

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

APLICAÇÃO DE FÓSFORO E POTÁSSIO NA
IMPLANTAÇÃO DE *Corymbia citriodora* (HOOK.) K.D. HILL
& L.A.S. JOHNSON

Gabriel Biagiotti
Engenheiro Florestal

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**APLICAÇÃO DE FÓSFORO E POTÁSSIO NA
IMPLANTAÇÃO DE *Corymbia citriodora* (HOOK.) K.D. HILL
& L.A.S. JOHNSON**

Gabriel Biagiotti

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).

2015

Biagiotti, Gabriel
B576a Aplicação de fósforo e potássio na implantação de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson / Gabriel Biagiotti. – – Jaboticabal, 2015
x, 49 p. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015
Orientador: Sérgio Valiengo Valeri
Banca examinadora: Rinaldo Cesar de Paula, Mara Cristina Pessoa da Cruz, Vitor Corrêa de Mattos Barretto, Iraê Amaral Guerrini
Bibliografia

1. Fertilização florestal. 2. Argissolo. 3. Biomassa. 4. Eucalipto I.
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.81:582.776

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

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA****CAMPUS DE JABOTICABAL****FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL****CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO: APLICAÇÃO DE FÓSFORO E POTÁSSIO NA IMPLANTAÇÃO DE *Corymbia citriodora* (HOOK.) K.D. HILL & L.A.S. JOHNSON

AUTOR: GABRIEL BIAGIOTTI

ORIENTADOR: Prof. Dr. SERGIO VALIENGO VALERI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. SERGIO VALIENGO VALERI

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. RINALDO CÉSAR DE PAULA

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. VITOR CORREA DE MATTOS BARRETTO

Universidade Estadual de Goiás / Ipameri/GO

Prof. Dr. IRAE AMARAL GUERRINI

Departamento de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrícolas de Botucatu

Data da realização: 22 de janeiro de 2015.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

GABRIEL BIAGIOTTI - filho de José Roberto Biagiotti e Maria Aparecida Machado Biagiotti, nascido em 21 de maio de 1985 na cidade de Ribeirão Preto, São Paulo. Formou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras, em janeiro de 2009. Obteve o título de Mestre em Engenharia Florestal (Ciências Florestais), na Universidade Federal de Lavras em janeiro de 2011. No mesmo ano iniciou o doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal. Atualmente é consultor técnico da empresa Unibrás Agro Química em Ribeirão Preto, SP.

Aos meus pais,
José Roberto e Maria que comigo sempre
sonharam com este grande momento;

Aos meus irmãos e cunhada,
Arthur, Daniel e Leilane, pelo carinho,
incentivo e amizade;

À minha esposa Andréa,
pelo amor, incentivo e compreensão nos
momentos decisivos desse trabalho;

A todos os meus familiares,
avôs, tios, primos pela torcida e apoio.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, que sempre esteve ao meu lado e me concedeu a realização desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Sérgio Valiengo Valeri, pela orientação, amizade, dedicação, ensinamentos, compreensão e incentivo durante todo o curso.

Aos membros da banca examinadora: Dr. Iraê Amaral Guerrini, Dr. Vitor Correa de Mattos Barretto, Dr. Rinaldo César de Paula e Dra. Mara Cristina Pessoa da Cruz pelas sugestões e orientações.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal e aos professores do programa de pós-graduação, pelo aperfeiçoamento profissional.

Aos amigos da FCAV/UNESP: Rodrigo, Bruna, Caio, Mauro, Fernando, Roberto Carlos que me ajudaram em diversas etapas desse trabalho.

Aos colegas de trabalho e diretoria da Unibrás Agro Química pelo apoio e incentivo.

Ao sr. Paulo Aparecido Bertate e sr. Renato Bertate proprietários da Fazenda São Gabriel, por conceder a oportunidade de realizarmos esse trabalho.

E a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
1.1 REFERÊNCIAS.....	5
CAPÍTULO 2 – Doses de fósforo na implantação de <i>Corymbia citriodora</i>	9
2.1 INTRODUÇÃO.....	10
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	11
2.2.1 Localização	11
2.2.2 Preparo do solo e Aplicação de corretivos	12
2.2.3 Tratamentos	13
2.2.4 Avaliações e Análises Estatísticas	14
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
2.4 CONCLUSÕES.....	30
2.5 REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO 3 – Doses de potássio na implantação de <i>Corymbia citriodora</i>	33
3.1 INTRODUÇÃO.....	34
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	35
3.2.1 Localização	35
3.2.2 Preparo do solo e Aplicação de corretivos	36
3.2.3 Tratamentos	36
3.2.4 Avaliações e Análises Estatísticas	37
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
3.4 CONCLUSÕES.....	46
3.5 REFERÊNCIAS	46

APLICAÇÃO DE FÓSFORO E POTÁSSIO NA IMPLANTAÇÃO DE *Corymbia citriodora* (HOOK.) K.D. HILL & L.A.S. JOHNSON

RESUMO – A adubação de implantação florestal pode favorecer o crescimento inicial e o estabelecimento das árvores em um reflorestamento. *Corymbia citriodora* é uma das espécies madeiráveis mais plantadas no Brasil para diversos fins comerciais. Foram conduzidos experimentos em condições de campo com objetivo de verificar os efeitos de doses de fósforo e potássio no crescimento, concentração dos nutrientes nas folhas e produção de biomassa de madeira de *C. citriodora* na fase de implantação. No experimento de fósforo foram aplicados 0, 10, 20, 30, 40 e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no plantio e no experimento de potássio foram aplicados 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de K₂O em três etapas, plantio, 3 e 6 meses de idade. Os experimentos foram realizados em Argissolo Vermelho Amarelo textura arenosa. As mudas foram plantadas no espaçamento de 3 x 2 m e o delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Os resultados indicam que, após um ano da implantação, a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ promoveu o maior crescimento das plantas e a maior produção de biomassa de madeira, possibilitando um incremento de 65% na produção de madeira em relação ao tratamento controle. No experimento de potássio, a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de K₂O resultou em incremento de 75% na produção de madeira no primeiro ano.

Palavras-Chave: Fertilização florestal, Argissolo, biomassa, eucalipto

**PHOSPHORUS AND POTASSIUM FERTILIZATION IN *Corymbia citriodora*
(HOOK.) K.D. HILL & L.A.S. JOHNSON IMPLEMENTATION**

ABSTRACT - The forest fertilization at implementation can promote early growth and the establishment of trees in a reforestation. *Corymbia citriodora* is one of the most timber species planted in Brazil for several commercial purposes. Experiments were conducted under field conditions in order to verify the effects of phosphorus and potassium on growth, nutrient concentration of leaves, and production of *C. citriodora* wood biomass at the implementation phase. At the phosphorus experiment 0, 10, 20, 30, 40, and 50 kg ha⁻¹ of P₂O₅ were applied at planting and at the potassium experiment 0, 30, 60, 90, 120, and 150 kg ha⁻¹ of K₂O were applied in three times: planting, 3 and 6 months of age. The experiments were performed in Argissolo Vermelho Amarelo (Ultisol). The seedlings were planted in 3 x 2 m spacing. The experimental design was the randomized block, with six treatments and four replications. The results indicated that after a year of implementation, the application of 30 kg ha⁻¹ of P₂O₅ promoted greater plant growth and it increased the wood biomass production, allowing a wood increase of 65% when compared to the control. In the potassium experiment, the application of 90 kg ha⁻¹ of K₂O promoted an increase of 75% in wood production in the first year

Keywords: Forest fertilization, Ultisol, biomass, *Eucalyptus*

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

O cenário atual do setor florestal brasileiro indica que em 2013 a área ocupada por plantios florestais correspondia a cerca de 7,6 milhões de hectares, dos quais 72% eram áreas de plantios de *Eucalyptus*, 20% de *Pinus* e o restante de outras espécies como Acácia, Teca, Seringueira e Paricá (IBA, 2014). As florestas plantadas de eucalipto possuem importante papel na sustentabilidade da produção florestal mundial em função da sua capacidade de atender à crescente demanda por produtos madeireiros, aliviando a pressão sobre as florestas nativas.

As indústrias de celulose e papel, siderurgias e painéis de madeira são os principais consumidores de eucalipto, responsável pela crescente demanda de madeira no Brasil. A fim de atender essa demanda, empresas do setor florestal e instituições de pesquisa estão pesquisando métodos para aumentar a produtividade dos povoamentos florestais, investindo em técnicas de melhoramento genético, preparo do solo e fertilização mineral.

O gênero *Eucalyptus*, descrito por Charles-Louis L'Héritier de Brutelle, pertence à família Myrtaceae, é original da Austrália e Oceania e possui cerca de 900 espécies (BOLAND et al., 2006). Foi introduzido no Brasil por Edmundo Navarro de Andrade a mais de 100 anos, com o intuito de obter matéria-prima para a produção de lenha e dormentes para a Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Na década de 20, a produtividade das espécies de eucalipto era de 17 a 20 m³ (ha ano)⁻¹. Atualmente são produzidos aproximadamente 42 m³ (ha ano)⁻¹ de madeira, sendo que em algumas localidades podem chegar a 100 m³ (ha ano)⁻¹. Estima-se que os programas de melhoramento genético são responsáveis por 50% desse avanço e os outros 50% ao aprimoramento de técnicas de implantação como o preparo do solo e fertilização (ESPECIAL, 2014).

As espécies de eucalipto mais plantadas no Brasil para fins comerciais são *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. saligna* e *E. camandulensis* (MORA; GARCIA, 2000) pertencente ao subgênero *Symphyomyrtus*. Estudos recentes, baseados em características morfológicas e moleculares, excluíram do gênero *Eucalyptus* algumas espécies chamadas de “bloodwood”. Essas espécies excluídas passaram a fazer parte do gênero *Corymbia* (BROOKER; KLEINING, 2004), sendo que as espécies mais plantadas no Brasil são *Corymbia citriodora*,

Corymbia maculata e *Corymbia torelliana*. Apesar da mudança na taxonomia essas espécies continuam conhecidas como eucaliptos.

As plantas de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson (eucalipto citriodora) são excelentes produtoras de madeira para construção civil, dormentes, postes, mourões de cerca e carvão vegetal. Sua madeira apresenta boa resistência física, elevada densidade básica, alta durabilidade e elevado grau de rendimento na serraria (IPT, 2014). Da mesma forma, as folhas desta espécie são comercializadas para a produção de essências e óleos. Segundo Vieira (2004), a área plantada de citriodora no Brasil ocupava aproximadamente 85.000 ha, sendo que no estado de São Paulo 10.000 ha (KRONKA, 2002) e no Mato Grosso cerca de 12.500 ha (SHIMIZU; KLEIN e OLIVEIRA, 2007).

Atualmente, os estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul representam as maiores áreas com reflorestamentos de *Eucalyptus sp.* (IBA, 2014). Esses reflorestamentos comerciais têm se concentrado em áreas com solos arenosos, ácidos e de baixa fertilidade, como os Argissolos e os Neossolos Quartzarênicos (STAPE et al., 2010; SILVA et al., 2013). Estas áreas necessitam ser manejadas com técnicas de preparo do solo (cultivo mínimo) e adubação para garantir boas produtividades. Para suprir a demanda nutricional dos plantios florestais são necessárias estratégias de uso correto dos fertilizantes, pois alguns estudos já indicam esgotamento de fontes de nutrientes como o fósforo (P) e potássio (K) (FAO, 2008) acarretando no aumento do preço dos fertilizantes (SMETHURST, 2010; FIXEN; JOHNSTON, 2012).

As recomendações de fertilização têm sido baseadas em modelos de entrada e saída dos nutrientes (BARROS et al., 1995) e tabelas de níveis críticos de nutrientes no solo (GONÇALVES et al., 1996). Entretanto, a definição do melhor modelo é questionável em cada situação. O conhecimento dos níveis críticos dos nutrientes nas plantas e no solo permite uma adubação correta e sustentável. O nível crítico no solo corresponde ao teor do nutriente abaixo do qual o crescimento e ou produção vegetal é comprometido, necessitando de adubação (ALVAREZ V., 1996).

