do uso do fósforo de *Corymbia citriodora* em condições de laboratório e viveiro. A qualidade fisiológica foi avaliada em sementes provenientes de 30 árvores matrizes de diferentes procedências pelos testes de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e teor de potássio. As médias entre matrizes foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Na casa de vegetação, a qualidade fisiológica foi avaliada quanto à germinação em recipientes de 50 cm³. Para a eficiência de utilização de fósforo, foram usadas plantas provenientes de quatro matrizes que receberam sete doses de fósforo (0, 25, 50, 75, 100, 125 e 150 mg dm⁻³ de P). O experimento foi instalado no esquema fatorial 7 x 4, com quatro repetições em vasos com 5 dm³ de solo, em casa de vegetação. Aos 90 dias após o transplântio das mudas, foram avaliados: a altura da planta e o diâmetro do colo; a massa de matéria seca de folhas, caule e galhos e raízes; o teor, a quantidade e a eficiência de utilização de fósforo nas folhas. As variações das características avaliadas em função dos teores de fósforo foram analisadas através de equações de regressão polinomial. O teste de envelhecimento acelerado separou as árvores matrizes em dois grupos de qualidade fisiológica. Os testes de condutividade elétrica e de teor de potássio discriminaram matrizes com alto, médio e baixo vigor de sementes. Houve correlação significativa entre o teste de emergência de plântulas em viveiro com os testes de vigor e entre testes de vigor. As plantas de quatro matrizes de *C. citriodora* de diferentes procedências responderam de maneira diferente às doses de fósforo, sendo que a recomendação se encontra entre 30 e 100 mg dm⁻³ de P de acordo com a característica avaliada e a matriz.

Palavras chave: árvores matrizes, procedências, germinação, vigor de sementes, nutrição florestal.

PHYSIOLOGICAL QUALITY IN SEED, GROWTH AND EFFICIENCY IN THE USE OF PHOSPHORUS OF *Corymbia citriodora* Hill & Johnson.

SUMMARY - This work aimed to study the physiological quality of seeds, growth and efficiency in the use of phosphorus of *Corymbia citriodora* in laboratory and greenhouse conditions. The physiological quality was evaluated in seeds from 30 mother trees of different provenances by accelerated aging and electrical conductivity tests and potassium content. Mean differences were detected by Scott-Knott test at 5% probability. In greenhouse, the physiological quality was evaluated by germination test in 50 dm³ pots. To evaluate the phosphorus use efficiency were used seedlings from four mother trees, which received seven different doses of phosphorus (0, 25, 50, 75, 100, 125 and 150 mg dm⁻³ of P). The experiment was carried out in 7 x 4 factorial design with four replication in 5 dm³ pots with soil in greenhouse. At 90 days after transplantation were evaluated: the height and diameter of plants, dry matter of leaves, stems, branches and roots, content and amount of phosphorus, and phosphorus use efficiency in leaves. The different effects due to phosphorus doses in characteristics were analyzed by polynomial regression equation. The results of accelerated aging test indicated the existence of two group of different physiological quality. The electrical conductivity and the potassium content allowed to distinguished mother trees with high, medium and low vigor of seeds. There was significant correlation between the seedling emergence test in greenhouse and vigor test, and between own the vigor tests. The *C. citriodora* seedlings from four mother trees of different provenances responded to phosphorus doses differently. The phosphorus recommendation is between 30 and 100 mg dm⁻³ of phosphorus according to evaluated characteristics and mother tree.

Key-Words: mother trees, provenances, germination, seed vigor, forest nutrition

1. INTRODUÇÃO

O cultivo de espécies florestais de crescimento rápido é um bom investimento, em razão a necessidade das indústrias e das empresas de suprimentos internos de madeira, como também para atender elevada demanda de produtos florestais no mercado mundial (ZOBEL, 1979).

O setor florestal brasileiro tem crescente relevância para o País. Atualmente, dos seis milhões de hectares de plantações homogêneas existentes no País, o gênero *Eucalyptus* ocupa, aproximadamente, quatro milhões de hectares (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, 2010) e o restante é ocupado pelo gênero *Pinus*.

O setor florestal brasileiro, como um todo, é responsável por aproximadamente 4% do PIB, 8% das exportações e geram aproximadamente 700 mil empregos diretos. Sem dúvida, a eucaliptocultura é a principal responsável por este desempenho, o que demonstra a importância do *Eucalyptus* para a economia do País e a necessidade de se buscar sempre a máxima competitividade num mercado altamente disputado (EMBRAPA, 2008).

Apesar das plantações florestais estarem aumentando em todos os segmentos, o setor acredita que com base nas expectativas de crescimento na demanda por produtos madeireiros, haverá uma necessidade de plantio em torno de 630 mil hectares ao ano, ao invés dos 200 mil hectares atuais. A Sociedade Brasileira de Silvicultura – SBS distribui essa necessidade de plantio como sendo: 170 mil ha ano⁻¹ para celulose, 130 mil ha ano⁻¹ para madeira sólida, 250 mil ha ano⁻¹ para carvão vegetal e 80 mil ha ano⁻¹ para energia (EMBRAPA, 2008).

Cerca da metade da cobertura florestal original do mundo já deixou de existir, enquanto outros 30% estão degradados ou fragmentados. Em 1999, o consumo global de madeira para combustível, madeireiras, papel e outros produtos foi mais que o dobro do consumo de 1950 (BALMFORD et al., 2002). Nesse sentido, o cultivo de eucalipto poderia ajudar na conservação destes fragmentos florestais.

A crescente demanda por produtos madeireiros no mercado consumidor nacional e internacional requer produção legal e constante de madeira, de forma que áreas florestais nativas sejam preservadas e a necessidade do consumidor suprida. O gênero

Eucalyptus é uma alternativa viável para atender a esta demanda, pois apresenta retorno rápido e alta produtividade com custos reduzidos. Assim, o cultivo do *Eucalyptus* pode evitar o corte e abate de árvores em florestas naturais e tornar-se uma opção para o uso em áreas degradadas (FERREIRA & GALVÃO, 2000). Do ponto de vista ambiental, essas plantações têm surtido grande efeito na redução da exploração predatória de matas nativas (GONÇALVES & VALERI, 2001).

O Brasil é o maior captador solar do mundo, tem a maior possibilidade de usar o solo, o território, a umidade, produzir e sequestrar carbono. Por consequência tem a maior possibilidade de produção de madeira do mundo. O seqüestro de carbono tem sido indicado como uma alternativa para evitar o aquecimento global, que tem sido uma preocupação mundial para garantir a sobrevivência no planeta. O reflorestamento, o plantio de florestas comerciais e o uso de madeira na construção civil é a forma mais adequada para seqüestrar o carbono atmosférico e possibilitar que esse carbono permaneça fixado por mais tempo (CARUANA, 2007).

A semente é um insumo indispensável na produção agrícola, desempenhando importante papel para o aumento quantitativo e qualitativo de produtividade. Portanto, a utilização de sementes de alta qualidade é um fator preponderante para o sucesso de qualquer cultura (GASPAR & NAKAGAWA, 2002).

O aumento da produção de sementes no Brasil, nos últimos anos, tem levado as empresas produtoras a buscarem um aprimoramento técnico de suas atividades, o que visa, basicamente, ao aumento de produtividade, associado a um incremento na qualidade do produto colhido. Assim tem-se procurado aprimorar os testes de germinação e vigor com objetivo de que os resultados expressem a real qualidade fisiológica de um determinado lote de sementes (VIEIRA, 1994).

O termo “eficiência” é definido como a habilidade da planta em absorver e / ou em usar os nutrientes e é empregado para diferenciar espécies de plantas, genótipos e cultivares (BALIGAR e FAGERIA, 1999).

Estudos de eficiência de uso de nutrientes entre clones de eucalipto realizados em casa de vegetação podem ser úteis para os programas de melhoramento genético que visam seleção precoce, pois as respostas são obtidas em período curto de tempo. Não

foi encontrado trabalho na literatura sobre eficiência de uso de nutrientes em *C. citriodora*.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo estudar a qualidade fisiológica em sementes, no crescimento e na eficiência do uso do fósforo de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A espécie

Em estudos recentes, baseados em características morfológicas e moleculares, o gênero *Eucalyptus* foi reclassificado. Para o gênero, excluindo as espécies chamadas de “bloodwood” formando com estas um novo gênero denominado *Corymbia*. Neste novo gênero foram incluídas 113 espécies, antes denominadas *Eucalyptus*. As espécies, do gênero *Corymbia* mais difundidas no Brasil são: *Corymbia citriodora*, *C. torelliana* e *C. maculata* (Hill & Johnson, 1995). Como esse novo gênero é recente e na literatura ele era muito conhecido como *Eucalyptus*, a revisão de literatura e a discussão do presente trabalho baseou-se principalmente em dados de *Eucalyptus*.

O gênero *Eucalyptus*, descrito por L'Herit, pertence à família das Mirtáceas e possui mais de 900 espécies, variedades e híbridos, totalizando oito subgêneros, sendo o principal deles o *Symphyomyrtus*, com mais de 300 espécies (BROOKER & KLEINING, 2000). Dentre as quais estão as espécies mais plantadas no Brasil para fins comerciais, como *Eucalyptus grandis*, *E. globulus*, *E. urophylla*, *E. camandulensis*, *E. saligna* e *E. tereticornis* (MORA & GARCIA, 2000).

O primeiro relato sobre *C. citriodora* no Brasil é: “árvore alta, ornamental, folhas com cheiro de limão, madeira excelente, forte e durável empregada para pontes, calçamento e na fabricação de carros e rodas para carros. Possui crescimento extremamente rápido. Exemplos de nove meses com três metros de altura” foram encontrados por LOFGREN, (1906).

C. citriodora é espécie de médio a grande tamanho, ocasionalmente podendo atingir 50 m de altura e 1,2 m de DAP, com excelente forma do tronco e folhagem rala. As duas principais áreas de ocorrência são em Queensland, em grande extensão de Maryborough até Mackay. É limitada pelas cadeias montanhosas e secas de Atherton, Herberton e Mt. Garnet. Entre as duas principais áreas de ocorrência, aparece de maneira dispersa. A latitude da área do Norte está entre 16° 45' e 20° 30' S, com altitudes de 450 a 1000 m. Nas áreas do Sul, as latitudes são 22° 45' e 26° S, e as altitudes de 70 a 400 m. O clima é quente e úmido a subúmido. Há variação na

temperatura conforme a área de ocorrência e desde alta precipitação, perto da costa em Bundaberg nas redondezas de Atherton, para seca em áreas isoladas. A média da temperatura máxima no mês mais quente está entre 30 e 32 °C, e a média da temperatura mínima no mês mais frio está entre 9 e 12 °C, mas nas áreas isoladas podem ocorrer respectivamente 34 a 36 °C, e 5 e 10 °C. Podem ocorrer geadas nas maiores altitudes. A precipitação varia de 650 a 1600 mm, com predomínio no verão. O final do inverno e a primavera são secos. Toleram uma ampla variação de solos, que vão dos podzólicos aos regossolos (areias quartzosas) nos vales. É de Floresta Aberta Alta e as principais espécies associadas nas áreas do norte são: *E. cloeziana*, *E. polycarpa*, *E. drepanophylla* e *E. trachyphloia*, nas áreas do sul são: *E. crebra*, *E. fibrosa*, *E. cloeziana*, *E. acmenoides*, *E. polycarpa*, *E. blaxsomei* e *Angophora costata* (IPEF, 2008).

Entre mais de 30 espécies de *Eucalyptus*, consideradas como potencialmente promissoras para diferentes regiões do Brasil, GOLFARI & PINHEIRO NETO (1970) destacam o *Corymbia citriodora* como sendo uma das mais plantadas, em virtude das plantações existentes desde o Rio Grande do Sul até a Região Amazônica, e consideram sua madeira como ótima para serraria. Essa espécie é nativa de Queensland, Austrália, cuja região possui um clima subtropical, com índice pluviométrico entre 650 mm (tipo semi-árido) e 1 250 mm (tipo úmido) e de regime periódico (GOLFARI, 1975).

A madeira de *C. citriodora* é muito usada para construções, estruturas, caixotaria, postes, dormentes, mourões, lenha e carvão. No Estado de São Paulo, a espécie apresenta susceptibilidade à geadas, boa resistência à deficiência hídrica. Em solos pobres, pode haver alta incidência de bifurcações ligadas a deficiências nutricionais (principalmente boro). Regenera-se muito bem por brotações das touceiras (IPEF, 2008).

É uma das espécies mais difundidas no Brasil, sendo plantada em todas as regiões do País. A sua madeira, de alta densidade, é excelente para a serraria, carvão vegetal, lenha, dormentes, postes, estacas e mourões. Das suas folhas é extraído um óleo essencial muito usado na indústria química e farmacêutica (MORA & GARCIA, 2000).

Dentre os múltiplos usos de *C. citriodora*, destacam-se como alternativa viável, financeira e operacional, a utilização das folhas como matéria prima na extração de óleo

essencial e da madeira para uso na construção civil. Tem sido cultivado para a produção de carvão vegetal, uma vez que a demanda por este produto é grande, pois é utilizado como redutor de minério de ferro no processo industrial siderúrgico (TEIXEIRA, 1987).

Florestas tropicais apresentam espécies madeiráveis com DAP em torno de 70 cm aos 144 anos aproximadamente, se for do grupo das comerciais, 135 anos se do grupo das climácicas exigentes em luz, 121 anos se do grupo das climácicas tolerantes à sombra, 128 anos se do grupo das frutíferas e 96 anos se do grupo das pioneiras (SCOLFORO et al., 1996), indicando que a maioria das árvores madeiráveis nativas do Brasil apresentam idade de corte para serraria acima de 140 anos. *Corymbia citriodora* é uma espécie de crescimento rápido que apresenta propriedades físicas da madeira equivalentes às dez principais madeiras nacionais para construção civil e indústria moveleira (IPT, 1956), com idade de corte para *C. citriodora* para construção civil e dormente de 21 anos, aproximadamente (SIMÕES et al., 1981). Sendo assim, essa espécie encontra-se no grupo das plantas que seqüestram maior quantidade de carbono em menor tempo e que possibilitam que o mesmo permaneça fixado por mais tempo quando sua madeira é usada na construção civil.

2.2. Seleção de Árvores Matrizes

A seleção de árvores matrizes deve ser feita, preferencialmente, em povoamentos naturais, ou implantados, de modo a permitir uma avaliação adequada das características a serem analisadas (CAPELANES & BIELLA, 1986). Nunca deve ser selecionada uma árvore isolada, que certamente irá resultar em problemas de autofecundação. Alguns critérios têm sido utilizados no Brasil para a seleção de árvores matrizes em povoamentos florestais. Entre esses critérios, destacam-se os que se baseiam na determinação de diâmetro à altura do peito - DAP - limite de seleção e na comparação da árvore a ser selecionada com algumas árvores próximas (CAPELANES & BIELLA, 1986). Em todos os casos, porém, a árvore matriz precisa estar livre de pragas e doenças, apresentar-se vigorosa, sem deficiência nutricional e com boa capacidade de produção de sementes, além de se adequar aos objetivos principais da atividade de reflorestamento.

De acordo com PAULA (2007), o conhecimento da variabilidade e da base genética das sementes usadas é imprescindível para a garantia da sustentabilidade dos plantios, sejam eles com finalidades produtivas ou conservacionistas. Assim, por exemplo, o uso de um número relativamente grande de matrizes para a coleta de sementes e produção de mudas, por si só, não é garantia de base genética suficiente da população resultante o que poderá, em curto e médio prazo, trazer consequências negativas em termos de sustentabilidade dos trabalhos de revegetação.

Quanto ao número mínimo de matrizes para coleta de sementes, KAGEYAMA & GANDARA (2000) recomendam o uso de pelo menos 12 ou 13 indivíduos de uma população natural grande (acima de 500 árvores) para se garantir um tamanho efetivo de 50 ($N_e = 50$) e mencionam que este valor de N_e tem sido consagrado na literatura como adequado para manter uma população em médio prazo.

Entretanto, MORI (2003) considera que, em populações naturais sem grandes interferências antrópicas, a obtenção de sementes a partir de 20 a 30 matrizes possibilitaria a captura de genes relativamente raros, com frequências entre 0,015 a 0,011, ou seja, entre 1,5 a 1,1% de raridade. O autor recomenda que sejam colhidas sementes do maior número possível de matrizes localizadas em condições naturais.

SEBBENN (2003), estudando o tamanho amostral para conservação genética *ex situ* de espécies arbóreas de folhosas e de coníferas com sistema reprodutivo misto, recomenda que a coleta de sementes seja de 35 progênies, e SEBBENN et al. (2003), para *Genipa americana*, recomendam a coleta em pelo menos 20 árvores matrizes.

2.3. Germinação de Sementes

O processo germinativo compreende aqueles eventos celulares e metabólicos que se iniciam com a absorção de água por sementes quiescentes e culmina com o alongamento do eixo embrionário, conforme enfatizado por EGLEY (1999).

O teste de germinação determina, numa amostra, a proporção de sementes vivas e capazes de produzir plantas normais sob condições favoráveis. Este teste foi desenvolvido e aperfeiçoado para avaliar o valor das sementes para o plantio, bem como

para comparar lotes, servindo assim como base para o comércio de sementes. Este é conduzido oferecendo às sementes as condições mais favoráveis, tais como luz, substratos mais adequados, temperatura, umidade e aeração (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Em tecnologia de sementes, a conceituação de germinação tem um cunho mais prático, incluindo a fase de crescimento da plântula neste processo. Portanto, a germinação de sementes, em teste de laboratório, é a emergência das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir planta normal sob condições favoráveis de campo (BRASIL, 1992; ISTA, 1993).

O processo de germinação se acelera à medida que as sementes são postas para embeber em água. De acordo com CARVALHO & NAKAGAWA (2000), a absorção processa-se em três fases, sendo que a água atua amolecendo o tegumento das sementes e favorecendo a penetração de oxigênio (MARCOS FILHO, 1986).

A água exerce influência determinante no processo de germinação. De sua absorção resulta a reidratação dos tecidos, com a conseqüente intensificação de respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que culminam com o fornecimento de energia e de nutrientes necessários para a retomada de crescimento por parte do eixo embrionário. Além desse papel de fundamental importância, a absorção de água desempenha outros, como o aumento do volume da semente, resultante da entrada de água em seu interior, provoca o rompimento do tegumento, o que vem, posteriormente, facilitar a emergência do eixo embrionário (ou outra estrutura qualquer) do interior da semente (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). De modo geral, a quantidade de água no substrato papel varia de 2 a 3 vezes o peso do papel em água e 70% da capacidade de retenção para o substrato areia (BRASIL, 1992).

A qualidade fisiológica da semente é avaliada por duas características fundamentais, a viabilidade e o vigor (POPINIGIS, 1985).

A viabilidade, determinada pelo teste de germinação, procura avaliar a máxima germinação da semente, enquanto, o vigor compreende um conjunto de características que determinam o potencial fisiológico das sementes, sendo influenciado pelas condições de ambiente e manejo durante as etapas de pré e pós-colheita (VIEIRA & CARVALHO, 1994).

A germinação pode ser simplificada em processos iniciais como: embebição da semente e ativação do metabolismo, seguido do rompimento do tegumento, da emissão da radícula e do crescimento da plântula. A fase inicial é principalmente uma função da absorção de água, enquanto a segunda é dependente da mobilização de reservas da semente (PRISCO et al., 1981).

As Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) especificam as condições e o período para a condução do teste de germinação em sementes de um grande número de espécies vegetais, das quais as espécies florestais constituem pequena parcela. As regras para análise de sementes da “International Seed Testing Association” (ISTA, 1993), por sua vez, consideram apenas as espécies florestais de clima temperado.

Contudo, a crescente demanda por sementes de espécies florestais, seja com a finalidade econômica, seja como para preservação do meio ambiente, tem determinado a intensificação de estudos relacionados ao seu controle de qualidade. Em decorrência, verifica-se na literatura um número expressivo de trabalhos visando ao suprimento desta carência, o que culminou com a elaboração de proposições que reúnem dados referentes a testes específicos para a análise de sementes dessas espécies, conforme publicado por PIÑA-RODRIGUES & VIEIRA (1988) e FIGLIOLIA & PIÑA-RODRIGUES (1995).

POULSEN et al. (1998), em publicação da ISTA, elaboraram um manual específico para análise de sementes de espécies florestais tropicais e subtropicais, incluindo métodos para a condução do teste de germinação em sementes de diversas espécies.

Com base na literatura disponível, são apresentadas as condições de execução do teste de germinação de sementes de algumas espécies florestais, a saber: *Cedrela odorata* (cedro) - sobre papel ou vermiculita a 25 ou 30°C por 16 dias (ANDRADE & PEREIRA, 1994); *Euterpe edulis* (palmitero) – entre vermiculita a 20-30°C ou 25°C por 98 dias (ANDRADE et al., 1999); *Sebastiania commersoniana* (branquilha) – sobre areia a 20-30°C por 14 dias (SANTOS & AGUIAR, 2000).

A temperatura apresenta grande influência tanto na porcentagem como na velocidade de germinação das sementes, estando relacionada às reações bioquímicas

que regulam o metabolismo necessário para iniciar o processo de germinação (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

2.4. Testes de Vigor

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes é um aspecto importante a ser considerado por um programa de produção, pois a elucidação dos fatores que possam afetar a qualidade dessas sementes depende diretamente da eficiência dos métodos usados para determiná-la. Sendo assim, os testes de vigor contribuem para estimar a qualidade fisiológica de lotes de sementes que apresentam germinação semelhante, mas exibem comportamento distinto no campo ou no armazenamento (DIAS & MARCOS FILHO, 1995a).