Geralmente, as espécies de *Eucalyptus* apresentam tolerância à acidez do solo por alumínio e baixa exigência nutricional, porém, em busca de altas produtividades e garantia de investimentos, o uso de corretivos e adubos minerais têm sido uma pratica comum da silvicultura (PALLET; SALE, 2004;

BOUILLET et al., 2004). A fertilização é uma das operações silviculturais de maior impacto na produtividade e na sustentabilidade dos sítios, e corresponde a cerca de 25% do gasto total no estabelecimento da floresta de *Eucalyptus*. A produtividade de madeira, com uma adequada adubação, pode chegar ao dobro de uma área não adubada (STAPE et al., 2010). No Brasil, alguns estudos em escala experimental têm demonstrado que os níveis de fertilização utilizados atualmente em *Eucalyptus* são adequados (RYAN et al., 2010). Entretanto, em escala comercial, tem se mostrado necessário 30% a mais de fertilização, provavelmente devido falhas operacionais, como métodos e equipamentos de aplicação e variações edafoclimáticas. (FERREIRA; STAPE, 2010).

Rocha et al. (2008) verificaram que a calagem é uma prática recomendada para a cultura do eucalipto e que, em Latossolo húmico com saturação por base equivalente a 64%, promove melhor crescimento inicial e nutrição das plantas de eucalipto. Silva et al. (2007) verificaram em solos ácidos, que os níveis críticos de P no solo são influenciados pelos níveis de saturação por bases.

Em solos ácidos, a calagem é uma estratégia empregada para aumentar a disponibilidade de fósforo para as plantas, uma vez que, com o aumento do valor de pH, há um aumento na densidade de cargas negativas nas superfícies dos colóides do solo, o que acarreta maior repulsão (menor adsorção) entre o fosfato e a superfície adsorvente (BARROW, 1985), reduzindo a capacidade máxima de adsorção de fósforo do solo (NOVAIS; SMYTH, 1999).

A produtividade dos reflorestamentos com espécies de crescimento rápido é altamente influenciada pela disponibilidade de água e nutrientes no solo (BARROS; COMENFORD, 2002). Em condições limitantes de P no solo, 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 (GONÇALVES; PASSOS, 2000). Sabe-se que as espécies de eucalipto apresentam maior exigência desse nutriente quanto mais jovens são as plantas, ou seja, o nível crítico é maior na fase de implantação, diminuindo ao longo da idade do povoamento (NOVAIS; RÉGO e GOMES, 1982). O nível crítico deste nutriente no solo pode ser influenciado pelo teor de argila e pelo tipo de extrator

utilizado (ISMAEL et al., 1998). Portanto, uma adequada adubação fosfatada no plantio pode garantir altos índices de sobrevivência e produtividade.

Plantas bem nutridas facilitam a aclimação às condições de baixa disponibilidade hídrica em períodos de seca, o que reduz o grau de comprometimento da produtividade da cultura. A aplicação de potássio pode promover maior eficiência do uso de água pelas plantas e a manutenção da turgidez dos tecidos vegetais. Nesse sentido, o nutriente potássio participa de diversos processos fisiológicos como ativação enzimática, expansão celular, transporte metabólico e controle estomático (MAATHUIS, 2009; MARSCHNER, 2012).

O nível crítico de K no solo para a cultura do eucalipto aumenta com acúmulo de biomassa, ou seja, com a idade do povoamento (NOVAIS; BARROS e NEVES, 1990). Estudos com adubação potássica em plantios de eucalipto mostram um aumento no crescimento em diâmetro e, conseqüentemente no volume das árvores, tanto em regime de alto fuste como na condução de brotações (FARIA et al., 2002; LACLAU et al., 2009; SETTE JÚNIOR et al., 2010).

O conhecimento do estado nutricional dos reflorestamentos possibilita criar estratégias de adubação bem como técnicas de colheita, que reduzam a remoção dos nutrientes da área. As alocações dos nutrientes pelas plantas de eucalipto têm uma relação positiva e direta com a produção de biomassa (SANTANA et al., 2008) com isso, o sucesso para a produtividade da cultura depende dos estudos de manejo de fertilizantes para os tipos de solo e das exigências nutricionais das diferentes espécies (GRACIANO et al., 2006; FERREIRA; STAPE, 2009; STAPE et al., 2010; SILVA et al., 2013).

Muitos trabalhos foram realizados para verificar a exigência nutricional e a probabilidade de resposta à fertilização de espécies de eucalipto, mas ainda são escassos estudos mais específicos para a cultura da *C. citriodora*, que visa à produção de madeira de maior densidade. O objetivo desse trabalho foi verificar os efeitos da adubação de fósforo e potássio na implantação de povoamentos de *Corymbia citriodora*.

1.1 REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V. H. **Correlação e calibração de métodos de análise de solos**. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F. & FONTES, M. P. F., eds. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.615-645.

BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ V. V. H et al. (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2002, p. 487-592.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; TEIXEIRA, J. L.; FERNANDES FILHO, E. I. NUTRICALC 2.0 – Sistema para cálculo del balance nutricional y recomendación de fertilizantes para el cultivo de eucalipto. **Bosque**, Valdivia, v. 16, p. 129-131, 1995.

BARROW, N. J. Reaction of anions and cations with variable-charge soils. **Advances in Agronomy**, New York, v. 38, p. 183-230, 1985.

BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; MCDONALD, M. W.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. 5th ed. Collingwood: CSIRO, 2006. 736p.

BOUILLET, J. P.; MATONDO, R. S., LACLAU, J. P.; NZILA, J. D.; RANGER, J.; DELEPORTE, P. Fertilization: a crucial factor for the sustainability of *Eucalyptus* plantations in the Congo. **Bois et Forêts des Tropiques**, Montpellier, v. 279, p. 23-25, 2004.

BROOKER, M. I. H.; KLEINIG, D. A. **Field guide to eucalypts**. Melbourne, Bloomings Book, v. 2, p. 383, 2004.

ESPECIAL. **Referência Florestal**, Curitiba, v. 16, n. 153, p. 52-60, jul. 2014.

FAO. **Current world fertilizer trends and outlook to 2011/12**. Rome: FAO, 2008.

FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LIMA, J. C.; TEIXEIRA, J. L.. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta a adubação potássica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 5, p.577-584, 2002.

FERREIRA, A.; STAPE, J. L. Productivity gains by fertilisation in *Eucalyptus urophylla* clonal plantations across gradients in site and stand conditions. **Southern Forests**, Grahamstown, v. 71, p. 253–258, 2009.

FIXEN, P. E.; JOHNSTON, A. M. World fertilizer nutrient reserves: a view to the future. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 92, n. 5, p. 1001-1005, 2012.

GONÇALVES, J. L. M.; RAIJ, B. GONÇALVES, J. C. Florestais. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC (Boletim 100), p. 245-259, 1996.

GONÇALVES, R. M.; PASSOS, C. M. A. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 145-161, 2000.

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

IBA – Indústria brasileira de arvores. **Anuário 2014**. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/shared/iba_2014_pt.pdf>. Acesso em 10/11/2014.

IPT – Institutos de Pesquisas Tecnológicas. **Informações sobre madeiras**. Disponível em: <http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/12.htm>. Acesso em 10/11/2014.

ISMAEL, J. J.; VALERI, S. V.; CORRADINI, L.; ALVARENGA, S. F.; VALLE, C. F.; FERREIRA, M. E.; BANZATTO, D. A. Níveis críticos de fósforo no solo e nas folhas para a implantação de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, em quatro tipos de solos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 54, p. 29-40, 1998.

KRONKA, F. J. N. **Inventário florestal das áreas de reflorestamentos no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente/Instituto Florestal, 2002. 148p.

LACLAU, J. P.; ALMEIDA, J. C. R.; GONÇALVES, J. L. M.; SAINT-ANDRÉ, L.; VENTURA, M.; RANGER, J.; MOREIRA, R. M.; NOUVELLON, Y. Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf lifespan and allocation of above-ground growth in *Eucalyptus* plantations. **Tree Physiology**, Dordrecht, v. 29, p. 111-124, 2009.

MAATHUIS, F. J. M. Physiological functions of mineral macronutrients. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 12, n. 3, p. 250-258, 2009.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. San Diego: Academic Press, 2012. 651 p.

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

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

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.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

PALLET, R. N. ; SALE, G., The relative contributions of tree improvement and cultural practice toward productivity gains in Eucalyptus pulpwood stands. **Forest Ecology and Mangment**, Amsterdam, v. 193, p.33-43, 2004

RYAN, M. G.; STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M. A.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C. Factors controlling *Eucalyptus* productivity: how resource availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1695–1703, 2010.

ROCHA, J. B. O.; POZZA, A. A. A. ; CARVALHO, J. G. ; SILVA, C. A. ; CURI, N. Efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto a campo em Latossolo húmico da Zona da Mata (MG). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n.80, p. 255-263, 2008.

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

SETTE JÚNIOR, C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. Ex. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 6, p. 979-990, 2010.

SHIMIZU, J. Y.; KLEIN, H.; OLIVEIRA, J. R. V. **Diagnóstico das plantações florestais em Mato Grosso**. Cuiabá, MT: Central de texto. 2007. 62p.

SILVA, C. A.; RANGEL, O. J. P.; BELIZÁRIO, M. H. Interação calagem-adubação fosfatada e sua influência nos níveis críticos de P e crescimento do eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 73, p.63-72, 2007.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F. LIBARDI, P. L.; GONÇALVES, A. N. Fertilizer management of eucalypt plantations on sandy soil in Brazil: Initial growth and nutrient cycling. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 301, p. 67-78, 2013.

SMETHURST, P. J. Forest fertilization: Trends in knowledge and practice compared to agriculture. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 335, n. 1-2, p. 83-100, 2010.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M. A.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C.; AZEVEDO, M. R. The Brazil Eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1684–1694, 2010.

VIEIRA, I. G. **Estudo de caracteres silviculturais e de produção de óleo essencial de progênies de *Corymbia citriodora* (Hook) K.D.Hill & L.A.S. Johnson procedente de Anhembi SP - Brasil, Ex. Atherton QLD - Austrália. 2004.** 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CAPÍTULO 2 – Doses de fósforo na implantação de *Corymbia citriodora*

RESUMO - A aplicação de adubos fosfatados na implantação de florestas de eucalipto pode garantir uma maior sobrevivência das mudas e aumento de produtividade. O presente trabalho teve por objetivo verificar os efeitos da aplicação de doses de fósforo no crescimento, concentração do nutriente nas folhas e produção de biomassa de madeira de *Corymbia citriodora* na fase de implantação. Foram aplicadas doses de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em Argissolo Vermelho Amarelo textura arenosa e as mudas foram plantadas no espaçamento de 3 x 2 m. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições. Foram feitas avaliações de altura e diâmetro do caule aos 3, 6, 9 e 12 meses após plantio. Também aos 12 meses, foi determinada a concentração de fósforo nas folhas, a densidade básica da madeira, o volume de madeira por hectare e a produção de biomassa de madeira por hectare. Verificou-se efeito dos tratamentos nas variáveis de crescimento, volume e produção de biomassa das plantas. Os resultados indicam que, após um ano da implantação, a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no plantio, promoveu o maior crescimento das plantas e a maior produção de biomassa possibilitando um incremento de 65% na produção de madeira em relação ao tratamento controle.

Palavras-chave: Eucalipto, Argissolo, adubação fosfatada, crescimento

2.1 INTRODUÇÃO

Corymbia citriodora (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson está entre as espécies madeiráveis mais plantadas no Brasil, por apresentar alta capacidade de adaptação edafoclimática e características silviculturais que facilitam seu manejo (MORAIS et al., 2010), bem como por sua excelente qualidade de madeira e possibilidade de usos diversos (ARAUJO et al., 2012).