De forma geral, os testes de vigor são instalados seguindo as métodos descritos nas Regras para Análise de Sementes – RAS – (BRASIL, 2009). A *Internacional Seed Testing Association* – ISTA (ISTA, 1995) e a *Association of Official Seed Analysts* – AOSA (AOSA, 1983) propuseram testes de vigor que seriam os mais indicados. Dentre esses, ambas relacionaram os testes de crescimento de plântulas para a classificação do vigor.

O conceito de vigor de sementes surgiu com base na observação de que sementes colocadas para germinar produziam plântulas muito diferentes quanto à velocidade de crescimento e desenvolvimento. Essas diferenças podem ser atribuídas ao vigor das sementes, o qual pode ser entendido como o nível de energia que uma semente dispõe para realizar as tarefas do processo germinativo (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

O vigor das sementes compreende um conjunto de características ou propriedades que determinam o seu potencial fisiológico, ou seja, a capacidade das sementes em apresentar desempenho adequado quando expostas a diferentes condições ambientais (MARCOS FILHO, 1994; CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

O objetivo básico dos testes de vigor é a identificação de diferenças importantes no potencial fisiológico das sementes, principalmente, das que compõem lotes com poder germinativo semelhante (MARCOS FILHO, 1999a). Frequentemente, observa-se

que lotes de sementes que apresentam germinação semelhante exibem comportamentos distintos no campo e/ou armazenamento.

A avaliação da qualidade das sementes por meio dos testes de germinação permite que elas expressem sua máxima germinação sob condições favoráveis. Entretanto, em situações naturais, as sementes estão submetidas a uma série de pressões, como variações na umidade do solo, radiação e competição, constituindo condições desfavoráveis para que a semente expresse todo seu potencial germinativo.

Comparações de vigor de sementes entre matrizes, progênies e procedências, oferecem ao pesquisador dados adicionais em uma fase inicial de um programa de melhoramento ou conservação genética. A divulgação de sua metodologia tornará, com certeza, mais difundida a sua aplicação no campo das ciências florestais (VALENTINI & PIÑA RODRIGUES, 1995).

A história dos testes de vigor teve início com o desenvolvimento do teste padrão de germinação, conforme relatou CARVALHO (1994). Durante diversos anos, a avaliação da qualidade fisiológica foi realizada exclusivamente através deste teste (MARCOS FILHO, 1999a).

As tentativas de conceituação, iniciadas por ISELY (1957), indicando que o vigor seria "o resultado da ação conjunta de todas as propriedades da semente que permitem a obtenção de estande, sob condições favoráveis", evoluiu com o passar do tempo. No final dos anos 70, o vigor passou a ser considerado como um conjunto de características que expressam o potencial para a emergência e o desenvolvimento acelerado de plântulas normais, sob ampla diversidade de condições climáticas, com base no conceito de vigor estabelecido pela ISTA em 1977 e pela AOSA em 1979, (MARCOS FILHO, 1999a).

O vigor de uma semente, durante a maturação, é uma característica que acompanha, de maneira geral na mesma proporção, o acúmulo de matéria seca. Assim, uma semente atingiria seu maior vigor quando se apresentasse com a sua máxima matéria seca, podendo, é claro, haver defasagens entre as curvas, em função da espécie e das condições ambientais. Desse ponto em diante, contudo, a evolução dessa característica se faria de maneira semelhante à da germinação, isto é, tenderia a se manter no mesmo nível, ou decresceria, na dependência de fatores ambientais e do

modo e momento da colheita (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

O vigor das sementes é o reflexo de um conjunto de características que determinam o seu potencial fisiológico, ou seja, a capacidade de apresentar desempenho adequado quando expostas as diferentes condições de ambiente. Em função de sua importância, vários métodos têm sido desenvolvidos visando à avaliação segura desse parâmetro de qualidade fisiológica das sementes (MARCOS FILHO, 1999b).

O desenvolvimento de testes para analisar o vigor de sementes tem por base o conhecimento de que o processo de deterioração tem início logo após a maturidade fisiológica e prossegue enquanto as sementes permanecem em campo, durante a colheita, processamento e armazenamento. Tanto a intensidade como a velocidade desse processo depende de fatores genéticos e ambientais e estão relacionados aos cuidados durante o manejo dos lotes de sementes (KRZYZANOWSKI & FRANÇA NETO, 1991).

Além da necessidade de padronização destes métodos e da interpretação, para possibilitar a comparação entre resultados obtidos por diferentes analistas e laboratórios, os testes de vigor devem atender a outras exigências, como: relação com a emergência de plântulas em campo; rapidez; objetividade; simplicidade e viabilidade econômica (AOSA, 1983).

De acordo com POWELL (1986), a queda da viabilidade de uma população de sementes segue uma curva sigmóide. Durante a Fase I, relativamente longa, poucas sementes morrem, enquanto, na Fase II, ocorre o declínio rápido da germinação e, finalmente, na Fase III, poucas sementes permanecem vivas.

Os testes de vigor estão divididos em quatro grupos, os físicos, os bioquímicos, os de resistência e os fisiológicos. Os testes físicos avaliam aspectos morfológicos ou características físicas das sementes possivelmente associadas ao vigor, como por exemplo, tamanho das sementes, massa unitária, densidade, coloração e teste de raio-x. Nos testes bioquímicos são avaliadas alterações bioquímicas associadas ao vigor das sementes, sendo que os principais testes representativos deste grupo são: respiração, tetrazólio e condutividade elétrica. Os testes de resistência avaliam o desempenho das sementes expostas a estresses e aqueles que exemplificam este grupo são: imersão em

água quente, imersão em solução osmótica, imersão em soluções tóxicas, submersão, germinação a baixa temperatura, envelhecimento acelerado deterioração controlada e teste frio. Já os testes fisiológicos são representados pela primeira contagem, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântulas, emergência de plântulas no campo, massa de matéria seca, crescimento de plântulas e teste de exaustão (MARCOS FILHO, 1999a). Marcadores de proteínas na avaliação da qualidade genética, sanitária ou fisiológica de sementes têm progredido nos últimos anos, tornando-se uma ferramenta importante no melhoramento genético e no controle de qualidade (CARVALHO, 2000).

É reconhecida a influência do genótipo sobre o comportamento fisiológico da semente. Por exemplo, há cultivares mais resistentes a temperaturas elevadas, outros a temperaturas mais baixas e assim sucessivamente, envolvendo também outros fatores como disponibilidade de água, patógenos, etc. Os testes de vigor foram desenvolvidos para avaliar exclusivamente a qualidade fisiológica das sementes, não se desejando a interferência do genótipo. Consequentemente, esse fato deve ser considerado na escolha do teste, para reduzir as possibilidades de interpretação incorreta dos resultados (MARCOS FILHO, 1999a).

Entre os fatores que afetam o vigor, de acordo com CARVALHO & NAKAGAWA (2000) e MARCOS FILHO (2005), destacam-se (a) o genótipo; (b) fatores climáticos e nutrição da planta mãe durante a produção das sementes (formação da flor e fertilização, desenvolvimento e maturidade da semente); (c) danos mecânicos durante a colheita, secagem e beneficiamento; (d) ataque de insetos e, ou microrganismos patogênicos; (e) condições ambientais durante o armazenamento; (f) densidade e tamanho da semente; (g) idade da semente; e (h) temperaturas baixas durante a embebição.

Como são muitos os fatores que afetam os resultados de cada teste de vigor, têm sido árduas as tentativas de padronização da metodologia, desde o momento em que esses testes passaram a ser pesquisados com maior intensidade (cerca de 40 anos atrás). Esse é o motivo principal da não inclusão de métodos para avaliação do vigor em Regras para Análise de Sementes (MARCOS FILHO, 1999a).

2.4.1. Condutividade elétrica

Dentro do contexto de que o processo de deterioração da semente inicia-se com a perda da integridade das membranas celulares, a condutividade elétrica tem sido proposta como teste para avaliar o vigor, uma vez que sementes com baixo vigor tendem a apresentar desorganização na estrutura das membranas celulares, permitindo aumento na lixiviação de solutos, como açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, proteínas, substâncias fenólicas e íons inorgânicos como K^+ , Ca^{2++} , Mg^{2++} e Na^+ (AOSA, 1983; BEWLEY & BLACK, 1994).

O teste de condutividade elétrica baseia-se no princípio de que com o processo de deterioração ocorre a lixiviação dos constituintes celulares das sementes embebidas em água devido à perda da integridade dos sistemas de membranas celulares. Deste modo, baixa condutividade significa alta qualidade da semente e alta condutividade sugere o menor vigor desta, ou seja, maior saída de lixiviados da semente (VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999). De acordo com LOEFFLER et al. (1988), os valores de condutividade elétrica estão associados ao estado fisiológico das sementes e aos níveis de germinação de cada espécie.

O teste de condutividade elétrica, fundamentado na integridade dos sistemas de membranas, é de ampla importância na determinação de vigor de sementes, em virtude de admitir que o processo de deterioração seja detectado em sua etapa inicial, permitindo que os resultados na qualidade fisiológica das sementes sejam reduzidos ou minimizados (DIAS & MARCOS FILHO, 1996).

O teste apresenta uma série de características interessantes para uso na estimativa do vigor de sementes entre diferentes lotes, como rapidez, objetividade, baixo custo, possuir base teórica consistente, capacidade de identificar a deterioração das sementes em seu estado inicial (AOSA, 1983; HAMPTON & TEKRONY, 1995).

Contudo, vários fatores, alguns diretamente relacionados às sementes e outros à própria metodologia empregada, podem interferir nos resultados do teste de condutividade elétrica. Entre aqueles relacionados às sementes pode-se citar a presença e ocorrência de danos mecânicos durante a colheita, extração e, ou beneficiamento das sementes, o tamanho de sementes, as diferenças entre genótipos e teor de água das

sementes (VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999). Entre os fatores relativos à metodologia de condução do teste, o volume de água usado para embebição das sementes, o número de sementes/amostra, o tempo e a temperatura de embebição são os mais importantes.

O uso do teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes florestais é visto por BONNER (1998) com grandes ressalvas, dada a grande variabilidade genética normalmente presente nos lotes de sementes destas espécies. Conforme relatado por SANTOS (2004), o uso do teste em sementes florestais é bastante recente e vem sendo apontado como promissor para o monitoramento da qualidade fisiológica de lotes de sementes durante o armazenamento.

FERRAZ et al. (1991) verificaram que o teste de condutividade elétrica não foi apropriado para avaliação de vigor das sementes de *Carapa procera*. SOTO et al. (2009) concluem que o teste de condutividade elétrica, conduzido a 25 °C por períodos de 2 a 120 h de embebição em 75 mL de água destilada, não foi eficiente para discriminar as matrizes de *Albizia hassleri* quanto à qualidade das sementes.

BARBEDO & CÍCERO (1998), trabalhando com *Inga uruguensis*, dividiram os lotes de sementes em três classes de germinação, associando-se a estas classes valores de condutividade elétrica.

O teste de condutividade elétrica foi eficiente para diferenciar lotes de sementes de *Dalbergia nigra* quando foram usadas 50 sementes embebidas em 75 mL de água deionizada a 25 °C no período mínimo de 30 horas (MARQUES et al., 2002a, 2002b).

O teste de condutividade elétrica é tido como um dos testes de vigor mais promissores quanto à possibilidade de padronização da metodologia, pelo menos para as sementes de uma mesma espécie. Segundo SAMPAIO et al. (1995), a partir do teste de condutividade elétrica é possível quantificar com rapidez, precisão e eficácia a qualidade das sementes, através da avaliação das transformações degenerativas que ocorrem nas membranas celulares e tegumentos destas.

2.4.2. Envelhecimento acelerado

O processo de deterioração, ao qual as sementes estão sujeitas logo após a maturação, está diretamente relacionado ao vigor, cuja importância tem sido amplamente destacada. Segundo CARVALHO & NAKAGAWA (2000), a ausência de uma estreita relação obtida em laboratório e a emergência de plântulas em campo devem ser o principal fator responsável pelo desenvolvimento do conceito de vigor. Portanto, há necessidade de se avaliar o estágio de deterioração dos lotes de sementes mediante a condução de testes específicos para esse fim. Dentre os testes de vigor considerados mais importantes pela Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983) e pela International Seed Testing Association (ISTA, 1995), podem-se destacar o teste de envelhecimento acelerado e o teste de condutividade elétrica como os mais indicados para estimar o vigor.

No teste de envelhecimento acelerado, as sementes são expostas a condições adversas: altas temperaturas (40 a 45 °C) e umidade relativa alta (100% UR) por diferentes períodos (KRYZANOWSKI et al., 1991).

O teste de envelhecimento acelerado é um dos métodos mais usados para estimar o vigor de sementes, sendo capaz de proporcionar informações com alto grau de consistência (TEKRONY, 1995). Tem como princípio o fato de que a taxa de deterioração das sementes é afetada consideravelmente pela exposição a valores elevados de temperatura e de umidade relativa do ar (MARCOS FILHO, 1999a).

Desenvolvido por DELOUCHE (1965), o teste de envelhecimento acelerado foi proposto para avaliar o comportamento de sementes submetidas a temperaturas e umidades relativas altas procurando estimar o potencial relativo de armazenamento de sementes.

Inicialmente desenvolvido com a finalidade de estimar a longevidade de sementes armazenadas, o teste de envelhecimento acelerado tem sido amplamente estudado com vistas à sua padronização para diversas espécies, notadamente as agrícolas de alto valor comercial (DELOUCHE & BASKIN, 1973).

O teste de envelhecimento baseia-se na premissa que lotes de sementes com vigor superior manterão a viabilidade ao serem submetidos, durante pequenos períodos

de tempo, a condições severas de temperatura e de umidade relativa do ar, enquanto os de baixo vigor terão a viabilidade reduzida nessas condições (MARCOS FILHO et al., 1987).

BORGES et al. (1990) submeteram sementes de *Cedrela fissilis* (cedro) ao envelhecimento a 40 e 50 °C por até 96 horas. Verificaram que a 40 °C não houve grandes variações na germinação e nos níveis de carboidratos, lipídios e liberação de exsudatos, porém, a 50 °C, estas características foram significativamente alteradas, a exceção do teor de lipídios.

BORGES et al. (1992) envelheceram sementes de *Piptadeina communis* (pau-jacaré) por 0, 16, 20 e 48 horas, a 40 °C. Concluíram que o envelhecimento resultou em decréscimo na viabilidade das sementes, sendo maior o uso das reservas de lipídios e açúcares, contudo, sem alterações aparentes na permeabilidade da membrana celular.

GONÇALVES (2003), trabalhando com sementes escarificadas de *Guazuma ulmifolia* (mutamba), verificou que o teste de envelhecimento acelerado de sementes desta espécie pode ser realizado a 41°C, por pelo menos 120 horas, ou a 45 °C, por 96 horas.

ARAÚJO NETO (2001) estudando sementes de *Acacia polyphylla* (monjoleiro), verificou redução significativa da qualidade fisiológica com a sua exposição por 48 horas, a 41°C.

PIZZETTA et al. (2001) recomendaram que o teste de envelhecimento acelerado para sementes de *Poecilanthe parviflora* (coração-de-negro), seja conduzido por períodos superiores a 120 horas, a 42°C. Contudo, MORAES (2007), trabalhando com diferentes lotes de sementes de *P. parviflora* obtidos pela classificação das sementes quanto à coloração e ao local e data de coleta, submeteu as mesmas ao envelhecimento a 42°C por 72 h. Esse autor observou que o teste de envelhecimento acelerado foi eficiente na determinação da qualidade fisiológica dos diferentes lotes, mostrando-se mais sensível que o teste de germinação e de condutividade elétrica.

NAKAGAWA et al. (2001) verificaram que as sementes de *Eucalyptus grandis* se deterioraram significativamente em câmara de envelhecimento a 42 °C durante 72 h, em relação aquelas não submetidas ao envelhecimento. Entretanto, recomendam que outros

trabalhos sejam desenvolvidos com outros lotes, para possibilitar recomendação das condições de envelhecimento acelerado como teste de vigor para a espécie.

FANTI & PEREZ (1997) verificaram que a germinação de sementes de *Adenantha pavonina* sofreu redução significativa após o envelhecimento acelerado a 60 °C, tanto por 48 h como por 72 h.

SILVA (2007), trabalhando com lotes de diásporos de *Oenocarpus bacaba* (bacaba) comentou que os mesmos podem ser separados em níveis de vigor por meio do envelhecimento acelerado, conduzido a 43 °C e com cerca de 100% de umidade relativa do ar por 48 ou 72 h.

De acordo com os resultados obtidos por PEREZ & NEGREIROS (2001), o teste de envelhecimento acelerado em câmara co 45 °C e 100% de umidade relativa durante 72 horas matou todas as sementes de canafístula (*Peltophorum dubium*). No entanto, as respostas germinativas após 24 e 48 h de exposição, indicam a viabilidade da estimativa do potencial fisiológico desta espécie por meio deste teste.

Conforme comentaram VALENTINI & PIÑA-RODRIGUES (1995) e, ainda, diante do exposto, pode-se considerar que o uso do teste de envelhecimento acelerado com espécies florestais, principalmente nativas, com metodologia conhecida, ainda é pequeno.

2.5. Eficiência do Uso do Fósforo

O crescimento e o desenvolvimento de plantas submetidas à deficiência de fósforo são reprimidos desde os estádios mais iniciais da plântula e, dependendo da severidade, os efeitos negativos podem continuar durante o desenvolvimento da semente. Sob condições limitantes de fósforo, as plantas normalmente apresentam pequeno desenvolvimento de raízes e de brotações e, como resultado, ocorre exploração insuficiente do solo, resultando em acesso restrito e baixa eficiência do uso, tanto de água quanto de nutrientes (PPI/PPIC, s.d.: SCHWARTZ & KAFKAFI, 1978).

A deficiência de fósforo como um todo tem impactos amplos e devastadores. Inúmeros dados respaldam esmagadoramente a importância agrônômica, ambiental e econômica de um bom manejo de fósforo.

Um resultado da ligação entre o fósforo e as funções celulares e interiormente observadas é que a quantidade adequada de fósforo concede um benefício fundamental por intermédio da melhoria do estabelecimento e do vigor da cultura.

O fósforo é móvel nos tecidos. Com isso, os sintomas de deficiência surgem nas folhas mais velhas. No estágio inicial da carência, as folhas mais velhas ficam com coloração verde escura, mostrando-se arroxeadas próximo às nervuras e com pontuações escuras ao longo do limbo foliar. No estágio final, as pontuações progridem em tamanho e tornam-se necróticas (KAUL et al., 1966, 1968, 1970a e 1970b; BALLONI, 1978; DELL et al., 1995; DELL, 1996; SILVEIRA et al., 1996 e 2001).

O termo “eficiência” é definido como a habilidade da planta em absorver e/ou, em usar os nutrientes e é empregado para diferenciar espécies de plantas, genótipos e cultivares (BALIGAR & FAGERIA, 1999).

A eficiência de uso consiste em quantificar a produção de biomassa por unidade de nutriente absorvida. De acordo com MOLL et al. (1982), a eficiência de uso de nutrientes pode ser expressa pela relação entre a biomassa seca produzida por unidade de nutriente absorvida. Para SIDDIQI & GLASS (1981), a eficiência de uso de nutrientes é conceituada como sendo o produto do quociente de uso pela biomassa produzida, o que corresponde à razão entre o quadrado da produção (matéria seca) e a quantidade do nutriente contida na biomassa.

Para GUIMARÃES (1993), as diferenças na absorção e uso de nutrientes nas espécies de plantas é consequência direta da evolução de genótipos em ambientes distintos. FAULKNER et al. (1976), citados por GUIMARÃES (1993), mencionaram que existem diferenças na absorção de nutrientes e na resposta em crescimento entre espécies, procedências, progênies e clones de espécies florestais.

BARROS et al. (1985), estudando clones de *E. grandis*, encontraram variações na eficiência de absorção e de utilização, segundo o nutriente e de clone para clone. MORAIS (1988) observou diferenças na eficiência nutricional de cinco espécies de eucalipto e FURTINI NETO et al. (1996) também observaram variações acentuadas quanto à eficiência de utilização do fósforo por algumas espécies de eucalipto. PAULA (1995) verificou que as famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* mais eficientes em usar os nutrientes apresentaram tendência de serem as mais produtivas,

refletindo, proporcionalmente, em menor exportação de nutrientes por biomassa produzida.

A avaliação de eficiência de uso de nutrientes para a produção de biomassa (caule) permite identificar clones mais eficientes no uso de nutrientes menos disponíveis no solo, como o boro. São mais indicados aqueles que produzem maior volume de madeira e exportam relativamente menores quantidades de nutrientes limitantes do solo no lenho.

Estudos de eficiência de uso de nutrientes entre diferentes clones de eucalipto realizados em casa de vegetação podem ser úteis para os programas de melhoramento genético que visam seleção precoce, pois as respostas são obtidas em período curto de tempo.

Normalmente, os povoamentos florestais no Brasil têm sido implantados em solos de baixa fertilidade natural, como areias quartzosas e latossolos arenosos distrófico ou álicos, nos quais os nutrientes ocorrem em teores limitantes (SILVEIRA et al., 1995a, 1995b).

Os vários materiais genéticos apresentam diferentes capacidades de absorção, translocação e uso de fósforo, conforme verificado para o eucalipto por FURTINI NETO et al. (1996). Esses autores estudaram a exigência nutricional de cinco espécies de eucalipto quanto ao fósforo e verificaram que, em condições de baixa disponibilidade deste nutriente, *E. pilularis* e *E. urophylla* apresentaram maior eficiência de absorção e utilização do elemento quando comparadas às espécies *E. cloeziana*, *E. grandis* e *E. pellita*.