Os solos destinados a plantios florestais geralmente são solos ácidos, arenosos e de baixa fertilidade, portanto dependentes de um manejo adequado dos corretivos e fertilizantes para garantir boa produtividade (FERREIRA; STAPE, 2009; SILVA et al., 2013). O conhecimento dos níveis críticos dos nutrientes nas plantas e no solo permite uma adubação correta e sustentável. Em solos tropicais, devido à baixa mobilidade do fósforo (P), o nível crítico deste nutriente pode ser influenciado pelo teor de argila e pelo tipo de extrator analisado (ISMAEL et al., 1998). Sabe-se que, em solos arenosos, o nível crítico desse nutriente é maior que em solos argilosos, explicado pela capacidade tampão do solo refletido por suas características físicas e químicas (NEVES, 1983). Em plantas de eucalipto, o nível crítico de P no solo é maior na fase jovem, diminuindo ao longo do tempo, pois, com o crescimento das raízes, há uma exploração maior de volume de solo que possibilita maior absorção desse nutriente. Assim, Novais, Barros e Neves (1986) estimaram que o nível crítico de P no solo na implantação de *Eucalyptus sp.* é de 80 e 60 mg dm⁻³ (Mehlich-1), respectivamente em solos arenosos e argilosos, considerando plantas com 45 dias após a semeadura. No entanto, em condições de campo, Ismael et al. (1998) estimou que os níveis críticos de fósforo para o crescimento em altura de *E. grandis* aos 6 meses de idade em Latossolo, foi de 8 mg dm⁻³ (Mehlich-1) e de 13 mg dm⁻³ (resina). Em relação ao crescimento em diâmetro o nível crítico estimado foi de 6 mg dm⁻³ (Mehlich-1) e de 11 mg dm⁻³ (resina). Na fase de manutenção, o nível crítico de P no solo para gerar produtividades de 50 m³ (ha ano)⁻¹ em solos argilosos foi estimado em 4,5 mg dm⁻³ (Mehlich-1), e em solos arenosos foi de 6,5 mg dm⁻³ (NOVAIS; BARROS e NEVES, 1986).

O fósforo é um dos mais importantes nutrientes para as plantas, pois pode limitar ou garantir altas produtividades florestais (GONÇALVES et al., 2008) e, portanto, muitas vezes são necessárias grandes aplicações de adubos no solo (BOUILET et al., 2004). A adubação florestal de implantação é fundamental para

o estabelecimento das mudas e pode maximizar sua produtividade. O conhecimento das características nutricionais e de exportação dos nutrientes pelas plantas permite criar estratégias de aplicação de adubos e técnicas de colheita dos reflorestamentos (SANTANA et al., 2008).

Alguns estudos foram realizados para verificar a exigência nutricional, e a probabilidade de resposta à adubação de espécies de eucalipto (CROMER et al., 2002, STAPE et al., 2010; SILVA et al., 2013), mas ainda há necessidade de estudos mais específicos para a cultura da *C. citriodora* que visa a produção de madeira de maior densidade.

Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo verificar os efeitos da aplicação de doses de fósforo no crescimento, concentração do nutriente nas folhas e produção de biomassa de madeira de *Corymbia citriodora* na fase de implantação.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Localização

Foram conduzidos experimentos na Fazenda São Gabriel município de Monte Alto - SP com as coordenadas 21°17'30'' S e 48°28'50'' W. Foram selecionadas três áreas (A1, A2 e A3) para a instalação dos experimentos de fósforo, respectivamente, denominados de E1, E2 e E3 (Figura 1). O clima da região é classificado como Cwa - mesotérmico de inverno seco, pelo sistema internacional de Köppen, apresentando temperaturas médias anuais máxima de 28 °C e mínima de 15 °C. A precipitação média anual é de aproximadamente 1440 mm, com 85% do total de chuvas concentradas nos meses de outubro a março. A umidade relativa média do ar é de 75% (CEPAGRI, 2014). O solo da região é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo textura arenosa e relevo suave ondulado (PVA3) segundo Oliveira et al. (1999). As áreas dos experimentos permaneceram sem cultivo e adubação por mais de 10 anos. Em dezembro de 2011, foi feita uma dissecação na área com capina química, aplicação de glifosato e em seguida retirada do material vegetal.

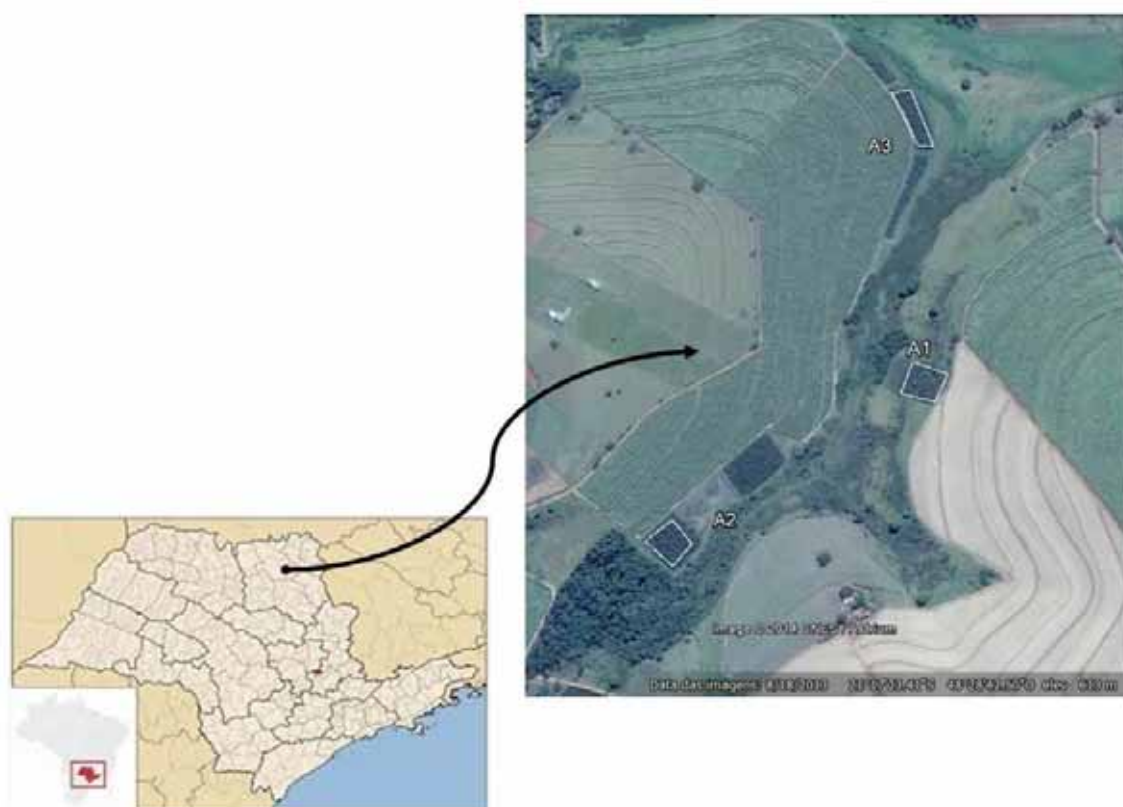


Figura 1. Localização dos experimentos de aplicação de fósforo (E1 - A1, E2 - A2 e E3 - A3) para a cultura de *Corymbia citriodora*, localizadas na Fazenda São Gabriel em Monte Alto - SP, coordenadas 21°17'30''S e 48°28'50''W.

2.2.2 Preparo do solo e Aplicação de corretivos

Foi feita amostragem de solo em dezembro de 2011, coletando-se 21 sub-amostras ao acaso na profundidade de 0-20 cm em cada área experimental. As amostras foram e levadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Estadual Paulista – FCAV. Os resultados das análises granulométrica e de fertilidade segundo metodologias de Camargo et al. (2009) e Raj et al. (2001) estão apresentados na Tabela 1. Com os resultados de fertilidade, verificou-se a necessidade de calagem nas áreas dos experimentos E2 e E3. O calcário com PNRT 90% foi aplicado em janeiro de 2012, a lancha em área total e incorporado ao solo para elevar o índice de saturação por bases a 50% de acordo com a classe de interpretação e como segue as recomendações de calagem e adubação para cultura de eucalipto (GONÇALVES et al., 1996). Após aplicação do calcário, foi realizada uma gradagem para incorporação e após 7 dias foi aberto um sulco contínuo de 30 cm de profundidade determinando as linhas de

plantio, no espaçamento de 3 m entre linhas, com o uso de sulcador tracionado por trator.

Tabela 1. Resultado das análises granulométrica e química das amostras de solo, coletadas na camada de 0 a 20 cm, referente às respectivas áreas experimentais E1, E2 e E3, Monte Alto - SP, 2013.

Granulometria (Dispersão com NaOH 1mol L ⁻¹) g kg ⁻¹											
	Areia grossa	Areia fina		Argila		Silte			Classe Textural		
	2-0,20mm	0,20-0,05mm		< 0,002mm		0,05-0,002mm					
E1	408	409		131		52			Franco arenoso		
E2	445	406		105		44			Areia franca		
E3	367	446		103		84			Areia franca		
Fertilidade											
	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	H+Al	CTC	V	P	B	MO
		----- mmol _c dm ⁻³ -----						%	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	
		--									
E1	4,8	16	3	3	28	25	53	52,6	4	0,08	19
E2	4,3	7	4	1,4	12	26	38	31,9	2	0,03	12
E3	4,2	5	3	1,2	9	27	36	25,1	4	0,07	12

2.2.3 Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos de seis doses de P na forma de superfosfato triplo (0, 10, 20, 30, 40, 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e o delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Todos os tratamentos receberam uma adubação básica de 30 kg ha⁻¹ de K₂O com o uso de cloreto de potássio, 40 kg ha⁻¹ de N com uréia e 1 kg ha⁻¹ de B com uso do ácido bórico. A quantidade de adubo por planta foi distribuída manualmente no sulco e incorporada ao solo num raio de 50 cm do local da muda. A aplicação de nitrogênio e potássio foi parcelada, distribuindo-se 1/3 da dose por planta antes do plantio.

Mudas de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson com 90 dias de idade, altura média de 48 cm e diâmetro do colo de 4 mm, formadas a partir de sementes coletadas de árvores matrizes da área de produção de sementes da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, foram

plantadas no espaçamento de 3 m x 2 m no período de 5 a 10 de março de 2012. Após o plantio das mudas, foram realizadas irrigações com uso de carreta pipa tracionada por trator, aplicando-se aproximadamente 5 litros de água a cada dois dias por cerca de 15 dias, até o estabelecimento das mudas. Foram feitas adubações de cobertura aos 6 e 9 meses após o plantio com os restantes das doses de nitrogênio e potássio localizadas em duas “covetas” laterais distantes aproximadamente 15 cm da muda. O boro foi aplicado aos 6 meses após o plantio, de forma superficial a 15 cm do caule da muda.

Cada área experimental ocupou 5.184 m² sendo cada parcela formada por seis plantas em seis linhas de plantio, com uma superfície de 216 m². A área útil das parcelas para obtenção dos dados equivale apenas as 16 plantas centrais, descontando-se a bordadura simples, totalizando uma área de 96 m².

2.2.4 Avaliações e Análises Estatísticas

Foram feitas avaliações de altura das plantas e diâmetro do caule aos 3, 6, 9 e 12 meses de idade. Avaliou-se o volume cilíndrico das árvores por hectare, com base nos valores de DAP (diâmetro a 1,3 m do solo) e altura total das árvores da parcela, medido aos 12 meses. Também aos 12 meses, foi cortada uma árvore de diâmetro médio por parcela para determinar o volume do caule com casca e sem casca até o diâmetro mínimo de 5 cm. Estimou-se o volume de madeira em m³ por hectare com base no volume real calculado pela cubagem rigorosa, seguindo fórmula de Smalian, até o diâmetro mínimo de 5 cm. Determinou-se também aos 12 meses a densidade básica da madeira com base no método da balança hidrostática descrito por Ferreira (1970), onde foi obtido do caule um disco de espessura média de 2,5 cm na altura do DAP. A partir dos dados de volume do caule e densidade básica da madeira determinou-se a massa de matéria seca do caule (biomassa de madeira) por hectare.