2.5.1. Resposta do gênero *Corymbia* à aplicação de fósforo

A exigência do *Eucalyptus saligna* à calagem e à adubação NPK em solos de baixa fertilidade natural no Estado de São Paulo foi revelada por MELLO (1970), sendo que o fósforo foi o elemento que proporcionou maior produção volumétrica de madeira aos cinco anos de idade.

BELLOTE (1979), trabalhando com *Eucalyptus grandis*, determinou aos dois anos de idade um acúmulo estimado em 0,23 g kg⁻¹ de P no tronco. HAAG et al. (1963)

determinaram para plantas de mesma idade e espécie teor de $0,37 \text{ g kg}^{-1}$ de P, no tronco. PEREIRA et al. (1983) encontraram um acúmulo de $0,11 \text{ g kg}^{-1}$ de P no tronco de *Eucalyptus grandis*. PEREIRA et al. (1985), estudando plantas de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus saligna* determinaram um acúmulo de 0,39 e $0,22 \text{ g kg}^{-1}$ de P no tronco, respectivamente.

Segundo NOVAIS et al. (1982), a exigência de fósforo diminui com o aumento da idade. Em razão disso, o nível crítico de fósforo no solo é maior na fase inicial do desenvolvimento. Nesse estágio, o nível crítico de fósforo no solo arenoso e argiloso foi de 80 e 60 mg dm^{-3} de P extraído com extrator de resina, respectivamente, diminuindo drasticamente na fase de manutenção da floresta. Nessa fase, 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 foi de 4,5 e $6,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de P. O nível crítico de manutenção considerado por NOVAIS et al. (1986) foi estabelecido em função da produtividade esperada e do tipo de solo. Esses resultados mostram a importância do fornecimento de fontes com alto teor de fósforo disponível na adubação de plantio, como os superfosfatos, com o objetivo de promover maior crescimento inicial da floresta.

Adubação, especialmente a adição de fósforo, é uma prática comum em plantações florestais (DALLA TEA & MARCÓ, 1996; GONÇALVES et al., 2004). Mesmo quando utilizados com essências florestais de baixa exigência nutricional como *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp. Os solos pobres sob vegetação de cerrado devem ser preparados e adubados adequadamente (VALERI et al., 1993).

A superioridade do termofosfato determinada por REZENDE et al. (1983) também foi observada por GAVA et al. (1997). Esses autores determinaram o efeito de fontes de fósforo na produtividade de mudas de *Eucalyptus grandis* aos 90 dias de idade, em dois tipos de solos, Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho férreo de textura média. Os resultados mostraram que o termofosfato foi o adubo que proporcionou o maior crescimento das mudas no neossolo quartzarênico, sendo superior 64% ao superfosfato simples e 57% ao fosfato parcialmente acidulado (FAPS). Por outro lado, apresentou menor eficiência quando comparado ao superfosfato simples e FAPS no Latossolo. Nesse solo, o superfosfato simples foi superior 55% ao termofosfato e 34% ao FAPS. A

resposta das mudas às fontes de fósforo estava mais relacionada aos efeitos secundários dos outros nutrientes que simplesmente ao fósforo.

BARROS et al. (1985), estudando clones de *E. grandis*, determinaram variações na eficiência de absorção e de utilização, segundo o nutriente, e de clone para clone de eucalipto. MORAIS (1988) observou diferenças na eficiência nutricional de cinco espécies de eucalipto e FURTINI NETO et al. (1996) também observaram variações acentuadas quanto à eficiência de utilização do nutriente por algumas espécies de eucalipto. PAULA (1995) verificou que as famílias de meios-irmãos de *E. camaldulensis* mais eficientes em usar os nutrientes apresentaram tendência de serem as mais produtivas, refletindo, proporcionalmente, em menor exportação de nutrientes por biomassa produzida.

TEIXEIRA et al. (2000) estudaram o efeito de fontes e doses de fósforo na produtividade de *Eucalyptus grandis* com sete anos de idade. Estes autores relatam que as doses recomendadas para se obter a máxima produção foram: 74 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples, 82 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de fosfato parcialmente acidulado - FAPS e 107 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo. O superfosfato simples foi superior quando comparado ao superfosfato triplo, provavelmente devido ao maior fornecimento de cálcio e principalmente, enxofre. REZENDE et al. (1983) também verificaram efeitos distintos de fontes de fósforo na produtividade do eucalipto em um Latossolo Vermelho Amarelo, argiloso, na região do Vale do Jequitinhonha e em um Argissolo Vermelho Amarelo na região costeira do sul da Bahia. Na primeira região foi constatada superioridade do superfosfato simples em relação ao termofosfato magnesiano, sendo esse efeito atribuído à presença de enxofre na sua composição. Na região sul da Bahia, o resultado foi inverso, sendo o termosfosfato mais eficiente quando comparado ao superfosfato simples.

A resposta distinta das espécies vegetais à fertilização fosfatada tem sido explicada pela dinâmica das frações de fósforo na planta. A avaliação dos teores de fósforo inorgânico e de fósforo orgânico contribui para o entendimento quanto ao crescimento e uso de nutrientes pelas plantas (FABRES et al., 1987; FURTINI NETO, 1994; FERNANDES et al., 2000). Acredita-se que o tamanho do estoque não-metabólico e a habilidade da planta em translocar esse estoque de um compartimento para outro

certamente afeta a adaptabilidade e sobrevivência sob condições de estresse nutricional (MARTINEZ et al., 2005).

SANTOS et al. (2008), estudando o efeito de cinco doses de fósforo no crescimento de *Lithraea molleoides*, *Schinus terebinthifolius*, *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Sesbania virgata*, *Hymenaea courbaril*, *Calophyllum brasiliensis* e *Myroxylon peruiferum*, em condições de casa de vegetação, concluíram que essas espécies florestais apresentam grande variação no comportamento diante da adubação fosfatada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3. 1. Local de Condução dos Experimentos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal e no Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal.

O clima é classificado como Cwa - mesotérmico de inverno seco, pelo sistema internacional de Köppen, apresentando temperatura média anual máxima de 22,3 °C e mínima de 15,17 °C, no mês mais frio. A precipitação pluvial média anual é de aproximadamente 1400 mm, com 85% do total de chuvas concentradas nos meses de outubro a março. A umidade relativa média do ar é de 75% e a velocidade média do vento de 5,04 km h⁻¹ (KÖPPEN, 1973).

3.2. Árvores Matrizes e Procedências de *Corymbia citriodora*

Foram usadas sementes beneficiadas de um total de 30 árvores matrizes (Tabela 1), procedentes de quatro localidades (procedências). As sementes de *Corymbia citriodora* foram fornecidas pela empresa BNF Prestação de Serviços Florestais Ltda, em 16 de outubro de 2008.

3.3. Avaliação da Qualidade Fisiológica das Sementes

3.3.1. Armazenamento

As sementes foram acondicionadas em sacos de plástico e colocadas dentro de tambores de papelão com tampa e alocados dentro da câmara fria com 65% de umidade relativa e 10°C temperatura constante, por um período de 50 dias antes da realização dos testes.

Tabela 1. Locais (procedências) e tipos de áreas de coleta de sementes de 30 árvores matrizes de *Corymbia citriodora*: área de produção de sementes (APS) e área especial de coleta de sementes (AECS). Jaboticabal, 2010.

Matrizes	Procedências	Matrizes	Procedências
M1	UNESP/FCAV, Jaboticabal, SP (APS)	M16	IF, Luiz Antônio, SP (APS)
M2	UNESP/FCAV, Jaboticabal, SP (APS)	M17	IF, Luiz Antônio, SP (APS)
M3	UNESP/FCAV, Jaboticabal, SP (APS)	M18	HG, Pradópolis, SP (AECS)
M4	UNESP/FCAV, Jaboticabal, SP (APS)	M19	HG, Pradópolis, SP (AECS)
M5	UNESP/FCAV, Jaboticabal, SP (APS)	M20	HG, Pradópolis, SP (AECS)
M6	UNESP/FCAV, Jaboticabal, SP (APS)	M21	HG, Pradópolis, SP (AECS)
M7	IF, Luiz Antônio, SP (APS)	M22	HG, Pradópolis, SP (AECS)
M8	IF, Luiz Antônio, SP (APS)	M23	HG, Pradópolis, SP (AECS)
M9	IF, Luiz Antônio, SP (APS)	M24	Borebi, SP (APS)
M10	IF, Luiz Antônio, SP (APS)	M25	Borebi, SP (APS)
M11	IF, Luiz Antônio, SP (APS)	M26	Borebi, SP (APS)
M12	IF, Luiz Antônio, SP (APS)	M27	Borebi, SP (APS)
M13	IF, Luiz Antônio, SP (APS)	M28	Borebi, SP (APS)
M14	IF, Luiz Antônio, SP (APS)	M29	Borebi, SP (APS)
M15	IF, Luiz Antônio, SP (APS)	M30	Borebi, SP (APS)

UNESP/FCAV – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, SP; IF – Instituto Florestal do Estado de São Paulo; HG – Horto Guarani, Pradópolis, São Paulo; Borebi, São Paulo.

3.3.2. Testes preliminares

Os testes preliminares foram realizados visando os dos testes definitivos, para o, determinou-se o período e o número de sementes na realização do teste de condutividade elétrica e teor de potássio. Para o teste de envelhecimento acelerado determinou-se o período e a temperatura ideal para a realização deste.

3.3.2.1. Teste de condutividade elétrica

Antes de se realizar o teste de condutividade elétrica (CE) envolvendo as 30 matrizes selecionadas, foi realizado um teste preliminar com uma amostra composta, visando-se estabelecer uma metodologia específica para o teste de CE e, desta forma,

determinar o período de tempo e o número de sementes adequadas para a condução do teste de CE e para condução do teste de lixiviação de potássio, pois não foram encontrados trabalhos na literatura com esses dois testes de vigor em sementes de *C. citriodora*.

Os experimentos foram conduzidos no delineamento inteiramente casualizado, com uma amostra composta e quatro repetições de 25, 50, 75, 100 e 150 sementes, estas sementes foram acondicionadas em copos de plástico contendo 75 mL de água deionizada por 12 e 24 horas. Após estes períodos de embebição foi determinada a condutividade elétrica da solução de embebição com o uso de um condutivímetro de bancada (BRASIL, 2009), e o teor de potássio foi determinado por fotometria de chama (BATAGLIA et al, 1983). Os dados foram analisados por regressão polinomial em função do número de sementes por cada período de condicionamento.

3.3.2.2. Teste de envelhecimento acelerado

Foram realizados dois testes de envelhecimento acelerado (EA) envolvendo as 30 matrizes, dois períodos de exposição e duas temperaturas. O primeiro teste de envelhecimento acelerado foi instalado a 42 °C por 48 horas e o segundo a 45 °C por 72 horas, visando-se determinar a temperatura ideal e o período de tempo adequado para a condução do teste de envelhecimento acelerado, pois não foram encontrados trabalhos na literatura com este teste de vigor em sementes de *C. citriodora*.

Os experimentos foram conduzidos no delineamento inteiramente casualizado, com 30 tratamentos lotes (árvores matrizes) e quatro repetições de 25 sementes, Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3.3.3. Teste de condutividade elétrica

Foi determinada a marcha de liberação de eletrólitos para cada matriz a 25°C, em quatro repetições de 100 sementes por matriz, totalizando 12.000 sementes, baseados em testes preliminares (item 3.3.2.1). As sementes foram acondicionadas em copos de

plástico contendo 75 mL de água deionizada e, após 24 horas de embebição, foi determinada a condutividade elétrica (CE) da solução de embebição com o uso de um condutivímetro de bancada. Essas avaliações foram conduzidas em quatro repetições, usando-se sementes previamente pesadas (precisão de 0,0001 g). Os dados das leituras da CE foram divididos pelos respectivos valores de massa de matéria fresca das sementes, expressando-se a condutividade elétrica em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de semente. Antes da realização do teste de CE, foi determinado o teor de água das sementes numa amostra de 1 g, colocando as sementes dentro da estufa a 105 ± 3 °C, por 24 horas, conforme sugestão das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias para cada matriz foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3.3.4. Teste de germinação das sementes

As sementes do teste de condutividade elétrica foram aproveitadas após 24 horas de embebição. O teste de germinação foi conduzido por 14 dias com fotoperíodo de 8 horas, conforme procedimentos descritos em Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992) em caixas de germinação (gerbox), de plástico transparente e com tampa, de 10,5 x 10,5 x 3 cm, usando como substrato areia previamente esterilizada. Os dados foram submetidos à análise de variância, segundo o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 30 tratamentos (matrizes) e quatro repetições de 100 sementes por tratamento. As médias para cada matriz foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3.3.5. Teor de potássio

Apos a leitura do teste de condutividade elétrica, a solução de embebição das sementes de cada tratamento e repetição foi filtrada e colocada em frascos de plástico com tampa, sendo os mesmos identificados e analisados. Neste material, foi determinado, de forma direta, o teor de potássio por fotometria de chama (BATAGLIA et

al., 1983). O cálculo do teor de potássio foi feito pela multiplicação da leitura obtida no fotômetro de chama ($K \text{ mg g}^{-1}$ de semente) pelo volume de água destilada (mL) e dividido pelo peso da amostra (g). O resultado final foi expresso em mg g^{-1} de semente.

3.3.6. Teste de envelhecimento acelerado

O teste de envelhecimento acelerado (EA) foi baseado em testes preliminares (item 3.3.2.2). Foram usadas caixas do tipo “gerbox” (MARCOS FILHO, 1999b) possuindo em seu interior uma bandeja com tela de alumínio, nas quais as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada uniforme. Dentro de cada “gerbox” foram adicionados 40 mL de água destilada; as caixas foram mantidas em câmara do tipo B.O.D, a 45°C por 72 horas. Em seguida, as sementes foram submetidas ao teste de germinação com fotoperíodo de 8 horas, por 14 dias. Antes e após os teste de envelhecimento acelerado, foi determinado o teor de água das sementes após secagem em estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas, usando-se duas sub-amostras de 1 g de sementes por matriz, conforme sugestão das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Os experimentos foram conduzidos no delineamento inteiramente casualizado, com 30 tratamentos lotes (árvores matrizes) e quatro repetições de 25 sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3.3.7. Teste de emergência de plântulas em viveiro

Foram avaliadas sementes de 30 árvores matrizes. Como recipientes foram empregados tubetes de plástico, com capacidade de 50 cm^3 , e como substrato foi usado composto a base de casca de pinus e vermiculita, de nome comercial Plantimax® “floresta”. O teste foi condicionado sob tela com capacidade de 50% de luz diária, sob irrigação por microaspersão intermitente com duração de 8 minutos em intervalos de 45 minutos e controlador automático.

O teste de emergência de plântulas em viveiro foi conduzido por 14 dias, avaliando-se diariamente o número de plântulas. O experimento foi conduzido em

delineamento inteiramente casualizado, com 30 tratamentos (matrizes) e quatro repetições de 24 sementes. Adicionalmente foi calculado o índice de velocidade de emergência, a partir dos dados diários do número de plântulas normais. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3.4. Crescimento e Eficiência de Uso do Fósforo de Quatro Matrizes

3.4.1. Produção de mudas

Foram produzidas mudas em tubos cônicos de plástico rígido de 55 cm³ (tubete) contendo substrato Plantmax® Florestas em telado com 30% de redução da luz solar segundo considerações descritas no item 3.3.7. Quando atingiram a altura média de 10 cm e idade de 60 dias após a semeadura, as plântulas foram transplantadas para os recipientes definitivos para os experimentos com diferentes doses de fósforo.

3.4.2. Solo

Foi usado um Latossolo Vermelho coletado à profundidade de 0 a 20 cm, da Fazenda Guataparã, setor A, sob uma rede de alta tensão não cultivado há mais de 10 anos, pertencente a International Paper no município de Luiz Antonio, SP.

O solo foi seco à sombra, destorroado, passado em peneira de 4 mm de abertura de malha e homogeneizado. A amostra composta obtida foi analisada quimicamente, segundo métodos preconizados por RAIJ et al. (2001), no Laboratório de Fertilidade do Solo (FertLab) do Departamento de Solos e Adubos da FCAV-UNESP e os resultados são os seguintes: P resina, 4 mg dm⁻³; MO, 19 g dm⁻³; pH em CaCl₂, 4,2; K⁺, 0,6 mmol_c dm⁻³; Ca²⁺, 6 mmol_c dm⁻³; Mg²⁺, 2 mmol_c dm⁻³; H+Al, 38 mmol_c dm⁻³; CTC, 47 mmol_c dm⁻³; e saturação por bases (V), 18%.

3.4.3. Casa de vegetação e recipientes

Como recipientes foram usados vasos de plástico preto com capacidade para 7 dm³. O experimento foi conduzido em casa de vegetação coberta com filme de plástico, de 30 m x 5 m x 4,5 m de altura.

3.4.4. Adubação complementar e preparo do solo

Com base nos resultados da análise química do solo coletado de 0-20 cm, foi feita a aplicação de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, (2.5067 g de CaCO₃ e 1,2157 de g Co₃) na proporção Ca:Mg de 2:1, com a finalidade de elevar a porcentagem de saturação por bases (V%) do solo para 50%. Todos os tratamentos receberam, em mg dm⁻³, as seguintes doses de nutrientes: 15 de N (sulfato de amônio), 15 de K (cloreto de potássio), 0,5 de B (ácido bórico), 1,0 de Zn (sulfato de zinco), 0,5 de Cu (sulfato de cobre), 1,5 de Mn (cloreto de manganês) e 0,02 de Mo (molibdato de amônio).

O adubo fosfatado foi aplicado em cada tratamento nas seguintes quantidades: dose 0 = 0 ou seja nada de fósforo, dose 25 = 0,6944 mg dm⁻³ de P, dose 50 = 1,3888 mg dm⁻³ de P, dose 75 = 2,0832 mg dm⁻³ de P, dose 100 = 2,7776 mg dm⁻³ de P, dose 125 = 3,4720 mg dm⁻³ de P, dose 150 = 4,1664 mg dm⁻³ de P, juntamente aos carbonatos de cálcio e de magnésio e estes foram misturados ao solo. Em seguida, o solo foi transferido para os vasos, nos quais foi feita a incubação por um período de 30 dias. Para dar início à incubação, foi feita irrigação com água deionizada, objetivando atingir 70% da capacidade de retenção de água do solo. Dez dias após o início da incubação, foram aplicados, através de solução, os demais nutrientes (N, S, K, B, Zn, Cu, Mn, Mo), respeitando mais 20 dias para completar a incubação. Ao final de um mês, o solo foi seco ao ar, misturado e amostrado para análise química de fósforo segundo a metodologia proposta por RAIJ et al. (2001), cujas medias encontram-se na Tabela 7.

3.4.5. Plantio e condução do experimento

Foram plantadas duas plantas, colocadas diretamente na parte central de cada vaso. Por ocasião do plantio, as mudas foram plantadas com as raízes aderidas ao substrato, pois a espécie não resiste ao trauma das raízes. As irrigações diárias das plantas foram feitas com água de torneira levando em conta o peso do solo e a perda de água por evaporação.

Durante a condução do experimento, a umidade do solo foi mantida em aproximadamente 70% da capacidade de retenção de água.

O experimento foi conduzido por um período de 90 dias (3 meses). Após esse período, procedeu-se à colheita dos componentes da planta mediante corte a 3 centímetros do colo da planta e colocadas em sacos de plástico previamente identificados e logo separadas em folhas, ramos e caule, e raízes.

No laboratório foi determinado a área foliar (AF), depois estas amostras foram lavadas com água de torneira e foi adicionado detergente neutro a porcentagem de 0,1% (1mL : 1L de água). Em seguida as amostras foram enxugadas quatro vezes com água desmineralizada depois estas foram secadas com papel toalha. Em seguida procedeu-se a determinação da massa de matéria seca, dos diferentes componentes da planta: massa de matéria seca de folhas (MSF), de caules e ramos (MSCR) e de raiz (MSR). Foram acondicionados em sacos de papel e colocados em estufa com circulação forçada de ar, a $\pm 70^{\circ}\text{C}$ até atingir massa constante. Após a determinação da massa de matéria seca, foi realizada a moagem do material (folhas) em moinho de aço inoxidável do tipo Willey, com peneira de 20 mesh, de acordo com as instruções de BATAGLIA et al. (1983).

Para determinação do fósforo nos componentes da parte aérea das plantas (folhas), foi obtida uma amostra composta de cada repetição na quantidade de 0,250 g e colocada em tubos para análises. Foi preparado uma solução de na proporção de 2:1, ácido perclórico e ácido nítrico (nitricoperclórica) e foram adicionados 3 mL a cada tubo contendo a amostra a ser digerida. A determinação de fósforo contido no material vegetal foi realizado através do uso da metavanadato e molibdato de amônio, de acordo com a metodologia descrita por MALAVOLTA et al. (1997).

3.4.6. Aplicação de defensivos agrícolas

Foi detectada a presença de doença no experimento com *C. citriodora*. Causado pelo fungo Oídio para o qual foram aplicados no transcurso do experimento defensivo agrícola (fungicida) para o respectivo controle químico.

3.4.7. Avaliações

As análises químicas para o fósforo nas plantas foram realizadas no Laboratório de Pós-colheita de Produtos Hortícolas do Departamento de Produção Vegetal da FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP.

Foram feitas análises químicas do solo após o período de incubação por 30 dias com os corretivos e nutrientes aplicados.

Foram feitas avaliações mensais de crescimento em altura das plantas, com régua, e ao final do experimento foi determinado o diâmetro do caule a 3 cm do solo, com o uso de paquímetro digital (0,01 mm); a área foliar total foi determinada com o uso de aparelho eletrônico pelo Sistema de Análise de Imagem Delta-T DEVICES em cm²; a massa de matéria seca das folhas, ramos e caule e das raízes, foi determinada no final do experimento, separando os componentes da planta em folhas, ramos e caule e raízes.