Para determinar as concentrações de fósforo nas folhas, aos 12 meses foi obtida amostra composta de aproximadamente 200 g de folhas por parcela, coletadas do terço superior e dos quatro pontos cardeais das copas de quatro árvores médias existentes dentro da área útil da parcela, seguindo metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). As amostras compostas foram lavadas com água de torneira e com água deionizada. Em seguida, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa com circulação

forçada de ar a 70 °C até atingir massa constante. Depois foram processadas em moinho de aço inoxidável do tipo Willey, com peneira de 20 mesh, de acordo com as instruções de Bataglia et al. (1983).

Os dados das características avaliadas em função das doses de P foram submetidos à análise de variância pelo teste F, de forma conjunta dos experimentos, no esquema fatorial 3 (Experimentos) x 6 (doses de P). Foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) para comparar diferenças entre as médias dos três experimentos. Os efeitos das doses de P nas características da planta foram estudados por equações de regressão polinomial. Para cada característica avaliada, se observada interação entre doses e experimentos, foram apresentadas as equações para cada experimento e as que não apresentaram interação significativa, foram apresentadas regressões polinomiais com os dados dos três experimentos.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito das doses de fósforo no crescimento em diâmetro do caule e altura das plantas em todos os experimentos e épocas avaliadas (Tabelas 2 e 3). Nas avaliações aos 6, 9 e 12 meses de idade, houve diferenças entre experimentos e efeito significativo da interação doses de P e experimentos para variável diâmetro. Para a variável altura, houve diferenças entre experimentos aos 3, 6, 9 e 12 meses e interação doses de P e experimentos aos 6, 9 e 12 meses. Aos 3 meses de idade, as árvores do experimento E1 cresceram mais em altura do que as do E3; aos 6 meses, as árvores do E2 cresceram mais em diâmetro do que as do E1 e mais em altura que o E3; aos 9 meses, as árvores do E2 e E3 cresceram mais em diâmetro do que as do E1 e as árvores do E2 cresceram mais em altura do que as do E1 e E3; aos 12 meses, tanto para diâmetro como para altura, houve diminuição significativa nos valores entre experimentos, seguindo esta ordem: $E3 > E2 > E1$. O maior crescimento das árvores do experimento E3 se deve provavelmente pela área estar localizada na cota mais baixa do terreno e maior proximidade do curso d'água, onde o solo é mais úmido do que nas áreas dos experimentos E1 e E2 (Tabela 2 e 3).

Na avaliação aos três meses, como a interação doses de P e experimentos não foi significativa, o crescimento em diâmetro e altura foi estimado utilizando os dados dos três experimentos E1, E2 e E3 e explicado por equações de segundo grau, onde máximo crescimento em diâmetro (17 mm) e altura (1,40 m) foi estimado com as doses respectivas de 36,1 e 36,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 2).

Tabela 2. Médias e resumo da análise de variância do diâmetro do caule das plantas de *Corymbia citriodora* dos experimentos E1, E2 e E3 em função das doses de fósforo aos 3, 6, 9 e 12 meses de idade em Monte Alto - SP, 2013.

Diâmetro (mm)																			
3 meses ¹					6 meses ²					9 meses ²					12 meses ²				
					Experimentos														
Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)																			
	E1	E2	E3	médias	E1	E2	E3	médias	E1	E2	E3	médias	E1	E2	E3	médias			
0	14,36	14,00	15,04	14,47	27,07	28,54	30,53	28,71	29,44	37,13	39,87	35,47	43,06	54,43	61,70	53,06			
10	16,76	16,56	16,03	16,45	30,86	31,28	31,42	31,18	34,13	42,22	42,46	39,60	46,29	59,41	62,64	56,11			
20	16,07	16,12	16,38	16,19	30,59	32,47	31,63	31,56	33,64	44,17	43,99	40,59	46,35	60,72	62,40	56,48			
30	16,83	16,76	16,81	16,83	31,96	33,70	32,86	32,83	35,88	46,31	42,59	41,59	46,67	61,84	60,83	56,44			
40	17,06	17,89	16,48	17,14	32,21	33,73	33,17	33,03	35,82	44,55	42,50	40,95	46,93	59,85	63,49	56,75			
50	16,91	16,92	16,28	16,68	34,32	35,42	34,02	34,58	36,23	44,41	42,25	40,96	48,53	60,93	62,72	57,39			
médias	16,33	16,38	16,17	16,16 ^b	31,16 ^b	32,52 ^a	32,27 ^{ab}	34,18 ^b	43,13 ^a	42,27 ^a	46,30 ^c	59,52 ^b	62,29 ^a						
Análise conjunta dos experimentos																			
Teste F																			
Doses (D)	13,4 ^{**}				21,81 ^{**}				8,68 ^{**}				3,42 [*]						
Experimentos (E)	0,35 ^{ns}				5,64 [*]				83,81 ^{**}				215,15 ^{**}						
D x E	1,29 ^{ns}				2,22 [*]				10,86 ^{**}				4,47 ^{**}						
CV %	6,35	4,29	3,43	3,21	2,49	3,60	2,23	2,11	1,70	1,69	2,57	2,55							

¹ Diâmetro a 20 cm do solo; ² Diâmetro a 1,3 m do solo (DAP)

^{ns} = não significativo (p > 0,05)

(* **) significativos respectivamente (p < 0,05) e (p < 0,01)

^{abc} médias seguidas de mesma letra na horizontal e para cada idade de avaliação não diferem entre si pelo teste Tukey (p > 0,05)

Tabela 3. Médias e resumo da análise de variância da altura das plantas de *Corymbia citriodora* dos experimentos E1, E2 e E3 em função das doses de fósforo aos 3, 6, 9 e 12 meses de idade em Monte Alto - SP, 2013.

Altura (m)																			
3 meses					6 meses					9 meses					12 meses				
Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)					Experimentos														
					E1	E2	E3	médias	E1	E2	E3	médias	E1	E2	E3	médias	E1	E2	E3
0	1,27	1,22	1,24	1,24	2,14	2,40	2,37	2,30	3,32	3,99	4,01	3,77	4,87	6,22	6,38	5,83			
10	1,40	1,37	1,32	1,36	2,37	2,53	2,31	2,40	3,55	4,32	4,29	4,05	5,18	6,49	6,78	6,16			
20	1,37	1,33	1,36	1,35	2,42	2,64	2,46	2,51	3,60	4,45	4,39	4,14	5,11	6,60	6,64	6,12			
30	1,41	1,38	1,37	1,39	2,39	2,72	2,39	2,50	3,67	4,50	4,35	4,17	5,12	6,66	6,70	6,16			
40	1,38	1,43	1,37	1,39	2,47	2,70	2,51	2,56	3,74	4,55	4,35	4,21	5,3	6,63	6,80	6,25			
50	1,42	1,41	1,33	1,39	2,66	2,75	2,52	2,64	3,79	4,52	4,29	4,19	5,3	6,71	6,76	6,26			
média	1,38 ^a	1,36 ^{ab}	1,33 ^b		2,40 ^b	2,62 ^a	2,42 ^b		3,61 ^c	4,38 ^a	4,27 ^b		5,14 ^c	6,55 ^b	6,68 ^a				
Análise conjunta dos experimentos																			
Teste F																			
Doses (D)	15,09 ^{**}			7,88 ^{**}			20,12 ^{**}			20,74 ^{**}									
Experimentos(E)	4,93 [*]			15,76 ^{**}			253,85 ^{**}			1212,56 ^{**}									
D x E	0,80 ^{ns}			3,13 ^{**}			7,28 ^{**}			0,64 ^{ns}									
CV %	5,32	3,17	3,64		3,40	2,24	4,26		1,37	0,88	1,27		2,84	1,80	2,64				

^{ns} = não significativo (p > 0,05)

(* **) significativos respectivamente (p < 0,05) e (p < 0,01)

^{abc} médias seguidas de mesma letra na horizontal e para cada idade de avaliação não diferem entre si pelo teste Tukey (p > 0,05)

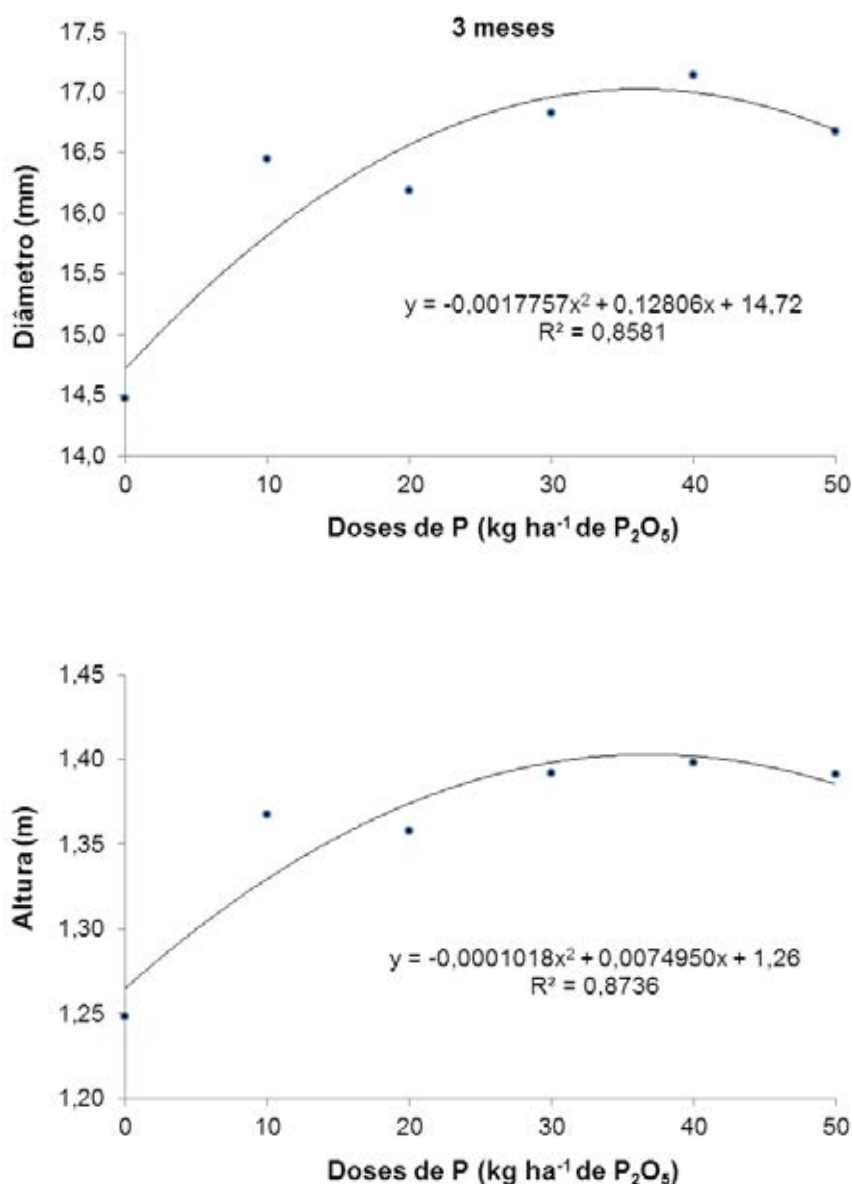


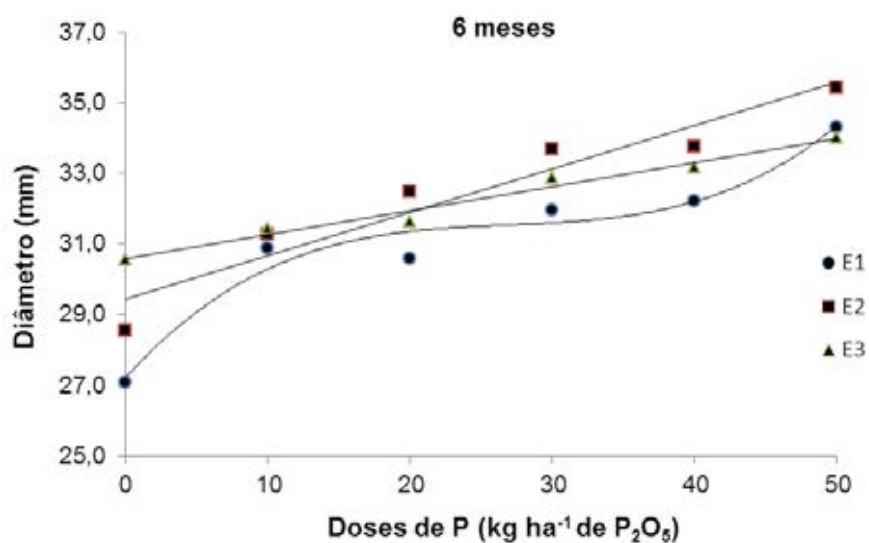
Figura 2. Diâmetro do caule e altura das plantas de *Corymbia citriodora*, análise conjunta dos três experimentos E1, E2 e E3 em função das doses de P₂O₅ aos 3 meses de idade, Monte Alto – SP, 2013. Diâmetro do caule a 20 cm do solo.