A eficiência de uso de fósforo nas folhas (EUF) foi calculada pela relação proposta por SIDDQI & GLASS (1981), por:

$$EUP = (PS)^2 / CP$$

Em que:

PS = massa da matéria seca

CP = conteúdo de fósforo

Ou seja: (matéria seca total)² / quantidade de fósforo na biomassa e os conteúdos de fósforo P nas folhas (CPF) foram obtidos ao multiplicar os respectivos valores de matéria seca pela concentração de P, conforme metodologia descrita por SARRUGE & HAAG (1974).

$$EUP \text{ (nas folhas)} = \frac{[\text{Biomassa de folhas}]^2}{\text{Conteúdo de P (nas folhas)}}$$

3.4.8. Tratamentos e delineamento experimental

Como tratamentos, foram avaliadas sete doses de fósforo (0, 25, 50, 75, 100, 125 e 150 mg dm⁻³), usando-se superfosfato triplo em pó.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com sete doses de fósforo e mudas produzidas por semente provenientes de quatro árvores matrizes de quatro procedências, combinadas em esquema fatorial 7 x 4, com quatro repetições, totalizando 112 parcelas. Cada parcela foi constituída por um vaso contendo duas plantas.

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias das características avaliadas foram comparadas pelo teste de Tukey ao 5% de probabilidade. As variações das características avaliadas em função dos teores de fósforo foram analisadas através de equações de regressão polinomial.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação da Qualidade Fisiológica das Sementes

4.1.1. Teste de envelhecimento acelerado

Houve aumento no teor de água das sementes de *Corymbia citriodora* após o teste de envelhecimento acelerado (Tabela 2), conforme era esperado (BORGES et al., 1992). Os valores de teor de água variaram de 8,2 matriz 4 a 11,4 matriz 14, em sementes não envelhecidas, e de 40,8 para as matrizes 12 e 27 a 45,9 (matriz 30), após o EA. Esses valores estão próximos aos obtidos com sementes de outras espécies, após serem submetidas ao período de tempo recomendado para o teste de envelhecimento acelerado (ISTA, 1995). NAKAGAWA et al. (2001) em sementes de *Eucalyptus grandis*, pertencentes a duas classes de tamanhos, observaram 30% de água nas sementes após 72 h de envelhecimento a 42 °C com perda significativa da germinação em relação às não envelhecidas.

Houve diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre as matrizes (Tabela 2) para todas as características avaliadas no teste de germinação após o envelhecimento acelerado. Os coeficientes de variação experimental variaram de 1,00%, para teor de água depois do teste de envelhecimento acelerado (TAD), a 36,45%, para índice de velocidade de germinação (IVG). Estes valores são de baixos a muito altos, conforme classificação de GOMES, (2000). Esta variação ocorreu provavelmente porque, as matrizes são de quatro procedências diferentes, associada a fatores genéticos e micro-ambientais. Resultados semelhantes foram encontrados por SANTOS et al. (2009).

Para porcentagem de germinação (Tabela 2) foram formados dois grupos, das 30 matrizes estudadas, o primeiro grupo foi formado por 18 matrizes, com valores de germinação variando de 47% (M15) a 69% (M5), consideradas como matrizes de maior vigor, considerando-se todas as variáveis estudadas. O segundo grupo foi formado por 12 matrizes que apresentaram germinação entre 30% (M17) a 45% (M19), constituindo um grupo de matrizes de menor vigor.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para teor de água antes (TAA, $\arcsen(\sqrt{x/100})$) e após (TAD, $\arcsen(\sqrt{x/100})$) o envelhecimento acelerado, germinação (%G, $\arcsen(\sqrt{x/100})$), índice de velocidade de germinação (IVG), massa de matéria seca (MSP, g) e comprimento de plântulas (CP, mm), provenientes de sementes de 30 árvores matrizes de *Corymbia citriodora*, submetidas ao teste de envelhecimento acelerado a 45 °C por 72 horas. Jaboticabal, 2010.

Fontes de Variação	Valores de F					
	TAA	TAD	Germinação (%)	IVG	MSP, g	CP, mm
Matrizes	0,0266**	0,0364**	407,04**	2,42**	0,00125**	87,253**
Erro	0,0057	0,0029	134,79	0,78	0,00030	28,321
CV %	2,53	1,00	24,44	36,45	33,54	12,54
Média	3,00	5,59	47,49	2,41	0,05	42,45
Matrizes	Médias					
1	2,9 (8,4)c	6,6 (43,3)c	68,07 (86)a	4,19a	0,081a	46,185b
2	2,9 (8,6)c	6,6 (44,1)b	53,49 (63)a	2,76a	0,069b	43,630b
3	3,0 (9,2)b	6,7 (44,1)b	58,60 (72)a	3,44a	0,081a	46,708b
4	2,8 (8,2)c	6,5 (42,5)b	60,26 (74)a	3,38a	0,087a	48,103b
5	3,0 (9,3)b	6,6 (42,5)c	68,71 (81)a	3,93a	0,080a	45,165b
6	3,0 (9,2)c	6,4 (42,0)d	59,14 (71)a	3,14a	0,070a	43,100b
7	2,9 (8,8)c	6,7 (44,3)b	52,06 (61)a	2,86a	0,071a	62,687a
8	2,9 (8,8)c	6,6 (43,1)c	37,39 (38)b	1,84b	0,041c	38,689b
9	3,0 (9,4)b	6,6 (43,0)c	45,00 (50)b	2,32a	0,060b	45,014b
10	2,9 (9,4)c	6,6 (43,5)b	36,30 (36)b	1,60b	0,029c	39,347b
11	3,0 (9,3)b	6,4 (42,0)d	32,48 (30)b	1,28b	0,028c	38,544b
12	3,0 (9,4)b	6,3 (40,8)e	36,02 (36)b	1,73b	0,031c	39,875b
13	3,1 (9,8)b	6,5 (42,5)c	50,11 (57)a	2,76a	0,053b	43,922b
14	3,4 (11,9)a	6,6 (43,4)c	37,91 (38)b	1,63b	0,032c	38,729b
15	3,2 (10,3)b	6,8 (45,8)a	46,73 (53)a	2,40a	0,055b	43,653b
16	2,9 (8,7)c	6,6 (43,7)b	32,92 (30)b	1,30b	0,026c	39,237b
17	3,1 (9,9)b	6,6 (42,3)b	30,73 (27)b	1,05b	0,025c	39,379b
18	3,1 (9,7)b	6,4 (42,0)d	49,15 (56)a	2,44a	0,058b	41,169b
19	2,9 (8,7)c	6,4 (41,0)e	45,35 (51)b	2,39a	0,041c	38,929b
20	3,0 (9,0)c	6,5 (42,5)c	42,68 (46)b	2,08b	0,039c	38,722b
21	2,9 (8,3)c	6,7 (46,1)a	48,70 (56)a	2,38a	0,059b	41,470b
22	2,9 (8,8)c	6,6 (44,1)b	38,00 (38)b	1,69b	0,032c	38,812b
23	2,9 (8,7)c	6,6 (43,4)c	36,02 (35)b	1,40b	0,034c	39,001b
24	2,9 (8,7)c	6,6 (42,8)c	49,06 (57)a	2,32a	0,054b	41,590b
25	2,9 (8,4)c	6,7 (44,2)b	47,92 (55)a	2,46a	0,050b	41,890b
26	2,9 (8,6)c	6,6 (42,5)c	53,36 (64)a	2,69a	0,055b	41,106b
27	2,9 (8,7)c	6,3 (40,8)e	55,07 (67)a	3,14a	0,055b	40,664b
28	2,9 (8,7)c	6,7 (44,3)b	49,65 (57)a	2,44a	0,050b	42,553b
29	2,9 (8,4)c	6,8 (45,3)a	48,73 (56)a	2,40a	0,058b	42,794b
30	2,9 (9,0)c	6,7 (45,9)a	55,31 (67)a	2,98a	0,062b	42,877b

ns = não significativo ($P > 0,05$); (*,**) = significativos, respectivamente, ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$).

1 – médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Scott & Knott.

Valores entre parêntesis referem-se aos dados não transformados.

O princípio do teste de envelhecimento acelerado é aumentar a taxa de deterioração das sementes, através de sua exposição a níveis adversos de temperatura e umidade relativa. Este processo de deterioração promove uma perda da compartimentalização celular e desintegração do sistema de membranas, que produzem um descontrole do metabolismo e das trocas de água e solutos entre as células e o meio exterior (MARCOS FILHO, 1994).

MORAES (2007) relata que o teste de envelhecimento acelerado conduzido a 42 °C por 72 h foi eficiente para diferenciar lotes de sementes de *Poecilanthe parviflora*. PAULA (2007) considerou que o teste de envelhecimento acelerado conduzido a 42 °C por 48h para sementes de diferentes matrizes de *Pterogyne nitens* Tul, foi eficiente em detectar diferenças não verificadas no teste padrão de germinação.

AGUIAR et al. (1987), em *Corymbia citriodora*, verificaram que para os diferentes tamanhos de sementes testados, 24h a 42 °C de envelhecimento acelerado foi insuficiente para ocasionar diminuição da porcentagem da germinação, embora a velocidade tenha sido afetada.

Para SANTOS et al. (2009), o teste de envelhecimento acelerado, conduzido a 45 °C por 72 h, em sementes de *Tabebuia chrysotricha*, foi eficiente na caracterização da qualidade fisiológica de diferentes matrizes.

O índice de velocidade de germinação (IVG) médio após o teste de envelhecimento acelerado foi de 2,41. Nesta variável avaliada, foi detectado o maior coeficiente de variação de 36,45%, e foram formados dois grupos. Vinte matrizes ocuparam o primeiro grupo e apresentaram IVG variando de 2,32 (M9 e M24) a 4,19 (M1); no segundo grupo foram agrupadas 10 matrizes com IVG entre 1,05 (M17) e 2,08 (M20).

Para a massa de matéria seca de plântulas, foram formados 3 grupos de matrizes, com uma média de 0,05 g e alto CV (33,54%). Seis matrizes estão no primeiro grupo, com valores variando de 0,070 (M7) a 0,087 g (M4); no segundo grupo, estão 13 matrizes com MSP variando de 0,050 (M25 e M28) a 0,069 g (M2). O último grupo foi formado por 11 matrizes com MSP variando de 0,025 (M17) a 0,041 g (M8 e M19). Comparando a MSP provenientes do teste de EA conduzido a 45 °C por 72 horas, as matrizes 2, 5, 6, 7, 9, 13, 15, 18, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30 (Tabela 2) de médio

vigor, coincidem com as matrizes de médio vigor do teste de condutividade elétrica e de germinação (Tabela 3).

Para comprimento de plântulas foram formados dois grupos de matrizes (Tabela 3). O primeiro grupo foi composto exclusivamente pela matriz 7, que apresentou 62,69 mm de comprimento de plântulas. No segundo grupo encontram-se as demais matrizes, com valores variando de 38,54 mm (M11) a 48,10 mm (M4).

Algumas matrizes apresentaram baixos valores de comprimento da planta provavelmente devido ao tempo em que as sementes foram expostas ao teste de EA, o que está associado a danos causados no embrião pela exposição a altas temperaturas no momento do teste (Tabela 2). De acordo com BEGNAMI & CORTELAZZO (1996), o envelhecimento acelerado resulta em decréscimo na taxa de síntese de proteína, degradação do DNA, redução da produção de ATP e aumento da peroxidação de lipídios.

Temperaturas elevadas de 45 °C causam degradação nas membranas celulares, o que prejudica a retomada do metabolismo pelas sementes, pois pode causar a morte de células e tecidos, conforme constatado por SANTOS (2004) com sementes de *Sebastiania commersoniana*.

A exposição das sementes à temperatura e umidade elevadas provoca sérias alterações degenerativas no metabolismo da semente, desencadeando a desestruturação e perda da integridade do sistema de membranas celulares, causadas, principalmente, pela peroxidação de lipídios DIAS & MARCOS FILHO (1995).

4.1.2. Teste de condutividade elétrica

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da análise de variância para os dados de teor de água, condutividade elétrica (CE), porcentagem de germinação (%G), índice de velocidade de germinação (IVG), massa de matéria seca de plântulas (MSP,g) e teor de potássio.

Os valores de coeficientes de variação experimental (Tabela 3) variaram de baixos a muito altos, conforme classificação de GOMES, (2000). Isto indica uma grande

heterogeneidade nos lotes de sementes empregados, os quais, muitas vezes são caracterizados por grande variação em tamanho e massa de sementes.

No início do experimento do teste de condutividade elétrica, as sementes apresentavam teor de água variando de 8,0% (M6 e M4) a 10,2% (M26). Nesse sentido, MARQUES (2001) verificou que as variações do teor de umidade das sementes de *Dalbergia nigra* oscilaram de 9,4 a 10,6%, o que não interferiu nos resultados do teste de condutividade elétrica.

Para o teste de condutividade elétrica foram formados três grupos de matrizes, em que, no primeiro estão 4 matrizes (M1, M3, M4 e M18) com valores de condutividade elétrica variando de 98,8 (M1) a 109,7 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (M4), estas matrizes foram consideradas de alto vigor segundo o teste de CE. No segundo grupo encontram-se 15 matrizes com medias variando de 113,0 (M2) a 119,3 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (M30) consideradas de médio vigor. No último grupo estão 11 matrizes com pior desempenho com valores variando de 121,5 (M19) a 133,9 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (M22).

Verificou-se que a matriz 1 apresentou a média mais baixa (98,8) de todas as matrizes a qual foi considerada de alto vigor seguidas das matrizes M3, M4 e M18 segundo o teste de condutividade elétrica. Estas mesmas matrizes (M1, M3, M4 e M18) aparecem como as de alto vigor segundo o teste de germinação.

Comparando-se os resultados de porcentagem de germinação obtidos no teste de envelhecimento acelerado com aqueles obtidos com sementes não envelhecidas (Tabela 3), verifica-se que as matrizes 1, 3, 4, 5 e 18 podem ser consideradas como de alto vigor segundo os testes de envelhecimento acelerado; condutividade elétrica, teor de potássio e emergência de plântulas em viveiro. Constatou-se que o teste de envelhecimento acelerado, método gerbox causou redução acentuadamente a porcentagem de germinação, como constatado nas matrizes do segundo grupo

No teste de condutividade elétrica e germinação (Tabela 3) foi possível discriminar matrizes com alto, médio e baixo vigor. Constatou-se também alta associação entre o teste de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica como pode ser observado nas (Tabelas 2 e 3). Os testes de condutividade elétrica e de germinação são eficientes na discriminação de matrizes de alto, médio e baixo vigor para *C. citriodora*.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para teor de água ($TA, \arcsen(\sqrt{x/100})$), condutividade elétrica (CE), germinação ($\arcsen(\sqrt{x/100})$), índice de velocidade de germinação (IVG), massa de matéria seca de plântulas (MSP, g planta⁻¹), Teor de potássio (TK, mg g⁻¹), provenientes de sementes de 30 árvores matrizes de *Corymbia citriodora*, submetidas ao teste de condutividade elétrica a 25° C por 24 horas. Jaboticabal, 2010.

Fontes de	Valores de F					
Variação	TA	CE ($\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$)	Germinação (%)	IVG	MSP, g planta ⁻¹	TK mg g ⁻¹
Matrizes	0,0169*	273,9**	122,62**	11,33**	0,02558**	27,8617**
Erro	0,006	36,66	15,22	1,09	0,00258	4,0443
CV %	2,48	5,09	6,74	7,74	32,55	8,38
Média	3,06	118,99	57,89	13,5	0,16	23,99
Matrizes	Médias					
1	2,9 (8,6)b	98,8a	67,5 (85)a	16,02a	0,320a	19,385a
2	3,0 (9,0)a	113,0b	62,4 (78)b	14,84b	0,355a	26,515b
3	3,0 (8,4)b	107,4a	69,0 (87)a	14,66b	0,256b	23,755a
4	2,8 (8,0)b	109,7a	64,5 (82)a	15,60a	0,317a	23,007a
5	3,0 (9,0)a	114,2b	65,5 (83)a	16,22a	0,301a	21,822a
6	2,8 (8,0)b	117,4b	58,5 (73)b	13,64b	0,237b	24,485b
7	3,0 (9,1)a	113,6b	61,8 (78)b	14,75b	0,087d	21,290a
8	3,0 (9,3)a	127,0c	55,0 (67)c	13,03c	0,078d	28,737c
9	3,0 (9,4)a	115,0b	61,3 (77)b	14,99b	0,137c	22,362a
10	3,0 (9,3)a	125,2c	51,5 (61)c	12,25c	0,054d	25,590b
11	3,0 (9,1)a	133,6c	51,9 (62)c	11,45d	0,097d	27,952c
12	3,0 (9,1)a	122,0c	51,8 (62)c	11,12d	0,141c	25,187b
13	3,0 (9,3)a	116,8b	59,0 (74)b	14,27b	0,071d	23,430a
14	3,0 (9,4)a	128,8c	50,5 (60)c	10,60d	0,099d	26,277b
15	3,0 (9,3)a	116,2b	59,9 (75)b	14,58b	0,135c	21,377a
16	3,0 (9,3)a	129,9c	54,5 (66)c	12,38c	0,096d	27,937c
17	3,0 (9,5)a	127,2c	53,1 (64)c	12,52c	0,082d	26,920b
18	3,0 (9,1)a	104,1a	58,8 (73)b	14,23b	0,185c	21,402a
19	3,0 (9,5)a	121,5c	53,4 (64)c	11,94c	0,136c	24,815b
20	3,1 (9,7)a	125,2c	52,9 (64)c	11,67d	0,118c	25,322b
21	3,1 (9,9)a	115,9b	58,7 (73)b	13,83b	0,144c	22,780a
22	3,1 (10,0)a	133,9c	50,6 (60)c	11,09d	0,146c	29,325c
23	3,1 (10,1)a	128,9c	45,5 (51)c	9,57d	0,150c	26,605b
24	3,1 (9,9)a	118,8b	61,7 (77)b	14,93b	0,121c	21,907a
25	3,0 (9,4)a	115,1b	61,8 (76)b	14,35b	0,127c	21,422a
26	3,1 (10,2)a	118,8b	62,1 (78)b	14,83b	0,106d	21,905a
27	3,0 (9,6)a	115,1b	60,1 (75)b	14,31b	0,173c	20,787a
28	3,1 (10,0)a	119,2b	56,9 (70)b	13,66b	0,143c	22,940a
29	3,1 (9,9)a	117,7b	57,7 (72)b	13,80b	0,105d	23,250a
30	3,1 (9,7)a	119,3b	57,3 (71)b	13,95b	0,153c	21,412a

ns = não significativo ($P > 0,05$); (*, **) = significativos, respectivamente, ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$).

1 – médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Scott & Knott.

Valores entre parêntesis referem-se aos dados não transformados.

O teste de condutividade elétrica avalia indiretamente a concentração de eletrólitos liberados pelas sementes durante a embebição. Pesquisas realizadas com diversas espécies têm demonstrado que a redução e perda de vigor são diretamente proporcionais ao aumento da concentração de eletrólitos liberados pelas sementes durante a embebição (LOEFFLER et al., 1988; MARCOS FILHO et al., 1990; DIAS & MARCOS FILHO, 1996).

Nesse sentido, a quantidade de exsudatos lixiviados das sementes, na água de embebição, pode ser influenciada pelo grau de deterioração, pelo estágio de desenvolvimento no momento da colheita e pela incidência de danos causados pela velocidade de embebição (LOEFFLER, 1981), pela temperatura e tempo de embebição e por injúrias no tegumento da semente POWELL (1986).

SANTOS (2004) verificou que ambos os testes, de condutividade elétrica e de germinação, possibilitaram igualmente a discriminação dos lotes de sementes de *Sebastiania commersoniana*.

Resultados semelhantes também foram encontrados por MARQUES et al. (2002a) onde observaram que o uso do teste de condutividade elétrica apresentou resultados satisfatórios para a avaliação da qualidade fisiológica de três lotes de sementes de *Dabergia nigra*. Esse teste também foi promissor para diferenciar a qualidade fisiológica de diferentes lotes de sementes de *Sebastiania commersoniana* (SANTOS & PAULA, 2005).

PAULA (2007), trabalhando com o teste de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes provenientes de diferentes matrizes de *Pterogyne nitens*, concluiu que o teste foi adequado, podendo ser conduzido por 24 h, a 25 °C em 75 mL de água destilada.

Na germinação de sementes provenientes do teste de condutividade elétrica, foram formados três grupos de matrizes. Quatro matrizes ocuparam o primeiro grupo (M1, M3, M4 e M5) e superaram as demais quanto a porcentagem de germinação, com valores variando de 82 (M4) a 87% (M3); no segundo grupo estão 15 matrizes (Matrizes 2, 6, 7, 9, 13, 15, 18, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30) que apresentaram germinação entre 70 (M28) a 78,0% (M2, M7 e M26); no último grupo ficaram 11 matrizes (Matrizes 8, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 19, 20, 22 e 23) com porcentagem de germinação entre 51 (M23) a

67% (M8). Observa-se que o teste de condutividade elétrica possibilitou a mesma discriminação dos lotes que o teste de germinação (Tabela 3).

Para o índice de velocidade de germinação (IVG), o coeficiente de variação (CV) foi de 7,74%, considerado baixo. Foram formados quatro grupos de matrizes. O primeiro grupo foi formado por apenas 3 matrizes (M1, M4 e M5), com IVG variando de 15,6 (M4) a 16,2 (M5); no segundo grupo foram agrupadas 16 matrizes (Matrizes 2, 3, 6, 7, 9, 13, 15, 18, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30) com IVG variando entre 13,63 (M6) e 14,98 (M9). No terceiro grupo estão 5 matrizes (M8, M10, M16, M17 e M19) com IVG de 11,94 (M19) a 13,03 (M8). No último grupo ficaram 6 matrizes (M11, M12 M14, M20, M22 e M23) com IVG variando de 9,57 (M23) a 11,67 (M20). (Tabela 3).

A massa de matéria seca de plântulas (MSP) apresentou o CV de 32,55%, considerado alto segundo GOMES, (2000). Foram formados quatro grupos de matrizes. As matrizes com maiores valores dessas variáveis foram a 1, 2, 4 e 5 com MSP variando de 0,3019 g (M5) a 0,3550 g (M2) e as de menores valores foram as matrizes 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 26 e 29, com MSP variando de 0,0547 g (M10) a 0,1069 g (M26) (Tabela 3).

O teor de potássio apresentou um coeficiente de variação (CV) de 8,38% e foram formados três grupos de matrizes (Tabela 3). O primeiro grupo foi formado por 17 matrizes (Matrizes 1, 3, 4, 5, 7, 9, 13, 15, 18, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30) com TK variando de 19,385 (M1) a 23,755 mg g⁻¹ (M3).; no segundo grupo estão 9 matrizes (Matrizes 2, 6, 10, 12, 14, 17, 19, 20, e 23) com valores variando de 24,485 (M6) a 26,920 mg g⁻¹ (M17); o terceiro grupo foi formado por 4 matrizes (M8, M11, M16 e M22) com variação de 27,937 (M16) a 29,325 mg g⁻¹ (M22). Pode-se observar, neste terceiro grupo, que as matrizes com o pior desempenho (Tabela 3) também aparecem como menos vigorosas segundo o teste de envelhecimento acelerado (Tabela 2).

O teor de potássio proporcionou resultados consistentes, discriminando matrizes de alto, médio e baixo vigor. Se comparados estes resultados com os resultados dos testes de condutividade elétrica, germinação e envelhecimento acelerado houve alta associação, sendo um bom indicativo da qualidade fisiológica de sementes de *C. citriodora*.

WOODSTOCK et al. (1985) demonstraram resultados em que tanto o teor de potássio, quanto de cálcio foram índices melhores para avaliar o vigor de sementes de algodão do que a quantidade total de eletrólitos extravasada, detectada na condutividade elétrica.

4.1.3. Emergência de plântulas em viveiro

A análise de variância evidenciou diferença ($P \leq 0,01$) entre as árvores matrizes de *C. citriodora* para porcentagem de emergência de plântulas em viveiro (EV) e índice de velocidade de emergência de plântulas em viveiro (IVE) (Tabela 4). O coeficiente de variação (CV) para porcentagem de emergência de plântulas em viveiro foi de 9,68%, considerado baixo, e a média para esta característica foi de 61,31%. O maior valor de para porcentagem de emergência de plântulas em viveiro %EV foi de 91% (M25) e o menor valor foi de 41% (M12). Foram formados 4 grupos de matrizes, o primeiro grupo foi constituído por 12 matrizes, com valores variando de 83% (M18) a 91% (M25); o segundo grupo foi formado por 11 matrizes com variação de 73% (M17) a 81% (M28); o terceiro grupo foi formado por 4 matrizes com % EV variando de 58% (M15) a 60% (22); e no último grupo foram agrupadas 3 matrizes com medias variando de 41% (M12) a 49% (M14).

O índice de velocidade de emergência de plântulas em viveiro (IVE) apresentou CV de 11,32%, considerado como médio segundo GOMES, (2000). Foram formados 4 grupos de matrizes. O primeiro grupo com 11 matrizes com IVE variando de 3,56 % (M30) a 4,04 % (M25); o segundo grupo constituído por 12 matrizes o IVE variou de 3,07 % (M1) a 3,78 % (M29); o terceiro grupo foi formado por quatro matrizes, com IVE variando de 2,41 % (M15) a 2,88 % (M10), o quarto grupo foi constituído por apenas três matrizes, e as médias de IVE variaram de 1,70 % (M12) a 2,12 % (M14).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para porcentagem de emergência de plântulas em viveiro (%EV, $\arcsin(\sqrt{x/100})$), índice de velocidade de emergência (IVE), provenientes de sementes de 30 árvores matrizes de *Corymbia citriodora*, submetidas ao teste de emergência de plântulas em viveiro. Jaboticabal, 2010.

Fontes de Variação	Valores de F	
	Emergência (%)	Velocidade de emergência
Matrizes	134,64**	0,4736**
Erro	35,2382	0,1351
CV %	9,68	11,32
Média	61,31	3,24
Matrizes		
1	68,3 (86)a	3,07b
2	70,4 (89)a	3,81a
3	60,0 (75)b	3,10b
4	71,7 (90)a	3,59a
5	62,8 (77)b	3,39b
6	61,9 (77)b	3,27b
7	69,3 (87)a	3,78a
8	63,0 (79)b	3,44b
9	53,0 (64)c	2,66c
10	54,8 (67)c	2,88c
11	59,3 (74)b	3,26b
12	40,0 (41)d	1,70d
13	41,9 (44)d	1,97d
14	44,4 (49)d	2,12d
15	50,0 (58)c	2,41c
16	60,1 (75)b	3,46b
17	58,7 (73)b	3,11b
18	66,0 (83)a	3,41b
19	68,8 (87)a	3,67a
20	66,8 (85)a	3,66a
21	68,6 (86)a	3,70a
22	51,1 (60)c	2,66c
23	70,0 (88)a	3,87a
24	70,7 (89)a	4,00a
25	72,7 (91)a	4,04a
26	59,8 (74)b	3,18b
27	62,0 (77)b	3,45b
28	64,6 (81)b	3,72a
29	62,2 (78)b	3,78b
30	66,7 (84)a	3,56a

ns = não significativo ($P > 0,05$); (*, **) = significativos, respectivamente, ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$).

1 – médias seguidas por uma *mesma letra* na coluna não diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Scott & Knott. Valores entre parêntesis referem-se aos dados não transformados.

Para ser avaliado como eficiente, um teste de vigor deve proporcionar uma classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor, de maneira proporcional à da emergência das plântulas no campo (MARCOS FILHO, 1999b) e não somente apresentar alta correlação com o mesmo. Nesse sentido os testes de Envelhecimento acelerado conduzido a 45 °C por 72 horas, condutividade elétrica e lixiviação de potássio foram consistentes na separação das 30 árvores matrizes em diferentes níveis de vigor, e ao mesmo tempo apresentaram os maiores níveis de correlação com a emergência de plântulas em viveiro.

Houve correlação significativa ($P < 0,05$) com a emergência de plântulas em viveiro (Tabela 5), frente aos resultados da germinação em sementes envelhecidas (G EA), com a massa seca de plântulas (MSP) do teste de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. Apresentou correlação significativa para germinação ($r = 0,370$) e massa de matéria seca de plântulas ($r = 0,499$) o resultado das leituras do teste de condutividade elétrica (CE) apresentou correlação não significativa com a emergência de plântulas (EV).

O teor de potássio (TK) mostrou alta correlação com o teste de germinação em sementes envelhecidas ($r = 0,737$) na maioria dos casos foi significativo o teor de potássio correlacionou-se com o teste de condutividade elétrica (CE).

Na (Tabela 6) estão os resultados do análise de correlação simples entre os testes de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, e teor de potássio em sementes de *Corymbia citriodora*. Para todos observou-se altos coeficientes de correlação.

Tabela 5. Coeficientes de correlação simples (r) entre emergência de plântulas em viveiro, teor de potássio com as variáveis analisadas no teste de envelhecimento acelerado conduzido a 45° C por 72 horas, e no teste de condutividade elétrica em sementes de *Corymbia citriodora*. Jaboticabal, 2010.

Variáveis	G EA ¹	IVG EA	MSP EA	CE 24h	G CE ¹	IVG CE	MSP CE
EV ¹	0,370*	0,318 ^{ns}	0,499*	-0,327 ^{ns}	0,307 ^{ns}	0,321 ^{ns}	0,365*
IVE	0,226 ^{ns}	0,158 ^{ns}	0,246 ^{ns}	-0,137 ^{ns}	0,180 ^{ns}	0,216 ^{ns}	0,181 ^{ns}
TK	0,737**	0,731**	-0,680**	0,804**	-0,697**	-0,742**	-0,277 ^{ns}

ns = não significativo (P > 0,05); (*,**) = significativos, respectivamente, (P < 0,05) e (P < 0,01).

G-EA = germinação após o teste de envelhecimento acelerado; IVG-EA = índice de velocidade de germinação; MSP-EA = massa de matéria seca de plântulas; CE = condutividade elétrica em 24 horas; G CE = germinação após teste de condutividade elétrica; IVG-CE = índice de velocidade de germinação; MSP-CE = massa de matéria seca de plântulas; EV = emergência de plântulas em viveiro; IVE = índice de velocidade de emergência de plântulas em viveiro e TK = teor de potássio.

¹ – Dados transformados em arco seno ($\sqrt{x/100}$).

Tabela 6. Coeficientes de correlação simples (r) entre as variáveis analisadas nos testes de vigor: envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) em sementes de *Corymbia citriodora*. Jaboticabal, 2010.

Variáveis	G-EA ¹	IVG-EA	MSP-EA
CE	-0,819**	-0,834**	-0,855**
G-CE ¹	0,841**	0,850**	0,884**
IVG-CE	0,815**	0,808**	0,847**
MSP-CE	0,726**	0,711**	0,736**

ns = não significativo (P > 0,05); (*,**) = significativos, respectivamente, (P < 0,05) e (P < 0,01).

G-EA = germinação após o teste de envelhecimento acelerado; IVG EA = índice de velocidade de germinação; MSP-EA = massa de matéria seca de plântulas; CE = condutividade elétrica em 24 horas; G-CE = germinação após teste de condutividade elétrica; IVG-CE = índice de velocidade de germinação; MSP-CE = massa de matéria seca de plântulas.

¹ – Dados transformados em arco seno ($\sqrt{x/100}$).

O teste de germinação em sementes envelhecidas a 45 °C por 72 horas correlacionou-se significativamente com o teste e germinação de sementes do teste de CE (r = 0,841), o IVG da condutividade elétrica com o IVG de sementes envelhecidas (r

= 0,808), a massa de matéria seca (MSP CE) com massa de matéria seca de plântulas submetidas ao envelhecimento acelerado (0,736), teor de potássio se correlaciona com todas as variáveis estudadas no teste de envelhecimento acelerado (Tabela 6). Os testes correlacionaram-se significativamente entre si.

Numa análise geral, verifica-se dentre as trinta matrizes de *C. citriodora*, que um grupo de matrizes sempre apresentou vigor superior aos demais, e, da mesma forma, outro grupo de matrizes demonstraram desempenho inferior de qualidade, embora a identificação das melhores matrizes sempre tenha sido evidente, em função do teste utilizado. Segundo MARCOS FILHO et al. (1985), a identificação das matrizes com qualidade intermediária pode sofrer variações, dependendo do teste utilizado, devendo-se considerar que os testes de laboratório devem ser suficientes para, pelo menos, diferenciar matrizes de potencial elevado, daqueles que apresentam potencial deficiente para o estabelecimento de plântulas em campo. Nesta pesquisa os testes usados demonstraram coerência na separação de matrizes em diferentes níveis de vigor.

4.2. Crescimento e Eficiência de Uso do Fósforo de Quatro Matrizes

4.2.1. Fósforo no solo e altura

Foi feito um análise de variância para efeito das doses de fósforo no teor determinado no solo ($F = 1761,56$ com $P < 0,05$ e coeficiente de variação de 6,64 %) e o estudo da regressão (Figura 1). O coeficiente de variação para teor de fósforo no solo foi considerado baixo e os valores para a variável de crescimento em altura nos quatro períodos de avaliação foram considerados médios com base em GOMES (2000).

Os resultados da análise de variância dos valores de crescimento em altura das plantas em função do material genético (matrizes) e de doses de fósforo são apresentados na Tabela 7.

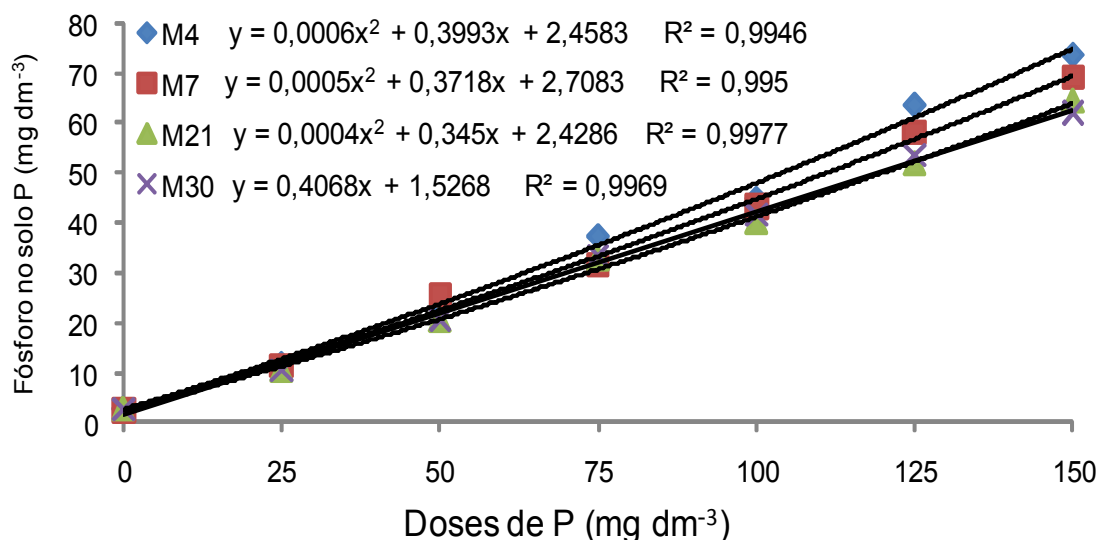


Figura 1. Teores de fósforo no solo, em mg dm⁻³, após a incubação por um período de 30 dias de um Latossolo Vermelho coletado à profundidade de 0 a 20 cm, em função de diferentes doses de fósforo.

A matriz 21 começou a se destacar das demais em altura, sem diferir da M 7 aos 30 dias e as matrizes M4, M7 e M21 apresentaram menor altura que a matriz 30 aos 90 dias após o plantio (Tabela 7). A aplicação de fósforo influenciou no crescimento em altura das plantas nas quatro épocas de avaliação. A variabilidade genética existente entre indivíduos da mesma espécie poderia ser uma das principais causas dessas variações. Fazendo-se o estudo da regressão aos 30 dias, verificou-se que houve efeito das doses de fósforo aplicadas na altura das plantas (Tabela 7). Aos 60, 75 e 90 dias, houve efeitos das aplicações de fósforo no crescimento em altura (Tabela 8) e, mesmo sem haver efeito da interação entre matrizes e doses de fósforo (M x P), foi feito o desdobramento dos graus de liberdade e os efeitos foram explicados por equações de regressão quadrática para a matriz 21 aos 60 e 75 dias e para a matriz 30 aos 60, 75 e 90 dias após o plantio (Figuras 2, 3 e 4).

Tabela 7. Resumo das análises de variância para o teor de fósforo no solo após incubação por 30 dias (P solo), e médias para crescimento em altura das mudas em função das doses de fósforo aos 30, 60, 75 e 90 dias após plantio provenientes de quatro árvores matrizes (M) de *Corymbia citriodora*. Jaboticabal, 2010.

Causas de variação	Valores de F			
	Altura (cm)			
	30 dias	60 dias	75 dias	90 dias
Matrizes (M)	6,35**	12,67**	9,46**	5,00**
Doses (P)	2,36*	2,47*	2,97*	3,49**
M X P	1,19ns	1,47ns	1,19ns	1,14ns
CV %	15,60	17,15	15,37	14,34

Matrizes	Médias			
	Alturas (cm)			
	30 dias	60 dias	75 dias	90 dias
M 4	13,84c	39,92bc	46,91a	52,51ab
M 7	15,70ab	44,92ab	49,27a	54,50a
M 21	16,23a	47,42a	51,19a	55,30a
M 30	14,38bc	36,60c	41,46b	48,17b

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, para cada época de avaliação, não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

ns = não significativo ($P > 0,05$); (*, **) = significativos, respectivamente, ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$).

CV = coeficientes de variação; M x P = interação matriz (M) por doses de fósforo (P).

A altura máxima da matriz 21 foi estimada em 51,02 cm com a dose de 74,39 mg dm^{-3} de P e a da matriz 30 foi estimada em 42,34 cm com a dose de 73,40 mg dm^{-3} de P (Figura 2).

A altura máxima da matriz 21 foi estimada em 54,20 cm com a dose de 72,08 mg dm^{-3} de P e da matriz 30 estimada em 47,87 cm com a dose de 80,23 mg dm^{-3} de P (Figura 3).

Tabela 8. Resumo das análises de regressão e médias de teores de fósforo no solo 30 dias após a incubação e do crescimento em altura das plantas de quatro árvores matrizes (M) de *Corymbia citriodora* aos 30, 60, 75 e 90 dias após plantio em função das doses de fósforo.

Matrizes	Regressão	Valores de F			
		Alturas (cm)			
		30 dias	60 dias	75 dias	90 dias
M4	Linear	0,40ns	1,86ns	2,96ns	3,29ns
	Quadrática	1,51ns	1,01ns	0,75ns	0,43ns
	Cúbica	0,41ns	1,99ns	0,27ns	0,01ns
M7	Linear	1,35ns	0,89ns	2,20ns	1,01ns
	Quadrática	0,01ns	0,70ns	0,76ns	0,71ns
	Cúbica	1,32ns	1,91ns	0,69ns	0,35ns
M21	Linear	2,66ns	0,02ns	0,01ns	0,00ns
	Quadrática	0,54ns	4,99*	4,02*	3,62ns
	Cúbica	0,03ns	0,44ns	1,00ns	1,65ns
M30	Linear	0,45ns	0,01ns	0,46ns	0,92ns
	Quadrática	3,43ns	14,01**	14,87**	16,20**
	Cúbica	0,00ns	0,25ns	0,16ns	0,29ns
Doses P (mg dm ⁻³)		Alturas (cm)			
		30 dias	60 dias	75 dias	90 dias
0		15,40	37,83	41,75	46,30
25		14,34	41,99	46,37	52,64
50		16,10	45,48	50,59	56,34
75		14,23	41,14	46,16	51,06
100		16,05	45,43	50,75	55,53
125		13,85	43,79	48,63	55,38
150		15,30	39,95	46,21	51,09

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, para cada época de avaliação, não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

ns = não significativo ($P > 0,05$); (*, **) = significativos, respectivamente, ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$).

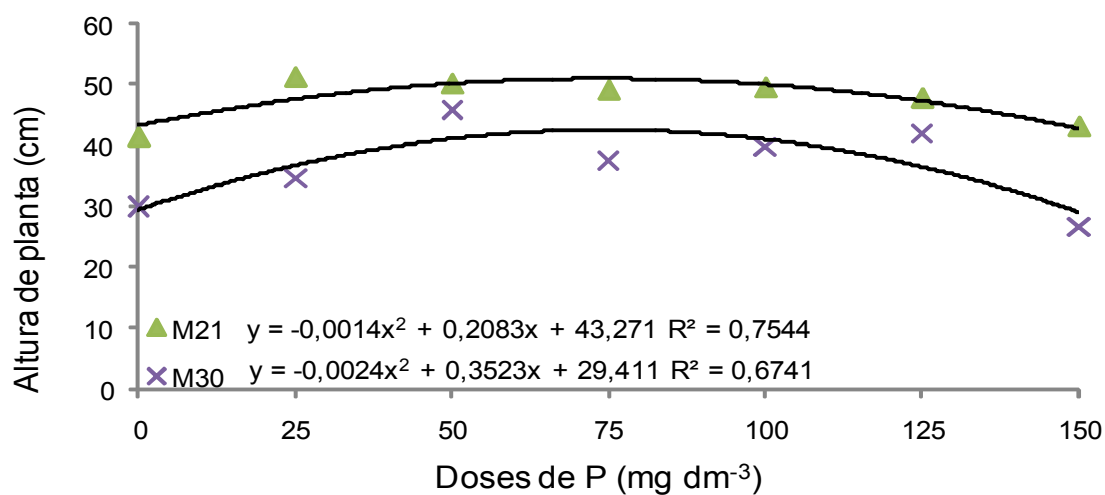


Figura 2. Variação da altura das plantas das matrizes M21 e M30 de *Corymbia citriodora* aos 60 dias após o plantio em função das doses de fósforo.

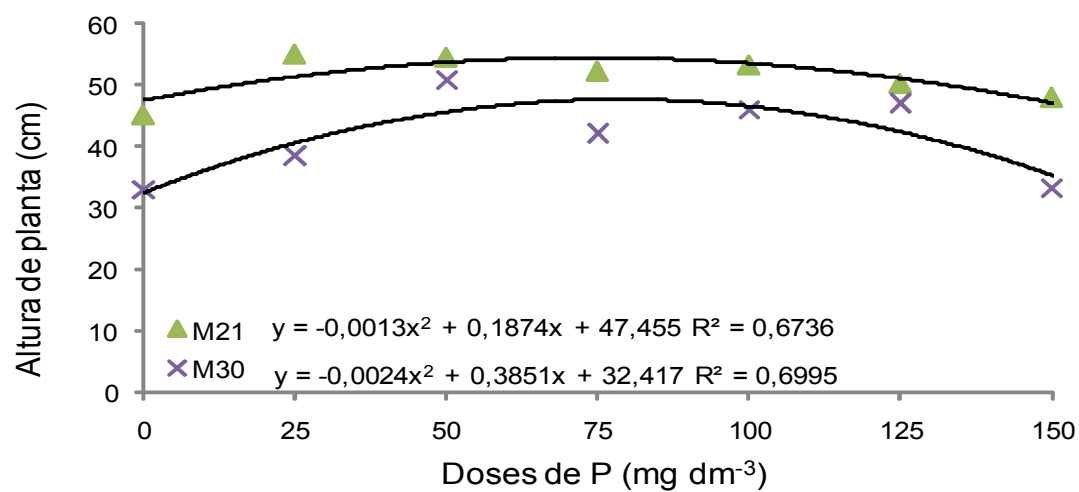


Figura 3. Variação da altura das plantas das matrizes M21 e M30 de *Corymbia citriodora* aos 75 dias após o plantio em função das doses de fósforo.