Aos seis meses, no experimento E1, o crescimento em diâmetro e altura foi crescente em função das doses de P, onde a regressão polinomial de terceiro grau foi a que mais se ajustou para explicar a variação, onde a curva de crescimento não foi estabilizada até a dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; no experimento E2, o crescimento em diâmetro foi linear e positivo, entretanto o crescimento em altura foi explicado por uma equação de segundo grau e o máximo valor (2,74 m) foi estimado com a dose de 44,2 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e no

experimento E3 a resposta foi linear e positiva tanto para diâmetro como para altura, não apresentando estabilidade no crescimento em função das doses de P aplicadas. (Figura 3).

Aos nove meses, as variações do crescimento em diâmetro em função das doses de P foram explicadas por equações de regressão de segundo grau para os experimentos E1 e E2 e equações de terceiro grau para o experimento E3. Para altura, as variações foram explicadas por equações de terceiro grau nos três experimentos, sendo que a curva não se estabilizou apenas no experimento E1 com aplicação de até 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅. No E1, o máximo crescimento em diâmetro (36,2 mm) foi estimado com a dose de 41,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅; no experimento E2, os máximos crescimentos em diâmetro (45,8 mm) e em altura (4,51 m) foram estimados, respectivamente, doses de 33,9 e 36,27 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e no experimento E3, o máximo crescimento em diâmetro (43,48 mm) e em altura (4,38 m) foi estimado com as respectivas doses de 19,89 e 23,86 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 4). Assim, como na avaliação aos 6 meses, foi verificada a necessidade de maior aplicação de fósforo no experimento E2 para obter o máximo crescimento em diâmetro e altura das plantas. O solo do experimento E2, apesar de ter apresentado inicialmente menor teor de P, foi o que proporcionou maiores crescimento em altura das plantas aos 6 e 9 meses, em comparação aos outros dois experimentos (Tabela 3).

Aos doze meses de idade, no experimento E3, o crescimento em diâmetro não apresentou respostas significativas em função das doses de P. No experimento E1, o crescimento em diâmetro aumentou em função das doses de P e a variação foi explicada por equação de terceiro grau e a curva não foi estabilizada até a dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; no experimento E2, houve efeito quadrático e o máximo crescimento em diâmetro (61,7 mm) foi estimado com a dose de 33,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 5). A análise conjunta não revelou interação entre doses e experimentos para o crescimento em altura (Tabela 3). A equação de terceiro grau foi a que mais se ajustou para explicar a variação do crescimento em altura, que foi crescente e a curva não apresentou estabilidade até a dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅.



$$E1: y=0,0001974x^3-0,015937x^2+0,446073x+27,22$$

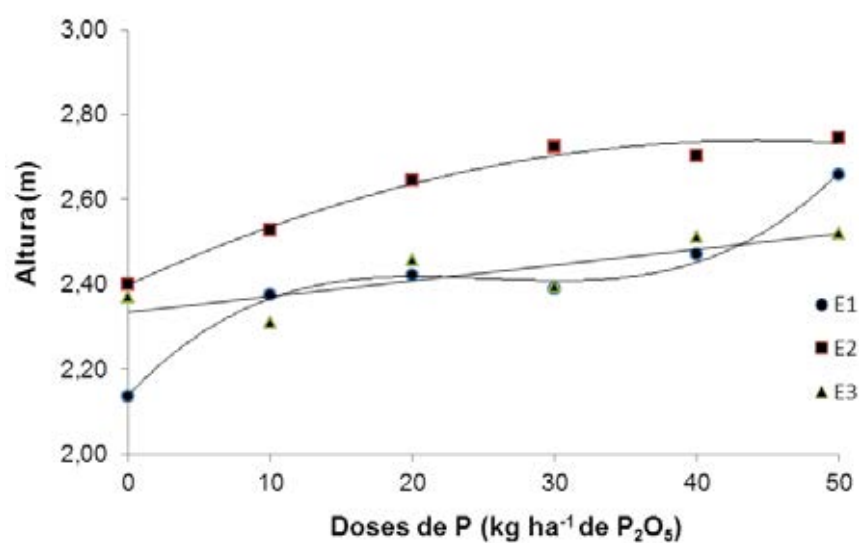
$$R^2=0,9631$$

$$E2: y=0,12293429x+29,45$$

$$R^2=0,9217$$

$$E3: y=0,06836x+30,56$$

$$R^2=0,9765$$



$$E1: y=0,0000191x^3-0,001454x^2+0,035387x+2,13$$

$$R^2=0,9937$$

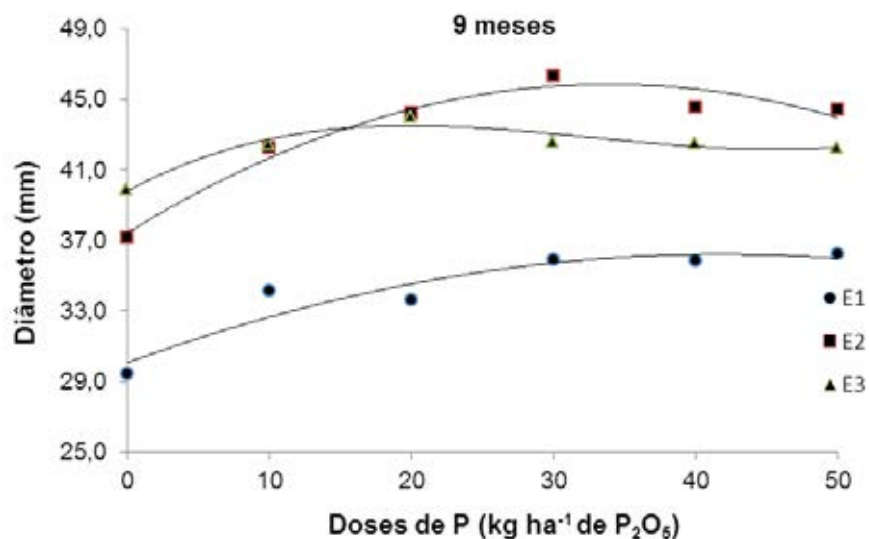
$$E2: y=-0,0001738x^2+0,0153661x+2,39$$

$$R^2=0,9802$$

$$E3: y=0,0037x+2,33$$

$$R^2=0,6859$$

Figura 3. Diâmetro do caule e altura das plantas de *Corymbia citriodora* dos experimentos E1, E2 e E3 em função das doses de P₂O₅ aos 6 meses de idade, Monte Alto – SP, 2013. Diâmetro do caule a 1,3 m do solo (DAP).



$$E1: y = -0,0035163x^2 + 0,2937149x + 30,06$$

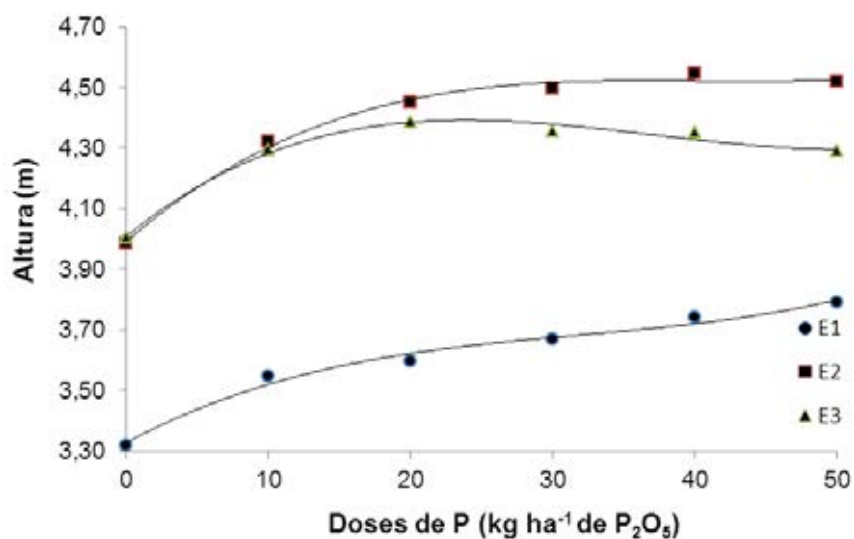
$$R^2 = 0,8888$$

$$E2: y = -0,0073189x^2 + 0,4959623x + 37,44$$

$$R^2 = 0,9605$$

$$E3: y = 0,0001594x^3 - 0,0156547x^2 + 0,4336689x + 39,80$$

$$R^2 = 0,9379$$



$$E1: y = 0,000006832x^3 - 0,0006539x^2 + 0,0250188x + 3,32$$

$$R^2 = 0,9860$$

$$E2: y = 0,000008401x^3 - 0,00101148x^2 + 0,0402198x + 3,99$$

$$R^2 = 0,9931$$

$$E3: y = 0,000010618x^3 - 0,00117829x^2 + 0,038099x + 4,00$$

$$R^2 = 0,9864$$

Figura 4. Diâmetro do caule e altura das plantas de *Corymbia citriodora* dos experimentos E1, E2 e E3 em função das doses de P₂O₅ aos 9 meses de idade, Monte Alto – SP, 2013. Diâmetro do caule a 1,3 m do solo (DAP).

As respostas de crescimento observadas no presente trabalho se devem, possivelmente, aos teores iniciais de P no solo dos três experimentos (Tabela 1), que variaram de 2 a 4 mg dm⁻³, valores considerados baixos para cultura do eucalipto (GONÇALVES et al., 1996; GONÇALVES, 2011).

Os efeitos das doses de P foram mais evidentes nas primeiras avaliações feitas aos 3 e 6 meses do que aos 9 e 12 meses de idade. Os pontos de máximo crescimento são estimados com doses maiores aos 3 e 6 meses do que aos 9 e 12 meses de idade, indicando que o nível crítico de P no solo tende a diminuir com a idade de *C. citriodora*, como é verificado em povoamentos de eucalipto de modo geral (NOVAIS; RÊGO e GOMES, 1982). Em *Eucalyptus grandis* com 6 meses de idade, cultivados em Latossolo e Neossolos, o nível crítico de P variou em função do tipo de solo e extrator utilizado. O crescimento em diâmetro e altura das plantas em Neossolos foi positiva e linear, em função de doses crescente de P (ISMAEL et al., 1998). Apesar do gênero *Pinus* ser menos exigente em fertilidade do solo que os *Eucalyptus*, ele responde à adubação em solos de baixa fertilidade. Doses de 91,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 48,2 kg ha⁻¹ de K₂O foram suficientes para proporcionar melhores respostas no crescimento das plantas de *P. patula* em Latossolos arenosos do continente Africano aos 15 anos (CROUS; MORRIS e SCHOLLES 2009). Em solos arenosos da Tasmânia, plantas de *E. globulos* apresentaram ganhos significativos de crescimento em altura e diâmetro aos 9 meses quando adubadas com P₂O₅ em relação ao tratamento controle (CROMER et al., 2002).