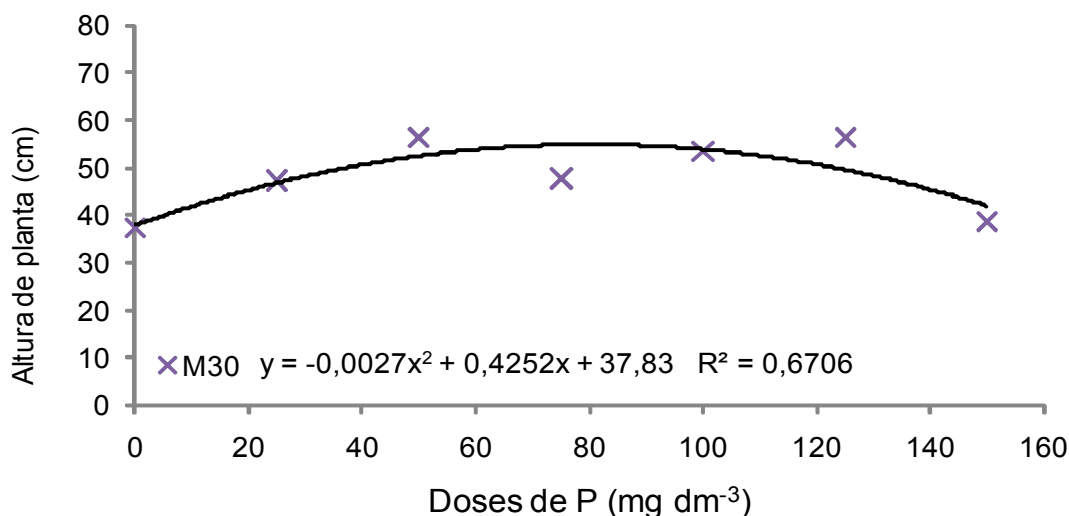


Figura 4. Variação da altura das plantas da matriz M30 de *Corymbia citriodora* aos 90 dias após o plantio em função das diferentes doses de fósforo.

A altura máxima da matriz 30 foi estimada em 54,57 cm com a dose de 78,74 mg dm⁻³ de P (Figura 4). Se for usada a equação da Figura 1 para estimar o teor de fósforo do solo dos vasos da matriz 30, a aplicação de 78,74 mg dm⁻³ de P resultou em um teor no solo estimado em 33,56 mg dm⁻³ de P. Sendo assim, acima desse teor de fósforo no solo não houve resposta positiva da aplicação do nutriente. Esses resultados estão abaixo do nível crítico de implantação de *Eucalyptus* spp, que foi estimado em 60 mg dm⁻³ de P para solos argilosos (NOVAIS et al., 1986).

As respostas positivas obtidas com a aplicação de fósforo mostram que esse nutriente é indispensável ao crescimento inicial do eucalipto. Segundo BARROS et al. (1990), por causa da baixa disponibilidade de fósforo nos solos e subsolos freqüentemente usados para produção de mudas de eucalipto, muitas vezes, quando ele não é aplicado ao substrato, as mudas não crescem. Em comparação com os solos usados para produção de espécies agrícolas, os solos florestais geralmente apresentam deficiências extremas em fósforo (Mc LAUGHLIN, 1996). Esta afirmação corrobora que o fósforo é indispensável no crescimento do eucalipto.

Segundo as classes de interpretação de RAIJ et al. (1997), o teor inicial de fósforo no solo é baixo (Item 3.4.2). Nesse sentido, NOVAIS et al. (1990) relataram que quando

o solo apresenta baixo teor de fósforo espera-se resposta acentuada do eucalipto à aplicação deste nutriente, tanto na fase de produção de mudas como de estabelecimento das plantas no campo.

No presente trabalho, constatou-se que a aplicação de doses entre 50 e 125 mg dm⁻³ de P, resultou no maior crescimento das plantas (Tabela 8). VOGEL et al. (2001), estudando doses de fósforo no desenvolvimento de *Mimosa scabrella* (bracatinga), constata que a aplicação de 360 mg kg⁻¹ de fósforo resultou no maior crescimento destas plantas.

VALERI et al. (1985) verificaram que a adubação básica com N, K e micronutrientes proporcionou maior crescimento em altura e diâmetro das plantas de *Eucalyptus grandis*, além de ter garantido a sobrevivência das plantas na ocorrência de geadas.

Para FAULKNER et al. (1976), diferenças inerentes à absorção de nutrientes e à resposta em crescimento existentes entre as espécies, procedências, progênies e clones florestais são evidentes.

4.2.2. Diâmetro, área foliar e matéria seca

Na Tabela 9 estão os resultados da análise de variância para as características de diâmetro de colo, área foliar, produção de matéria seca de folhas, de caules e ramos, e de raízes em função das doses de fósforo aos 90 dias após o plantio.

Houve diferenças entre matrizes e doses de fósforo para todas as variáveis estudadas, bem como da interação entre matrizes e doses apenas para matéria seca de folhas e de raízes. Os valores de coeficiente de variação foram considerados médios para diâmetro, altos para área foliar e matéria seca de folhas e de caules e ramos e muito alto para matéria seca de raízes, de acordo com GOMES (2000). Esse maior valor de coeficiente de variação para biomassa de raízes pode estar associado à variabilidade genética existente entre as matrizes e aos erros operacionais durante a separação das raízes do solo, podendo haver perda das raízes finas durante a lavagem, além de outros fatores de difícil controle.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para diâmetro do coleto (DC), área foliar (AF), matéria seca de folhas (MSF), de caules e ramos (MSCR) e de raízes (MSR) de plantas provenientes de quatro árvores matrizes (M) de *Corymbia citriodora* em função das doses de fósforo aos 90 dias após plantio. Jaboticabal, 2010.

Causas de variação	Valores de F				
	DC	AF	MSF	MSCR	MSR
Matrizes (M)	5,78**	6,38**	14,28**	5,86**	13,03**
Doses (P)	2,97*	4,79**	5,33**	8,70**	2,54*
M X P	1,58ns	0,78ns	1,86*	1,47ns	1,77*
CV %	12,43	25,41	22,90	23,58	30,80

Matrizes	Médias				
	DC (mm)	AF (cm ²)	MSF (g)	MSCR (g)	MSR (g)
M 4	4,94a	915,50ab	7,08bc	5,00ab	4,65b
M 7	4,92a	998,60a	8,12ab	5,31ab	5,01ab
M 21	4,91a	1076,60a	8,89a	5,80a	5,83a
M 30	4,38b	807,79b	6,05c	4,47b	3,43c

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, para cada época de avaliação, não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

ns = não significativo ($P > 0,05$); (*, **) = significativos, respectivamente, ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$).

CV = coeficientes de variação; M x P = interação matriz (M) por doses de fósforo (P).

A matriz 30 apresentou menor crescimento em diâmetro do que as demais e menor área foliar do que as matrizes 7 e 21, sem diferir da matriz 4. Para massa de matéria seca de caules e ramos, a matriz 30 apresentou menor média do que a matriz 21 e não diferiu das demais; também não houve diferenças entre as matrizes 4, 7 e 21.

Apesar de não ter havido efeito significativo das interações entre matrizes e doses de fósforo para todas as variáveis avaliadas, foi feito o desdobramento dos graus de liberdade das interações para estudar os efeitos das doses de fósforo para cada matriz e com o uso das análises de regressão (Tabela 10).

Tabela 10. Resumo das análises de regressão e médias de diâmetro do coleto (DC), área foliar (AF), matéria seca de folhas (MSF), de caules e ramos (MSCR) e de raízes (MSR) de plantas provenientes de quatro árvores matrizes (M) de *Corymbia citriodora* em função das doses de fósforo, aos 90 dias após o plantio. Jaboticabal, 2010.

Matrizes	Regressão	Valores de F				
		DC	AF	MSF	MSCR	MSR
M4	Linear	2,32ns	7,43**	10,95**	8,49**	3,03ns
	Quadrática	0,06ns	0,25ns	0,32ns	0,00ns	0,02ns
	Cúbica	3,88ns	0,42ns	0,07ns	0,37ns	1,81ns
M7	Linear	1,95ns	0,92ns	1,32ns	6,25*	0,56ns
	Quadrática	3,07ns	0,24ns	4,08*	6,76*	3,76ns
	Cúbica	3,22ns	0,01ns	2,74ns	1,07ns	5,29*
M21	Linear	0,04ns	6,09*	1,58ns	2,70ns	0,25ns
	Quadrática	7,58**	8,49**	5,25*	10,44**	4,60*
	Cúbica	1,23ns	2,07ns	3,87ns	2,04ns	0,12ns
M30	Linear	0,07ns	4,91*	0,05ns	1,14ns	0,92ns
	Quadrática	4,75*	4,64*	15,77**	20,93**	6,83*
	Cúbica	0,06ns	0,08ns	0,00ns	0,06ns	0,59ns
Doses P		Médias				
(mg dm ⁻³)		DC (mm)	AF (cm ²)	MSF (g planta ⁻¹)	MSCR (g planta ⁻¹)	MSR (g planta ⁻¹)
0		4,36	698,69	5,64	3,44	3,98
25		4,73	836,88	7,08	4,73	4,47
50		5,11	1033,62	8,79	6,01	5,64
75		4,75	990,43	7,58	5,24	4,87
100		4,97	1038,43	8,27	5,83	5,04
125		4,99	1047,38	7,81	5,82	5,00
150		4,61	1001,93	7,60	4,95	4,14

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, para cada época de avaliação, não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

ns = não significativo ($P > 0,05$); (*, **) = significativos, respectivamente, ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$).

O diâmetro de colo apresentou efeito quadrático para as matrizes 21 e 30 (Tabela 10 e Figura 5). Essa variável de crescimento, além de ser influenciada pela adubação, é muito usada como indicador de qualidade de mudas florestais (CARNEIRO, 1995).

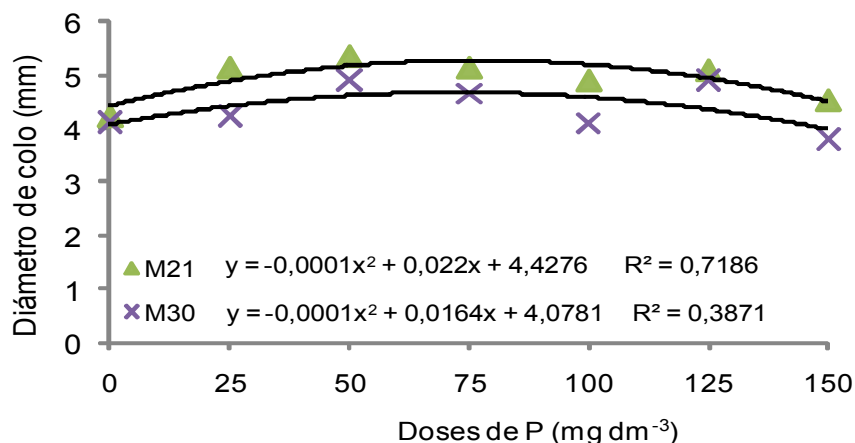


Figura 5. Variação do diâmetro de colo das plantas provenientes das matrizes M21 e M30 de *Corymbia citriodora* em função das diferentes doses de fósforo, aos 90 dias após o plantio.

O diâmetro máximo de colo da matriz 21 foi estimada em 5,62 mm com a aplicação de 100,62 mg dm⁻³ de P, e da matriz 30, em 4,58 mm, com a dose de 124,33 mg dm⁻³ de P (Figura 5).

O efeito do fósforo na área foliar foi linear para as plantas de matriz 4 e quadrático para as matrizes 21 e 30 (Tabela 6). A área foliar máxima da matriz 21 foi estimada em 1250,70 cm² com a dose de 93,32 mg dm⁻³ de P e da matriz 30 foi estimada em 943,74 cm² com a dose de 97,26 mg dm⁻³ de P.

Os efeitos de fósforo para a matéria seca de folhas e de caule e ramos foi linear para a matriz 4 e quadrático para as matrizes 7, 21 e 30 (Figuras 7 e 8).

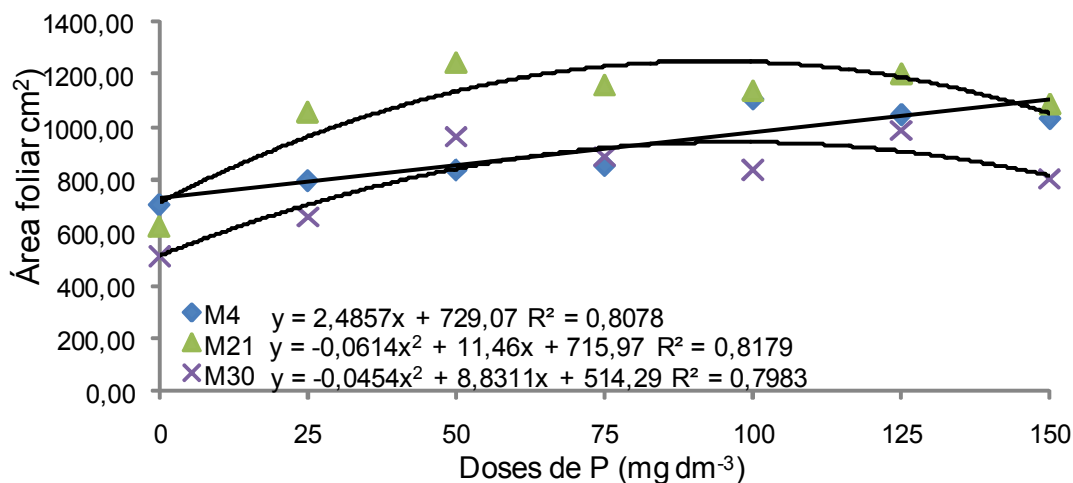


Figura 6. Variação de área foliar das plantas provenientes das matrizes M21 e M30 de *Corymbia citriodora* em função das doses de fósforo, e aos 90 dias após o plantio.

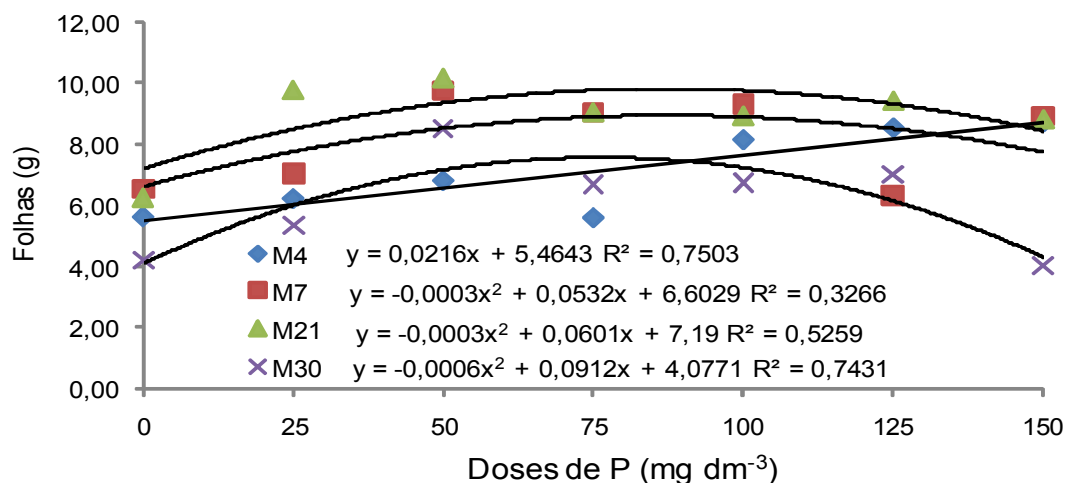


Figura 7. Variação de matéria seca de folhas das plantas provenientes das matrizes M7, M21 e M30 de *Corymbia citriodora* em função das doses de fósforo, aos 90 dias após o plantio.

A matéria seca máxima de folhas da matriz 7 foi estimada em 8,97 g com a dose de 88,67 mg dm⁻³ de P, para a matriz 21 em 10,20 g com a dose de 101,67 mg dm⁻³ de P e a da matriz 30 em 7,54 g com a dose de 76,00 mg dm⁻³ de P (Figura 7).

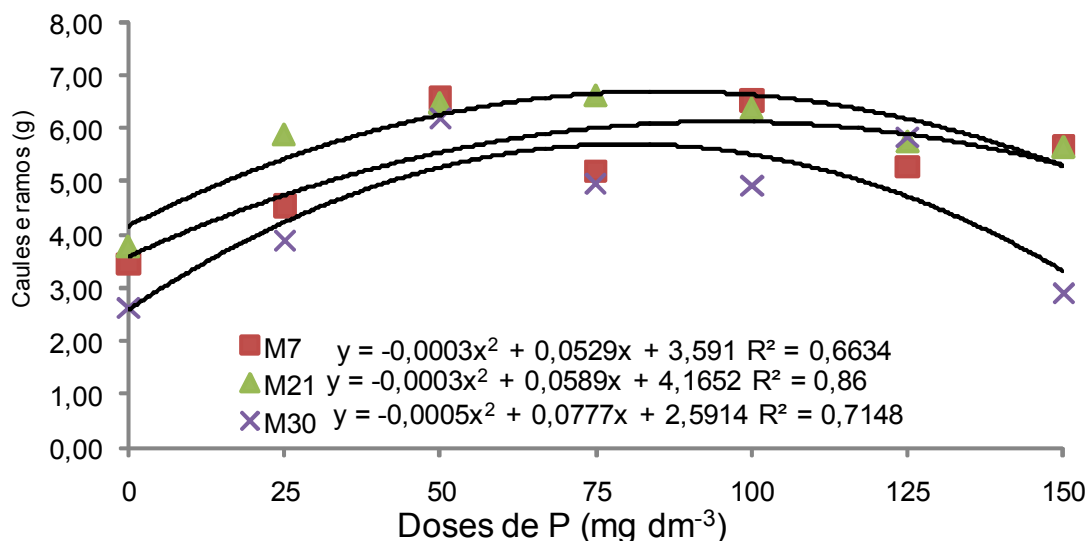


Figura 8. Variação de matéria seca de caules e ramos das plantas provenientes das matrizes M7, M21 e M30 de *Corymbia citriodora* em função das doses de fósforo, aos 90 dias após o plantio.

A máxima produção de matéria seca de caules e ramos da matriz 7 foi estimada em 5,92 g com a dose de 88,17 mg dm⁻³ de P, da matriz 21 em 7,06 g com a dose de 98,17 mg dm⁻³ de P e da matriz 30 em 5,61 g com a dose de 77,70 mg dm⁻³ de P (Figura 8).

Os efeitos das doses de fósforo na produção de matéria seca de raízes foi cúbico para a matriz 7 e quadrático para as matrizes 21 e 30 (Figura 9).

A máxima produção de matéria seca de raízes da matriz 7 foi estimada em 6,0 g com a dose de 48,86 mg dm⁻³ de P e a mínima de 4,53 g com a dose de 123,73 mg dm⁻³ de P. Para a matriz 21 a máxima produção de raízes foi de 6,40 g com a dose de 63,67 mg dm⁻³ de P e a da matriz 30 em 4,29 g com a dose de 67,1 mg dm⁻³ de P (Figura 9).

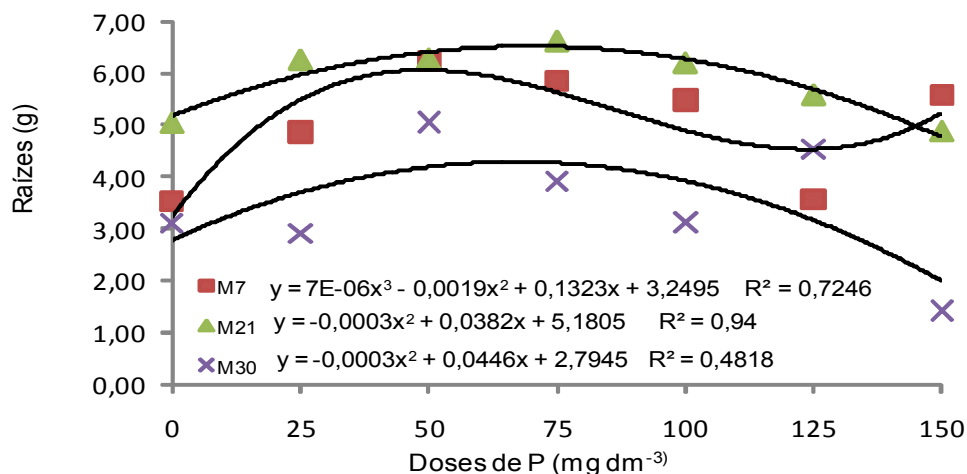


Figura 9. Variação de matéria seca de raízes das plantas provenientes das matrizes M7, M21 e M30 de *Corymbia citriodora* em função das diferentes doses de fósforo, aos 90 dias após o plantio.

A matriz 21 foi a que apresentou melhores médias e melhor comportamento na produção de matéria seca de folhas, caules e ramos e de raízes. De modo geral, a matriz 30 foi a que apresentou a menor média para as mesmas características.