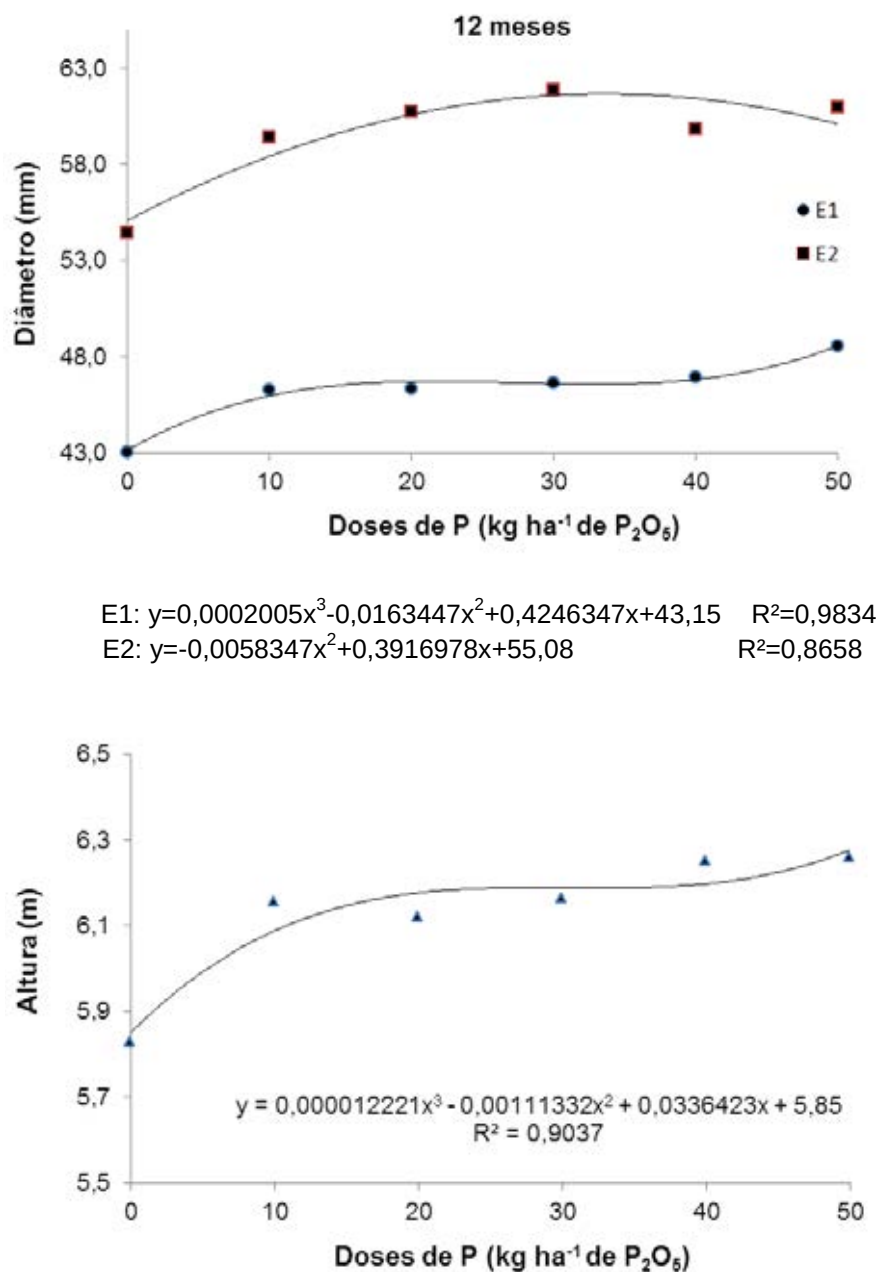


Figura 5. Diâmetro do caule das plantas dos experimentos E1 e E2 e altura das plantas em análise conjunta dos experimentos E1, E2 e E3 de *Corymbia citriodora*, em função das doses de P₂O₅ aos 12 meses de idade, Monte Alto – SP, 2013. Diâmetro do caule a 1,3 m do solo (DAP).

Aos 12 meses, a concentração de P nas folhas não diferiu significativamente entre os tratamentos ($p > 0,05$) e as médias variaram de 1,22 a 1,51 g kg⁻¹ (Tabela 4). No experimento E2, a concentração média nas folhas foi inferior em relação aos demais experimentos, provavelmente devido ao solo ter apresentado inicialmente menor teor de P do que os solos dos experimentos E1 e E3. Entretanto, os valores de P nas folhas dos três experimentos são considerados adequados para cultura do eucalipto (SILVEIRA; GAVA, 2004). Em *E. grandis*, doses de P aplicadas no plantio também não influenciaram na concentração de fósforo nas folhas após 2,5 anos (VALERI; AGUIAR e CORRADINI, 1993). Esses autores atribuem o fato do solo, por apresentar inicialmente teores suficientes de P, ser uma das variáveis responsáveis da concentração do nutriente nas folhas não variar em função das doses de P aplicadas. Também em *E. grandis*, foram observadas respostas positivas e lineares na concentração de P nas folhas (variando de 1,2 a 2,4 g kg⁻¹) em função de doses crescentes de P (ISMAEL et al., 1998). Em estudos realizados com a mesma espécie, foi verificada respostas na concentração de P nas folhas apenas aos 3 meses após a aplicação, variando de 2,2 a 4 g kg⁻¹ em função de doses de P aplicadas no plantio (SILVA et al., 2013). Esses resultados mostram que o efeito da adubação fosfatada na concentração de P nas folhas pode diminuir e até não ser observado com o aumento da idade do povoamento de eucalipto.

Não houve efeito das doses de fósforo na densidade básica da madeira (Tabela 3). Os experimentos E2 e E3 apresentaram os menores valores, possivelmente pelo fato de as plantas terem apresentado maiores crescimentos do que no experimento E1. A literatura mostra que as respostas das características da madeira em razão da fertilização variam entre as espécies. Em *E. grandis*, plantas que foram adubadas com NPK apresentaram menores densidade aparente da madeira aos 21 anos de idade (LIMA; GARCIA, 2010).

Árvores de *Pinus patula* adubadas com NP também apresentaram menor densidade da madeira com 15 anos no continente Africano (CROUS; MORRIS e SCHOLLES, 2009). No Brasil, plantas de *E. grandis* que foram adubadas com NPK não apresentaram diferenças na densidade da madeira aos 6 anos de idade (SETTE JUNIOR et al., 2014).

Tabela 4. Médias e resumo da análise de variância da concentração de fósforo nas folhas (P folha) e densidade básica da madeira (DBM) de *Corymbia citriodora* aos 12 meses de idade em função das doses de fósforo de três experimentos em Monte Alto – SP, 2013.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	P folha (g kg ⁻¹)			DBM (g cm ⁻³)		
	Experimentos					
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
0	1,65	1,24	1,63	0,46	0,42	0,43
10	1,18	1,05	1,43	0,47	0,43	0,41
20	1,47	1,30	1,42	0,46	0,44	0,43
30	1,46	1,35	1,38	0,45	0,44	0,47
40	1,28	1,22	1,27	0,43	0,45	0,41
50	1,39	1,31	1,46	0,46	0,42	0,43
Média	1,41 ^a	1,25 ^b	1,43 ^a	0,46 ^a	0,44 ^{ab}	0,43 ^b
Análise conjunta dos experimentos						
Teste F						
Doses (D)	3,52 ^{ns}			0,99 ^{ns}		
Experimentos (E)	6,37*			5,35*		
D x E	0,73 ^{ns}			0,50 ^{ns}		
CV %	19,077	17,704	12,765	6,461	11,239	9,820

^{ns} = não significativo (p > 0,05)

(*, **) significativos respectivamente (p < 0,05) e (p < 0,01)

^{abc} médias seguidas de mesma letra na horizontal e para cada variável avaliada (P folha e DBM) não se diferem entre si pelo teste Tukey (p > 0,05)

Houve efeito dos tratamentos na produção volumétrica e de biomassa de madeira de *C. citriodora* aos 12 meses de idade. As plantas do experimento E1 apresentaram produções volumétricas e de biomassa menores do que as plantas dos demais experimentos, entretanto a análise conjunta dos experimentos revelou que não houve interação entre doses e experimentos (Tabela 5). As variações de volume cilíndrico das árvores, volume com casca, volume sem casca e produção de biomassa por hectare foram explicadas por equações de terceiro grau. Com relação ao volume cilíndrico, o incremento foi mais acentuado até a aplicação de 25,09 kg ha⁻¹ de P₂O₅, promovendo um valor de 32,49 m³ ha⁻¹.e, acima dessa dose, ocorreu uma pequena oscilação de volume. Para as demais variáveis o incremento foi crescente até os valores máximos de 27,47 m³ ha⁻¹ de volume com casca, 22,61 m³ ha⁻¹ de volume sem casca e 10,16 t ha⁻¹ de biomassa de madeira, respectivamente, estimado com as doses de 34,48; 33,67 e 33,72 kg ha⁻¹ de P₂O₅. As doses acima da máxima

eficiência técnica causaram uma diminuição acentuada de incremento dessas variáveis (Figura 6).

A aplicação de fósforo e nitrogênio influenciaram positivamente na produção volumétrica de *Eucalyptus globulus* e *E. nitens* com 5 anos cultivados em Latossolos da Tasmânia. Foram observados incrementos de até 10 m³ (ha ano)⁻¹ na produção de madeira em função da fertilização, viabilizando a cultura para a região (CROMER et al., 2002).

No Brasil, a aplicação de P (68 kg ha⁻¹ de P₂O₅) em solos arenosos proporcionou um aumento no volume de madeira de *E grandis* de 5 para 10 m³ ha⁻¹ no primeiro ano e de 55 para 70 m³ ha⁻¹ no segundo ano em comparação as plantas não adubadas (SILVA et al., 2013).

Em relação às médias de biomassa de madeira apresentadas na Tabela 5, observou-se um incremento de 65% (4 t ha⁻¹) na produção de madeira em comparação ao tratamento controle. Esse aumento na biomassa de madeira em função da adubação fosfatada também foi verificado para espécie de *Pinus patula* aos 15 anos (CROUS; MORRIS e SCHOLLES; 2009) e *Eucalyptus grandis* aos 2 anos (SILVA et al. 2013) em solos arenosos, considerando incrementos de 16% e 23 %, em função da aplicação de 91,6 e 68 kg ha⁻¹ de P₂O₅ respectivamente. Esses incrementos são muito importantes para os reflorestamentos comerciais cultivados em solos arenosos, que possuem baixa capacidade de armazenamento de água e nutrientes.

Tabela 5. Médias e resumo da análise de variância do volume cilíndrico da árvore, volume de caule com casca e sem casca e biomassa de madeira até diâmetro mínimo de 5 cm de *Corymbia citriodora* aos 12 meses de idade dos experimentos E1, E2 e E3 em função das doses de fósforo, Monte Alto – SP, 2013.

Doses de P (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Volume (m ³ ha ⁻¹)												Biomassa (t ha ⁻¹)			
	Cilíndrico			Experimentos									Sem casca			
	E1	E2	E3	médias	E1	E2	E3	médias	E1	E2	E3	médias	E1	E2	E3	médias
0	14,530	24,220	25,567	24,120	10,542	17,400	18,725	17,500	8,193	13,420	15,368	13,600	4,27	5,66	6,66	5,89
10	18,120	30,020	31,885	30,080	10,916	18,220	19,388	18,120	9,157	15,020	17,176	15,200	4,72	6,56	7,36	6,51
20	19,157	31,600	33,708	31,800	15,783	26,100	28,034	26,200	12,982	21,450	24,352	21,550	7,06	9,73	11,01	9,74
30	20,054	33,190	35,287	33,290	16,145	25,900	28,676	26,800	13,434	22,380	25,199	22,300	7,17	9,88	11,18	9,89
40	18,795	30,900	33,072	31,200	15,693	25,920	27,874	26,050	12,825	21,320	24,058	21,290	6,94	9,62	10,83	9,58
50	19,639	32,500	34,556	32,600	12,892	21,500	22,898	21,400	10,440	17,360	19,583	17,330	5,46	7,60	8,51	7,53
média	18,40 ^b	31,25 ^a	32,38 ^a		13,66 ^b	23,70 ^a	24,26 ^a		11,63 ^b	19,34 ^a	21,82 ^a		6,20 ^b	8,17 ^a	9,66 ^a	
Análise conjunta dos experimentos																
Teste F																
Doses (D)	16,24*					4,7*				4,4*				3,5*		
Experimentos (E)	9,58**					7,2*				7,6*				2,23*		
D x E	1,51 ^{ns}					1,66 ^{ns}				1,33 ^{ns}				2,02 ^{ns}		
CV %	6,20	5,30	4,20		15,20	17,27	14,30		16,30	19,20	17,40		21,10	23,80	18,20	