Não houve evidência de que as raízes das plantas de *C. citriodora* tivessem crescido mais do que a parte aérea, com base nos dados de biomassa. Para as plantas provenientes da matriz 21, houve maior exigência de fósforo (cerca de 100 mg dm⁻³ de P) para se obter a máxima área foliar, máxima produção de matéria seca de folhas e de caule e ramos do que para a produção máxima de matéria seca de raízes (cerca de 65 mg dm⁻³ de P), o que indica ser um material genético eficiente em absorção de fósforo e produção de biomassa. Segundo CLARKSON (1985), o maior crescimento das raízes em relação à parte aérea é uma estratégia da planta para retirar o máximo de nutrientes do solo, em condição de baixa fertilidade.

BOVI et al. (1994) observaram efeitos positivos do fósforo no desenvolvimento da parte aérea de *Bactris gasipaes* Kunth. (pupunheira) e, principalmente, no sistema radicular das plantas.

A melhor dose de fósforo para o desenvolvimento do sistema radicular de *Euterpe edulis* (palmitheiro) foi de 450 mg dm⁻³ de P e para o aumento do diâmetro do colo foi de 270 mg dm⁻³ de P (LIMA et al., 2008).

4.2.3. Teor, quantidade e eficiência de uso de fósforo nas folhas

Na Tabela 11 estão os resultados da análise de variância dos teores, quantidades e eficiência de utilização de fósforo nas folhas das plantas procedentes de quatro matrizes de *C. citriodora* aos 90 dias após o plantio.

Tabela 11. Resumo da análise de variância dos teores, quantidades e eficiência de uso de fósforo nas folhas de plantas provenientes de quatro árvores matrizes (M) de *Corymbia citriodora* em função das doses de fósforo, aos 90 dias após plantio. Jaboticabal, 2010.

Causas de Variação	Valores de F		
	Teores	Quantidades (Q)	Eficiência
Matrizes (M)	21,61**	2,80*	23,02**
Doses (P)	35,23**	22,02**	5,32**
M X P	1,06ns	2,78**	1,56ns
CV %	12,83	22,66	28,74
Matrizes	Médias		
	Teores (g kg ⁻¹)	Q (mg planta ⁻¹)	Eficiência
M 4	1,58b	11,45ab	4582,78b
M 7	1,41c	11,40ab	6064,46a
M 21	1,39c	12,52a	6588,60a
M 30	1,78a	10,51b	3623,46b

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, para cada época de avaliação, não diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

ns = não significativo (P > 0,05); (*, **) = significativos, respectivamente, (P < 0,05) e (P < 0,01).

CV = coeficientes de variação.

Houve variação entre matrizes e efeitos de doses de fósforo no teor, quantidade e eficiência de uso de fósforo nas folhas de *C. citriodora*. Os valores de coeficiente de variação para teor de fósforo foi considerado baixo e para a quantidade e eficiência de uso de fósforo nas folhas foram considerados altos (GOMES, 2000).

Apesar de ter havido efeito significativo da interação entre matrizes e doses de fósforo apenas para quantidade de fósforo acumulado nas folhas por planta, foi feito o desdobramento dos graus de liberdade para o estudo dos efeitos das doses de fósforo no teor de fósforo, na quantidade e eficiência de utilização de fósforo nas folhas para as quatro árvores matrizes de *C. citriodora* (Tabela 12).

Tabela 12. Resumo da análise de regressão para teores, quantidades e eficiência de uso de fósforo nas folhas de plantas provenientes de quatro árvores matrizes (M) de *Corymbia citriodora* em função das doses de fósforo, aos 90 dias após plantio. Jaboticabal, 2010.

Matrizes	Regressão	Valores de F		
		Teores (T)	Quantidades (Q)	Eficiência
M4	Linear	44,21**	46,69**	0,06ns
	Quadrática	3,18ns	0,02ns	1,46ns
	Cúbica	0,01ns	0,29ns	0,28ns
M7	Linear	38,91**	24,02**	7,96**
	Quadrática	0,12ns	3,93ns	1,34ns
	Cúbica	2,06ns	0,64ns	3,59ns
M21	Linear	57,34**	35,37**	10,74**
	Quadrática	0,15ns	1,89ns	4,10*
	Cúbica	0,45ns	0,57ns	5,64*
M30	Linear	52,11**	7,88**	2,10ns
	Quadrática	4,44*	24,83**	5,56*
	Cúbica	0,54ns	0,35ns	0,01ns
Doses P (mg dm ⁻³)	Médias			
	P (mg kg ⁻¹)	Q (mg planta ⁻¹)	Eficiência	
0	1,09	5,93	5469,00	
25	1,34	9,33	5524,43	
50	1,38	11,90	6676,62	
75	1,56	11,49	5146,81	
100	1,64	13,04	5312,87	
125	1,95	15,27	4019,12	
150	1,80	13,34	4354,93	

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, para cada época de avaliação, não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

ns = não significativo ($P > 0,05$); (*, **) = significativos, respectivamente, ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$).

Os resultados indicam que a matriz 21 apresentou a menor média para teor de fósforo em relação às demais matrizes e a matriz 30 a maior média (Tabela 7). A matriz 21 apresentou a maior media para quantidade de fósforo na folha, seguida da matriz 7 para eficiência. A matriz 30 apresentou a menor média para quantidade de fósforo na folha e para a eficiência do uso de fósforo entre as quatro matrizes estudadas (Tabela 11). Geralmente, quando uma planta se encontra numa situação de baixa disponibilidade de fósforo, ela tende a utilizá-lo de forma mais eficiente, contrariamente ao que se observa quando é submetida a uma condição de maior fertilidade (BALIEIRO et al., 2001). Isto também foi observado nesta pesquisa.

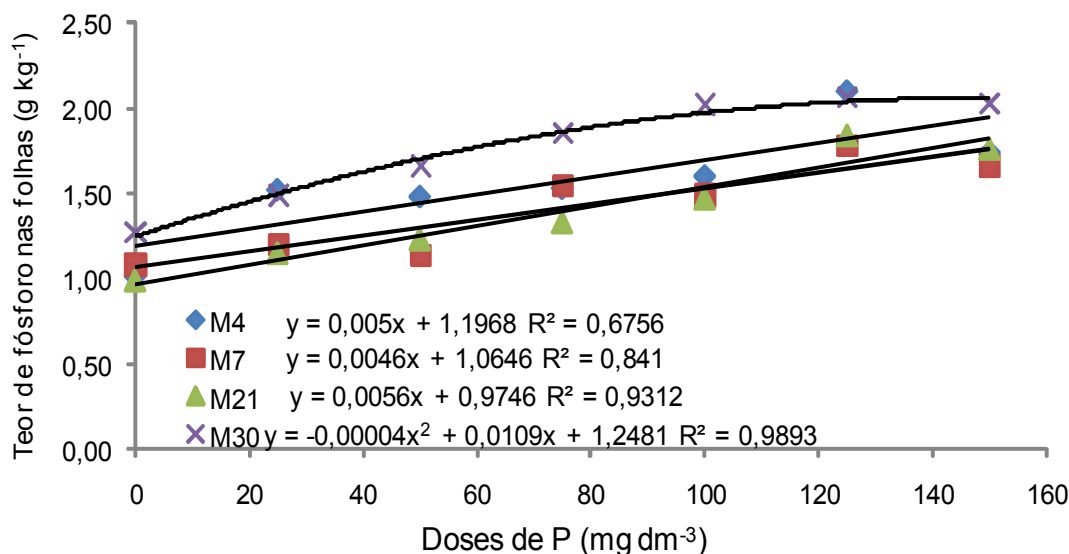


Figura 10. Variação do teor de fósforo nas folhas das matrizes M4, M7, M21 e M30 de *Corymbia citriodora* em função das diferentes doses de fósforo, aos 90 dias após o plantio.

O máximo teor de fósforo na folha na matriz 30 foi estimado em $2,20 \text{ g kg}^{-1}$ com a dose de $57,25 \text{ mg dm}^{-3}$ de P (Figura 10). O máxima quantidade de fósforo na folha na matriz 30 foi estimada em $13,74 \text{ mg planta}^{-1}$ com a dose de $89,68 \text{ mg dm}^{-3}$ de P (Figura 11).

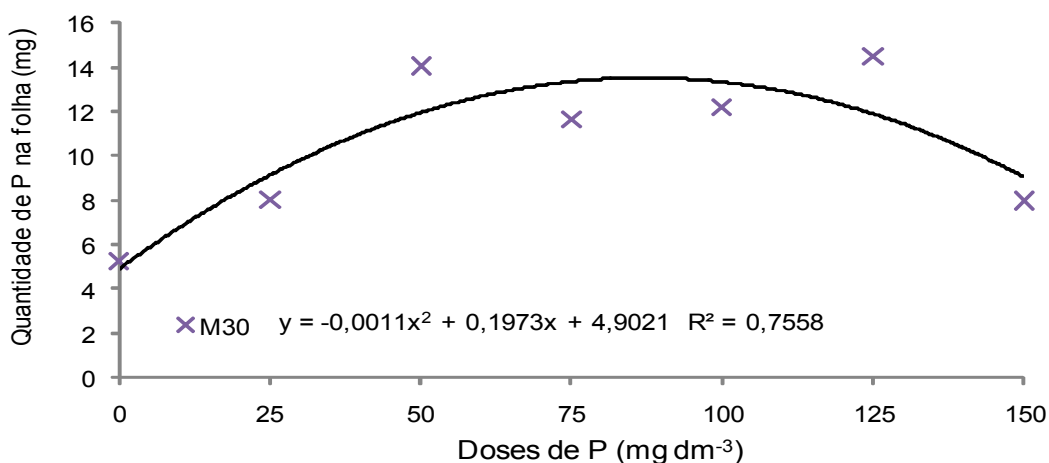


Figura 11. Variação da quantidade de fósforo nas folhas da plantas da matriz 30 de *Corymbia citriodora* em função das doses de fósforo, aos 90 dias após o plantio.

A máxima eficiência de uso de fósforo na folha na matriz 21 foi estimada em 8160,44 eficiência com a dose de 29,38 mg dm⁻³ de P e da matriz 30 foi estimada em 4449,155 eficiência com a dose de 61,68 mg dm⁻³ de P (Figura 12).

As variações na eficiência de uso de fósforo (Figura 12) foram explicadas pelas equações de regressão linear, na matriz 7; cúbica nas matrizes 21 e 30 que obtiveram uma equação quadrática; na matriz 30 o coeficiente de determinação foi de 0,9705 para a matriz 21 e de 0,8216 para a matriz 30.

As variações entre matrizes com relação aos teores, quantidades e eficiência de uso de fósforo devem estar relacionadas com a variabilidade genética entre matrizes e os resultados mostram que a matriz 21 foi a mais eficiente em uso do fósforo para produção de biomassa de folhas.

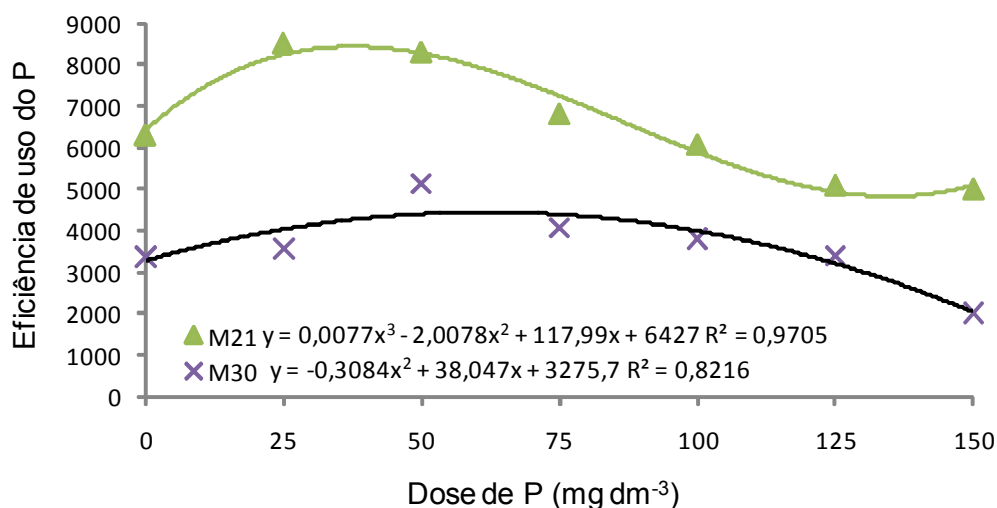


Figura 12. Variação da eficiência de uso do fósforo nas folhas das plantas das matrizes M21 e M30 de *Corymbia citriodora* em função das doses de fósforo, aos 90 dias após o plantio.

O teor e a quantidade de fósforo nas folhas aumentaram com o aumento das doses de fósforo de maneira linear ou quadrática de acordo com a matriz. Para a matriz 21 houve um efeito de terceiro grau das doses de fósforo na eficiência de utilização de fósforo nas folhas, sendo que acima de 30 mg dm⁻³ de P houve redução na eficiência de utilização de fósforo.

O uso de matrizes altamente produtivas e eficientes na utilização dos nutrientes permite a elaboração de manejo nutricional otimizado e voltado para manutenção do potencial produtivo dos solos florestais. Neste sentido, vários trabalhos demonstram que há fatores genéticos que afetam a absorção de nutrientes e a resposta de plantas a doses dos mesmos.

Têm sido observadas diferenças genéticas entre as espécies dos diferentes grupos ecológicos sucessionais de florestas tropicais, pioneiras, secundárias e climáticas, que podem afetar a taxa de crescimento, acúmulo de biomassa, absorção e mobilidade de fósforo no interior da planta (FURTINI NETO et al., 1998; PAULA et al., 2003; RESENDE et al., 2005). Essas diferenças de respostas morfológicas e fisiológicas entre materiais genéticos podem resultar em vantagem ou desvantagem adaptativa do material às condições de fertilidade do solo (BIELESKI & FERGUSON, 1983).

Nesse sentido, SMETHURST & WANG (1998) registraram a eficiência de fósforo no uso desse elemento em geral pelas espécies do gênero *Eucalyptus*.

A eficiência de algumas espécies em se desenvolverem em condições de baixo suprimento de fósforo tem sido atribuída à sua lenta taxa de crescimento, aliada a uma pequena exigência metabólica (CLARKSON, 1985). Baixas taxas de crescimento são características de espécies de *Eucalyptus* em solos da Austrália que apresentam baixa disponibilidade de fósforo (FURTINI NETO, 1994).

A eficiência de utilização de fósforo para uma dada espécie reflete o seu potencial em converter o fósforo disponível no solo em biomassa (ANGHINONI, 2003).

FURTINI NETO et al. (1996) relataram que para obter 90% da máxima produção de matéria seca de *Eucalyptus cloeziana*, *E. grandis*, *E. pellita*, *E. pilularis* e *E. urophylla*, as doses de fósforo variaram entre 220,2 e 254,8 mg kg⁻¹ de P, de acordo com cada uma das espécies, e que entre estas o *E. grandis* foi a mais exigente em fósforo, sendo considerada inadequada para o plantio em solos pobres em fósforo, mas com resposta acentuada à aplicação deste nutriente.

A pequena variação do teor de fósforo na folha em relação às doses aplicadas evidencia a ocorrência de um efeito de diluição, proporcionada pela maior produção de material vegetal com a aplicação de fósforo, com maior produção de biomassa de folhas do que de caule (Tabela 11). Esse fato também foi relatado por PAULA et al. (2003) no trabalho que envolveu 18 famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, submetidas a três doses de fósforo (0, 200 e 400 mg dm⁻³ de P₂O₅).

PEREIRA et al. (1983) observaram que a eficiência do uso do fósforo aumenta com a idade de *Eucalyptus grandis* ao longo do tempo. Esse fato se deve em parte ao aumento da capacidade do sistema radicular em explorar maiores volumes de solo e conseqüentemente maiores quantidades de fósforo com o seu crescimento.

Matrizes que produzem maior volume de madeira, apresentam maior crescimento em altura e exportam relativamente menores quantidades de fósforo seriam mais indicadas, devido à limitação deste nutriente em solos destinados a plantios florestais. O uso de matrizes visa reduzir a manifestação da heterogeneidade genética entre as árvores matrizes de *C. citriodora* de um povoamento e incrementar a produtividade de madeira.

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, os quatro locais de procedência podem ter influenciado nas respostas das árvores matrizes estudadas, podendo ser uma das principais causas da variação na utilização e uso de fósforo entre árvores matrizes. Nesse sentido, MASON & PELHAM (1976) relatam que a evolução dos genótipos em ambientes distintos quanto aos fatores do meio físico, como temperatura, regime hídrico e disponibilidade de nutrientes, concorre para diferenciação de comportamento quanto à eficiência de absorção e de utilização dos nutrientes. Para as espécies de *Eucalyptus* provenientes de regiões heterogêneas quanto ao solo e clima, espera-se comportamento nutricional diferenciado quando introduzidas em locais de condições bioclimáticas distintas daquelas do local de origem (BOLAND et al., 1984). Esses resultados concordam com os de FURTINI NETO (1994), segundo o qual a eficiência de utilização de fósforo mostrou ser uma boa característica para explicar a produção de matéria seca de *Eucalyptus*. Nesse sentido, PRADO & TORO (1996) verificaram que no estudo de adubação de plantas de *Eucalyptus nitens*, *E. delegatensis* e *E. regnans*, em condições de viveiro, que receberam 72 kg ha^{-1} de N, 47 kg ha^{-1} de P e $41,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O , as duas primeiras espécies têm um alto requerimento nutricional, aparentemente por uma alta absorção, especialmente de fósforo.

Segundo LOVATO et al. (1996), devido à importância do fósforo na nutrição das plantas, ele é o nutriente mais extensivamente pesquisado e de maior confiabilidade dos métodos para estudar sua dinâmica no solo e na planta.

Como considerações gerais, a matriz 21, em sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado mostrou-se como uma das matrizes com alto potencial fisiológico, segundo os resultados do teste de germinação e índice de velocidade de germinação (Tabela 2). Segundo o teste de condutividade elétrica, essa matriz é considerada como de média qualidade fisiológica (Tabela 3), e segundo o teste de emergência de plântulas em viveiro (Tabela 4), demonstrou alta porcentagem de emergência e índice de velocidade de emergência. Também demonstrou bom crescimento em altura de plantas quando submetida a doses de fósforo (Tabela 7). O que demonstra que esta árvore matriz possui bons atributos genéticos, tanto nas sementes como nas plantas.

A matriz 21 teve também bom desempenho segundo o teste de emergência de plantas em viveiro (Tabela 4) e segundo o teste de envelhecimento acelerado a 45°C por 72 horas para porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (Tabela 2). Observa-se que essa matriz possui alto potencial fisiológico nas sementes e isso refletiu nas plantas quando submetidas a doses de fósforo.

A matriz 30 foi a que ficou em última posição com relação ao crescimento em altura de plantas e absorção de fósforo (Tabelas 7 e 8). Essa matriz não foi ruim segundo o teste de envelhecimento acelerado (Tabela 2), e segundo o teste de condutividade elétrica e porcentagem de germinação na classificação de níveis de vigor (alto, médio e baixo vigor) foi classificada como uma matriz de médio vigor. Foi considerada como a pior na produção de matéria seca de plântulas provenientes de sementes submetidas ao teste de condutividade elétrica (Tabela 3).

As matrizes 4 e 7, segundo o teste de envelhecimento acelerado (Tabela 2), condutividade elétrica (Tabela 3) e emergência de plântulas em viveiro (Tabela 4), foram consideradas como matrizes vigorosas e com bom desempenho germinativo, e na avaliação em altura de plantas aos 90 dias após o plantio (Tabela 7) foram consideradas como matrizes intermediárias.

Esses resultados indicam que existe uma relação entre qualidade fisiológica em sementes com o desempenho da plantas submetidas a doses de fósforo. Observou-se que as matrizes com sementes vigorosas possuem bom desempenho no crescimento das plantas e na eficiência do uso de fósforo.

5. CONCLUSÕES

Para sementes de 30 árvores matrizes de *Corymbia citriodora* pode-se concluir que:

- a) o teste de envelhecimento acelerado foi eficiente para avaliação da qualidade fisiológica;
- b) o teste de condutividade elétrica mostrou-se eficiente na diferenciação das matrizes, mostrando alto coeficiente de correlação com o teste de envelhecimento acelerado;
- c) a avaliação do teor de potássio mostrou-se eficiente na diferenciação de matrizes.
- d) obteve-se alto coeficiente de correlação com os resultados do teste de envelhecimento acelerado, teste de condutividade elétrica e emergência de plântulas no viveiro.

Quanto ao desempenho das plantas de *C. citriodora* nas condições do experimento de vaso com Latossolo Vermelho conclui-se que:

- a) a adubação fosfatada é necessária para o desenvolvimento de *Corymbia citriodora*;
- b) as plantas de quatro matrizes de *Corymbia citriodora* de diferentes procedências responderam de maneira diferente às doses crescentes de fósforo, sendo que a recomendação se encontra entre 30 e 100 mg dm⁻³ de P, de acordo com a característica avaliada e a matriz.

6. REFERÊNCIAS

AGUIAR, I. B.; SADER, R.; KRONKA, S. N.; TAKAOKA, N. M. Efeitos do tamanho sobre o potencial de armazenamento de sementes de *Eucalyptus citriodora* Hook. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 63-72, 1987.

ANDRADE, A. C. S.; LOUREIRO, M. B.; SOUZA, A. D. O.; RAMOS, F. N.; CRUZ, A. P. M. Reavaliação do efeito do substrato e da temperatura na germinação de sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 23, n. 3, p. 279-283, 1999.

ANDRADE, A. C. S.; PEREIRA, T. S. Efeito do substrato e da temperatura na germinação e no vigor de sementes de cedro – *Cedrela odorata* L. (Meliaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 34-40, 1994.

ANGHINONI, I. Fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos / Anda, 2003. CD-ROM.