^{ns} = não significativo (p > 0,05)

(* **) significativos respectivamente (p < 0,05) e (p < 0,01)

^{abc} médias seguidas de mesma letra na horizontal e para cada variável avaliada (volume cilíndrico, volume com casca, volume sem casca e biomassa) não se diferem entre si pelo teste Tukey (p > 0,05)

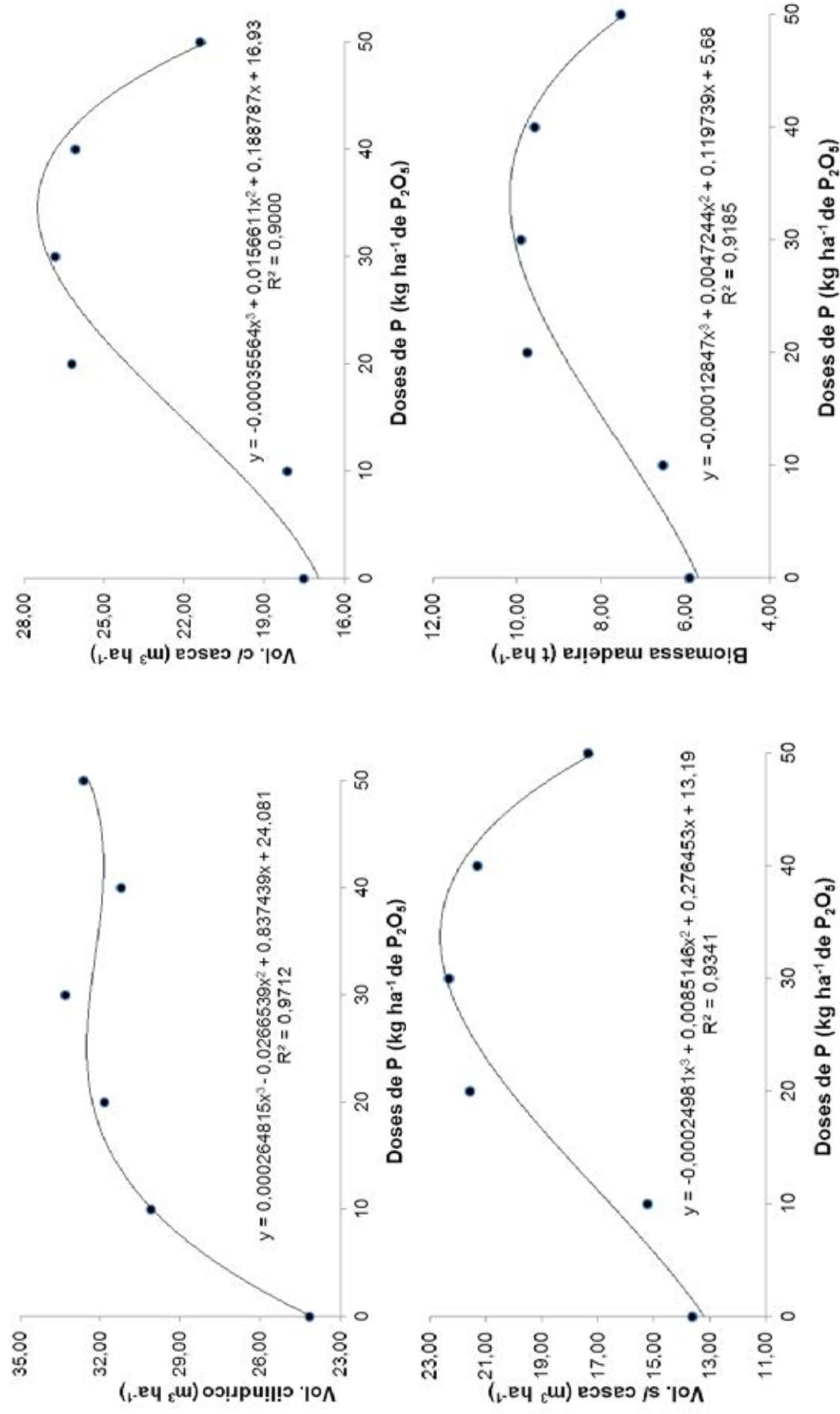


Figura 6. Regressões do volume cilíndrico, volume com casca, volume sem casca e biomassa de madeira de *Corymbia citriodora* em análise conjunta dos experimentos E1, E2 e E3 em função das doses de P₂O₅ aos 12 meses de idade, Monte Alto – SP, 2013.

2.4 CONCLUSÕES

As plantas de *Corymbia citriodora* apresentaram respostas de crescimento e produção de biomassa de madeira em função das doses de P_2O_5 aplicadas em Argissolo com teores de 2 a 4 mg dm⁻³ de P no solo.

Com base nas avaliações de crescimento e produção de biomassa aos 12 meses, recomenda-se a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de P_2O_5 no plantio de *C. citriodora* em Argissolo.

2.5 REFERÊNCIAS

- ARAUJO, H. J. B.; MAGALHÃES, W. L. E.; OLIVEIRA, L. C. Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S.Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, n. 1, p. 49-58, 2012.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- BOUILLET, J. P.; MATONDO, R. S., LACLAU, J. P.; NZILA, J. D.; RANGER, J.; DELEPORTE, P. Fertilization: a crucial factor for the sustainability of *Eucalyptus* plantations in the Congo. **Bois et Forêts des Tropiques**, Montpellier, v. 279, p. 23-25, 2004.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106)
- CEPAGRI - Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas a agricultura. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_353.html>. Acesso em: 20/02/2015.
- CROMER, R. N.; TURNBULL, C. R. A.; LASALA, A. V.; SMETHURST, P. J.; MITCHELL, A. D. Eucalyptus growth in relation to combined nitrogen and phosphorus fertilizer and soil chemistry in Tasmania. **Australian Forestry**, Melbourne, v. 65, n. 4, p. 256-264, 2002.
- CROUS, J. W.; MORRIS, A. R.; SCHOLES, M. C. Effect of phosphorus and potassium fertiliser on tree growth and dry timber production of *Pinus patula* on gabbro-derived soils in Swaziland. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, Grahamstown, v. 71, n. 3, p. 235-243, 2009.
- FERREIRA, M. Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba, n. 1, p. 83-96, 1970.

FERREIRA, A.; STAPE, J. L. Productivity gains by fertilisation in *Eucalyptus urophylla* clonal plantations across gradients in site and stand conditions. **Southern Forests**, Grahamstown, v. 71, p. 253–258, 2009.

GONÇALVES, J. L. M.; RAIJ, B. GONÇALVES, J. C. Florestais. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC (Boletim 100), p. 245-259, 1996.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P.; RANGER, J.. Assessing the effect of early silvicultural management on long-term site productivity of fast growing eucalypt plantations: The Brazilian experience. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, Grahamstown, v. 70, p. 105-118, 2008.

GONÇALVES, J. L. M. Fertilização de plantações de eucalipto. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2., 2011, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: PTSM/IPEF/ESALQ/FUPEF, 2011. p. 87-113.

ISMAEL, J. J.; VALERI, S. V.; CORRADINI, L.; ALVARENGA, S. F.; VALLE, C. F.; FERREIRA, M. E.; BANZATTO, D. A. Níveis críticos de fósforo no solo e nas folhas para a implantação de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, em quatro tipos de solos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 54, p. 29-40, 1998.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N. Variação da densidade aparente e resistência à compressão paralela às fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden, **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 3, p. 551-559, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. 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. 319p.

MORAIS, E.; ZANATTO, A. C. S.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Variação genética, interação genótipos x solos e ganhos na seleção em teste de progênies de *Corymbia citriodora* Hook em Luiz Antônio, São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 11-18, 2010.

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

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.

NEVES, J. C. L. **Aspectos nutricionais em mudas de *Eucalyptus* spp: tolerância ao alumínio e níveis críticos de fósforo no solo**. 1983. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Solos) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1983.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B.
Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil.
 Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999.

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

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

SETTE JUNIOR, C. R.; DEUS JUNIOR, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M.;
 PADUA, F. A.; CALIL, F. N.; LACLAU, J. P. Alterações na qualidade da
 madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação mineral. **Cerne**,
 Lavras, v. 20, n. 2, p. 251-258, 2014.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F. LIBARDI, P. L.; GONÇALVES, A. N. Fertilizer
 management of eucalypt plantations on sandy soil in Brazil: Initial growth and
 nutrient cycling. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 301, p. 67-
 78, 2013

SILVEIRA, R. L. V. A; GAVA, J. L. Nutrição e adubação fosfatada em
Eucalyptus. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura
 brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do
 Fosfato, p. 495-530, 2004.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.;
 TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.;
 FERREIRA, J. M. A.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H.
 B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C.; AZEVEDO, M. R. The Brazil Eucalyptus
 potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity
 on wood production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p.
 1684–1694, 2010.

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

CAPÍTULO 3 – Doses de potássio na implantação de *Corymbia citriodora*

RESUMO – A adubação potássica no solo pode gerar incrementos no crescimento inicial e maximizar a produtividade florestal. O presente trabalho teve por objetivo verificar os efeitos da aplicação de doses de potássio no crescimento, concentração do nutriente nas folhas e produção de biomassa de madeira de plantas de *Corymbia citriodora* na fase de implantação. Foram aplicadas doses de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de K₂O em Argissolo Vermelho Amarelo textura arenosa. As mudas foram plantadas no espaçamento de 3 x 2 m e o delineamento experimental foi de blocos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições. Foram feitas avaliações de altura e diâmetro do caule aos 6, 9 e 12 meses após plantio. Também aos 12 meses, foi determinada a concentração de potássio nas folhas, a densidade básica da madeira, o volume de madeira por hectare e a produção de biomassa de madeira por hectare. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as variações das características da planta em função das doses do nutriente foram ajustadas através de equações de regressão polinomial. Verificou-se efeito dos tratamentos no crescimento e produção de biomassa das plantas aos 12 meses. A aplicação de 90 kg ha⁻¹ de K₂O parceladas em três etapas promoveram incrementos de 75% na produção de biomassa de madeira.

Palavras-chave: Eucalipto, Argissolo, adubação potássica, biomassa

3.1 INTRODUÇÃO

A produtividade dos reflorestamentos com espécies de crescimento rápido é altamente influenciada pela disponibilidade de água e nutrientes no solo (BARROS; COMENFORD, 2002). Plantas nutridas adequadamente se adaptam mais facilmente às condições de baixa disponibilidade hídrica em períodos de seca, o que reduz o grau de comprometimento da produtividade da cultura.

Os plantios florestais concentram-se em áreas de solos arenosos e de baixa fertilidade, onde as quantidades disponíveis do nutriente potássio (K) são insuficientes para atender a demanda de consumo do *Eucalyptus*, que pode chegar a 300 kg ha⁻¹ de K₂O aos 6,5 anos (SANTANA et al., 2008). Além disso, a eficiência da adubação potássica nesses solos é baixa, uma vez que o nutriente tem maior risco de sofrer lixiviação em razão de estes solos serem altamente intemperizados e apresentarem baixas capacidades de troca catiônica (CTC).

A aplicação do nutriente potássio no solo pode promover uma maior eficiência do uso de água pelas plantas e a manutenção da turgidez dos tecidos vegetais. O potássio não faz parte de compostos estruturais da planta, mas participa de diversos processos como ativação enzimática, expansão celular e controle estomático (MAATHUIS, 2009; MARSCHNER, 2012).

Em relação ao nível crítico de potássio no solo para a cultura do eucalipto, Novais, Barros e Neves (1986) estimaram 0,25 mmol_c dm⁻³ de K⁺ para a implantação e 2,3 mmol_c dm⁻³ de K⁺ para a manutenção da produção de 50 m³ (ha ano)⁻¹ de madeira. Barros; Novais e Neves (1990) relataram que a necessidade deste nutriente aumenta com a idade de desenvolvimento dos povoamentos de *Eucalyptus* sp. No Brasil, diversas regiões com reflorestamentos apresentam teores de K nos solos abaixo do nível crítico (SANTANA et al., 2008) e portanto, são passíveis de melhores respostas após fertilização do solo. Da mesma forma, segundo Gonçalves (2011), solos com teores de K abaixo de 0,7 mmol_c dm⁻³ podem melhorar sua produtividade florestal com o acréscimo deste nutriente.