ARAÚJO NETO, J. C. **Caracterização, germinação e armazenamento de sementes de *Acacia polyphylla* DC.** 2001. 109 f. Tese (Doutorado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF ano base 2009.** Brasília. 2010. 81 p. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/anuario-ABRAF-2006.pdf>>. Acesso em: 29 junho. 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigor testing handbook.** East Lansing: AOSA, 1983. 88 p. (Contribution, 32).

BALIEIRO, F. C.; OLIVEIRA, I. G.; DIAS, L. E. Formação de mudas de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*: resposta a calagem, fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 183-191, 2001.

BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K. Plant nutrient efficiency: towards the second paradigm. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI-NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, Lavras: UFLA / DCS, 1999. p.183-204.

BALLONI, E. A. **Fertilização florestal**. Piracicaba: Departamento de Ciências Florestais, ESALQ, USP, 1978. 34 p.

BALMFORD, A. "Economic Reasons for Conserving Wild Nature", Science, 9/08/02; Índice do Planeta Vivo, da WWF International, PNUMA, e Redefining Progress, 2002.

BARBEDO, C. J.; CÍCERO, S. M. Utilização do teste de condutividade elétrica para previsão do potencial germinativo de sementes de ingá. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 249-259, 1998.

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 CIÊNCIA DO SOLO, 20., 1985, Belém. **Programa e Resumos...** Campinas: SBCS, 1985. p. 109.

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.

BATAGLIA, O. C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.

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

BEGNAMI, C. N.; CORTELAZZO, A. L. Cellular alterations during accelerated aging of French bean seeds. **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 24, n. 2, p. 295-303, 1996.

BELLOTE, A. F. J. **Concentração, acumulação e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* em função de idade**. 1979. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. 2d. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

BIELESKI, R. L.; FERGUSON, J. B. Physiology and metabolism of phosphate and its compounds. In: LACHLI, A.; CIELESKI, R. L. (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology**: inorganic plant nutrition. Berlin: Springer, 1983. p. 422-449. (New series, v.15A).

BOLAND, D. J.; BROOKER, M. H.; CHIPPENDALE, G. M. **Forest trees of Australia**, 4th ed. Melbourne: CSIRO, 1994. 703 p.

BONNER, F. T. Testing tree seeds for vigor: a review. **Seed Technology**, Lawrence, v. 20, n. 1, p. 5-17, 1998.

BORGES, E. E. L.; CASTRO, J. L. D.; BORGES, R. C. G. Alterações fisiológicas em sementes de jacaré (*Piptadenia communis*) submetidas ao envelhecimento precoce. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 9-12, 1992.

BORGES, E. E. L.; CASTRO, J. L. D; BORGES, R. C. G. Avaliação fisiológica de sementes de cedro submetidas ao envelhecimento precoce. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 56-62. 1990.

BOVI, M. L. A.; GODOY JUNIOR; SPIERING. S. H. Resposta de crescimento da pupunheira à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília: CLAV/DNDV/SNAD, 2009. 365 p.

BROOKER, M. I. H., KLEINING, D. A. **Field guide to eucalyptus**: Northern Australia. Butterworth – Heinemann, 2000. 383p.

CAPELANES, T. M. C; BIELLA, L. C. Programa de produção e tecnologia de sementes de espécies florestais nativas desenvolvido pela Companhia Energética de São Paulo – CESP. in: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 1., 1986, Belo Horizonte, MG. **Anais...** p. 85-107.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1995. 451 p.

CARUANA, R. Madeira! **Caros Amigos**, São Paulo, v. 11, n. 124, p. 34-39, 2007.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

CARVALHO, N. M. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 1-30.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. p. 75-83.

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

DALLA, T. F.; MARCO, M. Fertilizers and eucalypt plantations in Argentina. In: ATTIWILL, P.; ADAMS, M. (Ed.), **Nutrition of eucalypts**. Collingwood: CSIRO, 1996. p. 327 - 333.

DELL, B. Diagnosis of nutrient deficiencies in Eucalypts. In: ATTIWILL, P.M; ADAMS, M. A. (Ed.). **Nutrition of eucalypts**. Collingwood: CSIRO, 1996. p. 417-40.

DELL, B.; MALAJACZUK, N.; GROVE, T.S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research, 1995. 104 p.

DELOUCHE, J. C. An accelerated aging technique for predicting relative storability of crimson clover and tall fescue seed lots. **Agronomy Abstracts**, 1965. 40 p.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, p. 427-452. 1973.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 31-42, 1996.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Teste de vigor baseados na permeabilidade de membranas celulares: II Lixiviação de potássio. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 37-41, 1995a.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares. I. Condutividade elétrica. **Informativo Abrates**, Londrina v. 5, n. 1, p. 26-36, 1995.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J.; CARMELLO, Q.A.C. Potassium leakage test for the evaluation of vigour in soybean seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 24, p. 7-18, 1996.

EGLEY, G. H. Reflections on my career in weed seed germination research. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 9, n. 1, p. 3-12, 1999.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária. **Cultivo do eucalipto**. Disponível em: (<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Eucalipto/CultivocoEucalipto/01importanacia%20economica.htm>.) Acesso em: 1 set. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**, Campinas, 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FABRES, A. S. Níveis críticos de diferentes frações de P em plantas de alface cultivadas em diferentes solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, n. 1, p. 51-57, 1987.

FANTI, S. C. S.; PEREZ, S. C. J. G. A. Influência do envelhecimento acelerado e do estresse térmico no processo germinativo e no vigor de sementes de olho-de-dragão (*Adenanthera pavonina* L.) – Fabaceae-Mimosoideae. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v. 7, n. 1/2, p. 119, 1997.

FAULKNER, R., COUTTS, M. P., GODDART, R. E. et al. Nutrition discussion. In: CANNEL, M.G.R., LAST, F.T. (ed.). **Tree physiology and yield improvement**. New York: Academic Press, 1976. p. 527-528.

FERNANDES, L. A. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, 2000.

FERRAZ, I. D.; LIMA, V. N. S.; COSTA, M. M. Testes de viabilidade em sementes de *Carapa procera* D.C. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2., 1989, Atibaia. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1991. p. 39.

FERREIRA, C. A.; GALVÃO, A. P. M. Importância da atividade florestal no Brasil. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.) **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 15-18.

FIGLIOGLIA, M. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Considerações práticas sobre o teste de germinação. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 14, n. p. 45-60, 1995. (Série Registros).

FURTINI NETO, A. E. **Eficiência nutricional, cinética de absorção e frações fosfatadas em *Eucalyptus* spp.** 1994. 99 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.

FURTINI NETO, A. E. Frações fosfatadas em mudas de eucaliptus. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 267-274, 1998.

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

GASPAR, C. M.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 82-89, 2002.

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.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1975. 65 p. (Série técnica, 3).

GOLFARI, L.; PINHEIRO NETO, F. A. Escolha de espécie de eucalipto potencialmente aptos para diferentes regiões do Brasil. **Brasil Florestal**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 17-38, 1970.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Ed. F. P. Gomes, 2000. 477 p.

GONÇALVES, E. P. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de mutamba (Guazuma ulmifolia Lam.) por meio de diferentes testes de vigor**. 2003. 64 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE J. L.; LACLAU J. P.; SMETHURST, P.; GAVA, J. L. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p 45–61, 2004.

GONÇALVES, J. L. M.; VALERI, S. V. Micronutrientes para culturas: eucalipto e pinus. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 393-423.

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, 1993.

HAAG, H. P. Composição química do *Eucalyptus Alba* e *E. grandis*. Resultados preliminares. **Fertilité**, Paris, v. 18, p. 9-14, 1963.

HILL, K. D.; JOHNSON, L.A.S. Systematic studies in eucalyptus. 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). **Telopea**, v. 6, p. 173-505, 1995.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION - ISTA. International rules for seed testing. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 21, p. 363, 1993. Supplement.

IPEF – Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais. Identificação de Espécies Florestais. Disponível em: (<http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/citriodora.asp>.) Acesso em: 1 out. 2008.

IPT – Institutos de Pesquisas Tecnológicas. BROTERO F. A.; PEREIRA J. A.; MAINIERI C. **Métodos de Ensaio Adotados no I.P.T. Para o Estudo de Madeiras Nacionais**. São Paulo, 1956. 57 p. (Boletim, 31)

ISELY, D. Vigor test. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, v. 47, n.1, p. 176-182, 1957.

ISTA - International Seed Testing Association. **Handbook of vigour test methods**. 3 ed. ISTA, 1995. 117 p.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p. 249-269.

KAUL, O. N.; SRIVASTAVA, P. B. L.; BORA, N. K. S. Nutrition studies on *Eucalyptus*. I. Diagnosis of mineral deficiencies in *Eucalyptus* Hybrid seedlings. **Indian Forester**, Debra Dun, v. 92, n. 4, p. 264-268. 1966.

KAUL, O. N.; SRIVASTAVA, P. B. L.; NEGI, J. D. S. Nutrition studies on *Eucalyptus*. V. Diagnosis of mineral deficiencies in *Eucalyptus citriodora* seedlings. **Indian Forester**, Debra Dun, v. 96, n. 10, p. 787-90, 1970b.

KAUL, O. N.; SRIVASTAVA, P. B. L.; TANDON, V. N. Nutrition studies on *Eucalyptus*. III. Diagnosis of mineral deficiencies in *Eucalyptus grandis* seedlings. **Indian Forester**, Debra Dun, v. 94, n. 11, p. 831-34, 1968.

KAUL, O. N.; SRIVASTAVA, P. B. L.; TANDON, V. N. Nutrition studies on *Eucalyptus*. IV. Diagnosis of mineral deficiencies in *Eucalyptus globulus* seedlings. **Indian Forester**, Debra Dun, v. 96, n. 6, p. 453-56, 1970a.

KÖPPEN, W. **Das geographische System der Klimate**. Berlin. Gebruder Borntraeger, 1973. 369 p.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Situação atual do uso de testes de vigor como rotina em programas de sementes no Brasil. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 1, n. 3, p. 42-53, 1991.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo Abrates**, v. 1, n. 2, p. 15-50, 1991.

LIMA L, S. H.; FRANCO, E. T. H.; SCHUMACHER, M. V. Crescimento de mudas de *Euterpe edulis* Martius em resposta a diferentes doses de fósforo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 461-470, 2008.

LOEFFLER, T. M. **The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality**. 1981. 181 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-University of Kentucky, Lexington, 1981.

LOEFFLER, T. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v. 12, n. 1, p. 37-53, 1988.

LOFGREN, A. **Notas sobre as plantas exóticas introduzidas no Estado de São Paulo**. São Paulo: Revista Agrícola, 1906. 238 p.

LOVATO, P. E. Micorrização de plantas micropropagadas. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras/DCS e DCF, 1996. p. 175-201.

MALAVOLTA, E.; VITTI, E. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999a. p. 1-24.

MARCOS FILHO, J. Testes de Vigor: Importância e Utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C., VIEIRA, R. D., FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999b. p. 1-21.

MARCOS FILHO, J.; CARVALHO, R. V.; CICERO, S. M.; DEMÉTRIO, C. G. B. Qualidade fisiológica e comportamento de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no armazenamento e no campo. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba. v. 42, n. 1, p. 195-249. 1985.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S. M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: Fealq, 1987. 230 p.

MARCOS FILHO, J; SILVA, W. R.; NOVENBRE, A. D. C.; CHAMA, H. M. C. P. Estudos comparativos de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1805-1815, 1990.

MARCOS-FILHO, J. Germinação de sementes. In: CICERO, S. M, S. M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R. (Org.) **Atualização em produção de semente**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 11-40.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p. 133-150.

MARQUES, M. A. **Teste de condutividade elétrica para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Dalbergia nigra* Fr. Allem. (Jacarandá-da-bahia)**. 2001. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

MARQUES, M. A.; PAULA, R. C.; RODRIGUES, T. J. D. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex. Benth). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 271-278, 2002a.

MARQUES, M. A.; PAULA, R. C.; RODRIGUES, T. J. D. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex. Benth). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 271 - 278, 2002a.

MARQUES, M. A.; PAULA, R. C.; RODRIGUES, T. J. D. Efeito do número de sementes e do volume de água na condutividade elétrica de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex. Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 254-262, 2002b.

MARTINEZ, H. E. P. Phosphate forms in plant and their internal buffering in five soybean cultivars. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 249-257, 2005.

MASON, P. A.; PELHAM, J. Genetic factors affecting the response of trees to mineral nutrients. In: CANNEL, M. G. R.; LAST, F. T. (ed.) **Tree physiology and yield improvement**. New York: Academic Press, 1976. p. 437-48.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. Oxford: Pergamon Press, 1989. 270 p.

MC LAUGHLIN. Phosphorus in australian forest soils. In: **Nutrition of eucalyptus**, ATTWILL, P.; ADANMS, M. Collingwood: CSIRO Publishing, 1996. p. 1-30.

MELLO, H. A. 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.

MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, n.3, p. 562-564, 1982.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do Eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. 112 p.

MORAES, J. V. **Morfologia e germinação de sementes de *Poecilanthe parviflora* (Fabaceae - Faboideae)**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

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

MORI, E. S. Genética de populações arbóreas: orientações básicas para seleção e marcação de matrizes. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, n. 25, p. 35 - 44, 2003. (Série Registros).

NAKAGAWA, J.; MORI, E. S.; AMARAL, W. A. N.; MELLO, E. J. Envelhecimento acelerado em sementes de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden classificadas por tamanho. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 60, p. 99 – 108, 2001.

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, MG, v. 10, n. 1, p. 105-111, 1986.

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

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

PAULA, R. C. **Variabilidade genética para densidade básica da madeira e para características de crescimento e de eficiência nutricional em famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.** 1995. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

PAULA, R. C.; PAULA N. F.; VALERI S. V.; PESSÔA, M. C. C.; TOLFO, T. A. L. Controle genético da eficiência de utilização de fósforo em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus grandis*, em casa de vegetação. **Revista Àrvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 25-34, 2003.

PAULA, R. C. **Repetibilidade e divergência genética entre matrizes de *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae – Caesalpinioideae) por caracteres biométricos de frutos e de sementes e parâmetros da qualidade fisiológica de sementes.** 2007. 128 f. Tese (Livre-Docência em Silvicultura) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

PEREIRA, A. R.; BARROS, N. F.; ANDRADE, D. C. Concentração e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* em função da idade, cultivado na região do cerrado. In **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, Curitiba. Anais... p 19., 1983.

PEREZ, S. C. J. G. A.; NEGREIROS, G. F. Efeitos do pré-condicionamento na viabilidade e no vigor de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) em condições de estresse. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v 1. 23, n. 1, p. 175-183, 2001.

PEREIRA, A. R.; ANDRADE D, C.; LEAL, P. G. L.; TEXEIRA, N. C. S. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus saligna* cultivados na região de Cerrado de Minas Gerais. **Revista Floresta**. Viçosa, MG, v. 36, p. 570, 1985.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; VIEIRA, J. D. Teste de Germinação. In: PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. (Ed.). **Manual de análise de sementes florestais**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. p. 70-90.

PIZETTA, P. U. C.; FILHO, D. F. S.; PAULA, R. C. Efeito do envelhecimento acelerado sobre o comportamento germinativo de sementes de coração-de-negro (*Poecilanthe parviflora* Benth. – Fabaceae). **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 11, n. 2, p. 165, 2001.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

POULSEN, K. M.; PARRATT, M. J.; GOSLING, P. G. (Ed). **Tropical and sub-tropical tree and shrub seed handbook**. Zürich: International Seed Testing Association, 1998. 204 p.

POWELL, A. A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, v. 10, n. 2, p. 81-100, 1986.

PPI/PPIC. **North American Program**. s.d. 1978.

PRADO, J.; TORO, J. **Silvicultura of eucalypt plantations in Chile**. In: Nutrition of *Eucalyptus*, Collingwood. 1996, p. 357 – 369.

PRISCO, J. T.; ENÉAS FILHO, J. R.; GOMES FILHO, E. Effect of NaCl on cotyledon starch mobilization during germination of *Vigna unguiculata* (L.) Walp seed. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 63-71, 1981.

RAIJ, B. VAN.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Recomendações de adubação e**

calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: IAC/Fundação IAC, 1997. p. 1-42. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; CURTI, N. Mineral nutrition and fertilization of native tree species in Brazil: research progress and suggestions for management. **Journal of Sustainable Forestry**, New York, v. 20, n. 2, p. 45-81, 2005.

REZENDE, G. C.; GONÇALVES, J. C.; SIMÕES, J. W. Competição entre fertilizantes fosfatados em plantios de eucalipto. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 451-454, 1983.

SAMPAIO, N. V.; GIMENEZ-SAMPAIO, T.; DURAN, J. M. Estudo de variáveis na leitura de condutividade elétrica com um analisador automático de sementes modelo ASAC-1000. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 197-204, 1995.

SANTOS F. S.; PAULA R. C.; SABONARO D. Z.; VALADARES J. Biometria e qualidade fisiológica de sementes de diferentes matrizes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) Standl. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 163-173. 2009.

SANTOS, J. Z. L.; RESENDE, A. V., NETO, A. E. F., CORTE, E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 799-807, 2008.

SANTOS, S. R. G. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs**. 2004. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

SANTOS, S. R. G.; AGUIAR, I. B. Germinação de sementes de branquilha (*Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs) em função do substrato e do regime de temperatura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 120-126, 2000.

SANTOS, S. R. G.; PAULA, R. C. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Bail.) Smith & Downs (branquilha) – Euphorbiaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 136-145, 2005.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.

SCHWARTZ, S.; KAFKAFI, U. M G. Ca and K status of silage corn and wheat at periodic stages of growth in the field. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, p. 227-231, 1978.

SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 112-137, 1996.

SEBBENN, A. M. Tamanho amostral para conservação *ex situ* de espécies arbóreas com sistema misto de reprodução. **Revista do Instituto Florestal**. São Paulo, v. 15, n. 2, p. 147-162, 2003.

SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y.; VENCOSKY, R. Conservação genética *in situ* e número de matrizes para a coleta de sementes em população de *Genipa americana* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 13 – 22, 2003.

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

SILVA, B. M. S. **Morfo-anatomia e envelhecimento acelerado em diásporos de *Oenocarpus bacaba* Mart. – Arecaceae.** 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção e Tecnologia de Sementes)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos:** métodos químicos e biológicos. Viçosa, MG, Imprensa Universitária, 1981. 166 p.

SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N.; SILVEIRA, R. I.; BRANCO, E. F. Levantamento nutricional de florestas de *E. grandis* da região de Itatinga/SP. II. Micronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25. Viçosa, 1995a. **Resumos expandidos**, Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995a. p. 899-901.

SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N.; SILVEIRA, R. I.; BRANCO, E. F. Levantamento nutricional de florestas de *E. grandis* da região de Itatinga/SP. I. Macronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25. Viçosa, MG, 1995b. **Resumos expandidos**, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995b. p. 896-898.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; GONÇALVES, A. N.; MOREIRA, Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: Diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed). **Seja o doutor do seu eucalipto**. Piracicaba: Potafos, 2001. 32 p.

SILVEIRA, R. L. V. A.; TAKAHASHI, E. N.; SGARBI, F.; BRANCO, E. F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e boro em híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, **Anais...** Águas de Lindóia.

SIMÕES, J. W.; BRANDI, R. M.; LEITE, N. B.; BALLONI, E. A. Formação, manejo e exploração com espécies de rápido crescimento. Brasília: IBDF, 1981. 131 p.

SOTO, G, J, L; PAULA, R, C; VALERI, S, V. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart. Fabaceae-mimosoideae. **Revista Árvore**, v.4, p. 625-634, 2009.

SMETHURST, P. J.; WANG, B. Soil solution Phosphorus and *Eucalyptus nitens* roots in NP- treated microsites in highly phosphorus – fixing soil”. In: **New Zealand Journal of Forestry Science**, New Zealand, v. 28, n. 2, p. 140-151, 1998.

TEIXEIRA, J. L. **Conteúdo de nutrientes e produção de eucalipto em diferentes ambientes do Rio Doce-MG** Viçosa. 1987. 70 f. Tese (mestrado) Universidade Federal Viçosa. Viçosa, MG, 1987.

TEIXEIRA, P. C.; NOVAIS, R. F.; VALLE, C. F. Fontes e doses de fertilizantes fosfatados em plantações de *Eucalyptus grandis*. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25 REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6º REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO FERTIBIO 2000. **Sociedade Brasileira**.

TEKRONY, D. M. Accelerated aging. In: VAN DE VENTER, H. A. (Ed.). **Seed vigour testing seminar**. Copenhagen: The international Seed Testing Association, 1995. p. 53-72.

VALENTINI, S. R. T.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Aplicação do teste de vigor em sementes. In: SILVA, A.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). **Manual técnico de sementes florestais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1995. p. 75-84. (Série Registros, 14).

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, v. 49, p. 63-75, 1993.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L.; AGUIAR, I. B.; SOUZA, E. C. A; BANZATTO. Efeito do fósforo e calcário dolomítico no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden plantado em um Regossolo. **IPEF**, Piracivaba, v. 29, p. 55-60, 1985.

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-132

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de Condutividade Elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Brasília: Abrates, 1999. p. 4.1- 4.26.

VIEIRA, R. D; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p. 133-135.

VOGEL, H. L. M. V. Utilização de vermicomposto no crescimento de mudas de *Havenia dulcis* Thunberg. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 21-27, 2001.

WOODSTOCK, L. W.; FURMAN, K.; LEFFLER, H. R. Relationship between weathering deterioration and germination, respiratory metabolism, and mineral leaching from cotton seeds. **Crop Science**, Madison, v. 25, p. 459-466, 1985.

ZOBEL, B. **Florestas baseadas em exóticas**. Viçosa, MG: SIF, 1979. 9 p. (Boletim técnico, 3).