Estudos com adubação potássica em plantios de eucalipto mostram um aumento no crescimento em diâmetro e, conseqüentemente, no volume das árvores, tanto em regime de alto fuste como na condução de brotações de

eucalipto (FARIA et al., 2002; LACLAU et al., 2009; SETTE JUNIOR et al., 2010).

O sucesso para a produtividade da cultura do eucalipto depende da compreensão de sua fisiologia e, portanto das exigências nutricionais das diferentes espécies e ambientes (STAPE et al., 2010; SILVA et al., 2013). *Corymbia citriodora* é uma das espécies de eucalipto mais plantadas no Brasil para produção de madeira de alta densidade para uso na construção civil, mourões de cerca, por apresentar excelente crescimento e eficiente produção de madeira, porém são escassos os trabalhos na literatura que avaliem sua fertilização e melhor condição nutricional para ótima produtividade.

Desta maneira, o presente trabalho teve por objetivo verificar os efeitos da aplicação de doses de potássio no crescimento, na concentração do nutriente nas folhas e na produção de biomassa de madeira de plantas de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson na fase de implantação.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Localização

Foi instalado um experimento em condição de campo, com aplicação de potássio para a cultura de *Corymbia citriodora* na Fazenda São Gabriel nas coordenadas 21°17'30'' S e 48°28'50'' W, município de Monte Alto – SP. O experimento está localizado na área A2 na Figura 1 do capítulo 2 (pagina 13). O clima da região é classificado como Cwa - mesotérmico de inverno seco, pelo sistema internacional de Köppen, apresentando temperaturas médias anuais máxima de 28 °C e mínima de 15 °C. A precipitação média anual é de aproximadamente 1440 mm, com 85% do total de chuvas concentradas nos meses de outubro a março. A umidade relativa média do ar é de 75% (CEPAGRI, 2014). O solo da região é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo textura arenosa e relevo suave ondulado (PVA3) segundo Oliveira et al. (1999). A área do experimento permaneceu sem cultivo e adubação por mais de 10 anos. Em dezembro de 2011, foi feita uma dissecação na área com capina química, aplicação de glifosato e em seguida retirada do material vegetal.

3.2.2 Preparo do solo e Aplicação de corretivos

Foi feita amostragem de solo em dezembro de 2011, com 21 sub-amostras ao acaso na profundidade de 0-20 cm em cada área experimental. As amostras foram e levadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Estadual Paulista – FCAV. Os resultados das análises granulométrica segundo metodologias de Camargo et al. (2009) evidenciaram 105, 44 e 851 g kg⁻¹ de argila, silte e areia respectivamente. O resultado da análise de fertilidade segundo método descrito por Raij et al. (2001) foram: P resina, 2 mg dm⁻³; B, 0,03 g dm⁻³; MO, 12 g dm⁻³; pH CaCl₂, 4,3; K⁺, 1,4 mmol_c dm⁻³; Ca²⁺, 7 mmol_c dm⁻³; Mg²⁺, 4 mmol_c dm⁻³; H+Al, 26 mmol_c dm⁻³; CTC a pH 7, 38 mmol_c dm⁻³; e saturação por bases (V), 31,9%. Com os resultados verificou-se a necessidade de calagem. O calcário com PNRT 90% foi aplicado em fevereiro de 2011, a lanço em área total e incorporado ao solo para elevar o índice de saturação por bases a 50% de acordo com a classe de interpretação e como segue as recomendações de calagem e adubação para cultura de eucalipto (GONÇALVES et al., 1996). Após aplicação do calcário, foi realizada uma gradagem para incorporação e após 7 dias foi aberto um sulco contínuo de 30 cm de profundidade determinando as linhas de plantio, no espaçamento de 3 m entre linhas, com o uso de sulcador tracionado por trator.

3.2.3 Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos de seis doses de K na forma cloreto de potássio (0, 30, 60, 90, 120, 150 kg ha⁻¹ de K₂O) e o delineamento experimental foi em blocos casualizado, com quatro repetições. Todos os tratamentos receberam uma adubação básica de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com o uso de superfosfato simples, 40 kg ha⁻¹ de N, com uréia e 1 kg ha⁻¹ de B, com uso do ácido bórico. A quantidade de adubo por planta foi distribuída manualmente no sulco e incorporada ao solo num raio de 50 cm do local da muda. As aplicações de nitrogênio e das doses de potássio foram parceladas, distribuindo-se 1/3 da dose por planta antes do plantio.

Mudas de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson com 90 dias de idade, altura média de 48 cm e diâmetro do colo de 4 mm, formadas a partir de sementes coletadas de árvores matrizes da área de produção de sementes da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, foram

plantadas no espaçamento de 3 m x 2 m no período de 7 a 11 de maio de 2012. Após o plantio das mudas, foram realizadas irrigações com uso de carreta pipa tracionada por trator, aplicando-se aproximadamente 5 litros de água a cada dois dias por cerca de 15 dias, até o estabelecimento das mudas. Foram feitas adubações de cobertura aos 6 e 9 meses após o plantio com os restantes das doses de nitrogênio e potássio localizadas em duas “covetas” laterais distantes aproximadamente 15 cm da muda. O boro foi aplicado aos 6 meses após o plantio, de forma superficial a 15 cm do caule da muda.

Cada área experimental ocupou 5.184 m² sendo cada parcela formada por seis plantas em seis linhas de plantio, com uma superfície de 216 m². A área útil das parcelas para obtenção dos dados equivale apenas às 16 plantas centrais, descontando-se a bordadura simples, totalizando uma área de 96 m².

3.2.4 Avaliações e Análises Estatísticas

Foram feitas avaliações de altura das plantas e diâmetro do caule, a 1,3 m do solo (DAP), aos 6, 9 e 12 meses de idade. Avaliou-se o volume cilíndrico das árvores por hectare com base nos valores de DAP e altura total das árvores da parcela, medido aos 12 meses. Também aos 12 meses, foi cortada uma árvore de diâmetro médio por parcela para determinar o volume do caule com casca e sem casca. Estimou-se o volume de madeira em m³ por hectare com base no volume real calculado pela cubagem rigorosa, seguindo fórmula de Smalian, até o diâmetro mínimo de 5 cm. Determinou-se, também aos 12 meses, a densidade básica da madeira com base no método da balança hidrostática descrito por Ferreira (1970), em que foi retirado um disco de espessura média de 2,5 cm do caule na altura do DAP (1,3 m do solo). A partir dos dados de volume do caule e densidade básica da madeira, determinou-se a biomassa de madeira por hectare.

Para determinar as concentrações de potássio nas folhas, aos 12 meses foi obtida uma amostra composta de aproximadamente 200 g de folhas por parcela, coletadas do terço superior e dos quatro pontos cardeais das copas de quatro árvores médias existentes dentro da área útil da parcela, seguindo metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). As amostras compostas foram lavadas com água de torneira e com água deionizada. Em seguida, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em

estufa com circulação forçada de ar a 70 ° C até atingirem massa constante. Depois foram processadas em moinho de aço inoxidável do tipo Willey, com peneira de 20 mesh, de acordo com as instruções de Bataglia et al. (1983).

Foram feitas as análises de variâncias dos dados obtidos pelo teste F e os efeitos das doses de K nas características das plantas foram estudados com uso equações de regressão polinomial.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito das doses de potássio no crescimento em diâmetro do caule aos 6, 9 e 12 meses e no crescimento em altura aos 6 e 9 meses de idade (Tabela 1). Aos 12 meses, não se verificou efeito das doses de potássio na concentração desse nutriente nas folhas e na densidade básica da madeira de *C. citriodora* (Tabela 1).

Tabela 1. Médias e resumo da análise de variância do DAP (diâmetro a 1,3 m do solo), altura, concentração de potássio nas folhas e densidade básica da madeira (DBH) de *Corymbia citriodora* em função das doses de potássio aos 6, 9 e 12 meses de idade, Monte Alto – SP, 2013.

Doses de K (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)	DAP (mm)			Altura (m)			K folha (g kg ⁻¹)	DBM (g cm ⁻³)
							12	12
	6 ¹	9	12	6 ¹	9	12		
0	25,43	36,39	57,47	2,13	4,02	6,43	17,38	0,42
30	28,36	38,48	59,60	2,26	4,15	6,55	16,30	0,44
60	29,23	39,41	60,48	2,35	4,19	6,37	15,20	0,42
90	28,40	36,54	57,80	2,32	3,98	6,25	18,40	0,52
120	27,49	36,41	59,03	2,22	3,90	6,44	15,23	0,46
150	27,00	35,12	55,40	2,12	3,91	6,35	15,88	0,42
Teste F								
Doses	18,91*	14,24*	5,14**	10,01*	5,29**	0,92 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,08 ^{ns}
Blocos	11,98*	10,41*	2,68 ^{ns}	6,86*	21,57**	1,06 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,87 ^{ns}
CV %	2,22	2,25	2,73	2,72	2,64	3,28	15,97	13,75

¹ 2/3 da dose do tratamento aplicadas até o momento da avaliação

^{ns} = não significativo (p > 0,05)

(*, **) significativos respectivamente (p < 0,05) e (p < 0,01)

O solo do experimento apresentou teor inicial de 1,4 mmol_c dm⁻³ de K⁺, considerado baixo, de acordo com Gonçalves et al. (1996), entretanto acima do nível crítico de implantação para cultura do eucalipto (0,25 mmol_c dm⁻³) de acordo com Novais; Barros e Neves (1986). Mesmo assim, houve aumento de

diâmetro e altura das plantas em função das doses de potássio aplicadas no presente trabalho.

Para o diâmetro do caule (DAP), o crescimento avaliado aos 6 e 9 meses foi explicado por equações de regressões de terceiro grau e aos 12 meses por equação de segundo grau. Aos 6 meses, o máximo o valor (29,12 mm) foi estimado com a dose de 38,12 kg ha⁻¹ de K₂O; aos 9 meses o máximo valor (38,95 mm) foi estimado com a dose de 44,02 kg ha⁻¹ de K₂O e aos 12 meses o máximo valor (59,9 mm) foi estimado com a dose de 57,11 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 1). Quantidades aplicadas maiores que essas doses de máxima eficiência técnica causaram uma diminuição no valor do DAP.

A dose que proporcionou maior crescimento em diâmetro aumentou com a idade das plantas, indicando que com o passar do tempo, a espécie *C. citriodora*, como ocorre com a maioria das espécies de *Eucalyptus*, apresenta a necessidade de maior quantidade de potássio disponível no solo. Segundo Novais, Barros e Neves (1986), o nível crítico de K no solo aumenta com a idade do povoamento de eucalipto, que é maior na fase de manutenção do que na fase de implantação.

O crescimento em altura foi significativo em função das doses de K aplicadas apenas nas avaliações aos 6 e 9 meses de idade. Aos seis meses as variações em altura foram explicadas por uma equação de regressão de segundo grau e o máximo valor (2,33 m) foi estimado com a dose de 72,8 kg ha⁻¹ de K₂O e aos 9 meses as variações em altura foram explicadas por uma equação de terceiro grau, o máximo valor (4,18 m) foi estimado com a dose de 37,08 kg ha⁻¹ de K₂O (Figuras 2). Quantidades aplicadas maiores que essas doses de máxima eficiência técnica causaram uma diminuição no valor da altura das plantas.

A aplicação de 140 kg ha⁻¹ de K₂O em *Eucalyptus grandis* sob Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (200 g kg⁻¹ de argila) promoveu incremento em diâmetro de 41,4 mm em comparação as plantas que não receberam potássio (SETTE JUNIOR. et al., 2010). Da mesma forma, em *Pinus patula* cultivados em Latossolo de Suazilândia (África), a adubação de 96,4 kg ha⁻¹ de K₂O promoveu melhores crescimento em diâmetro e altura das plantas (CROUS; MORRIS e SCHOLLES, 2009).

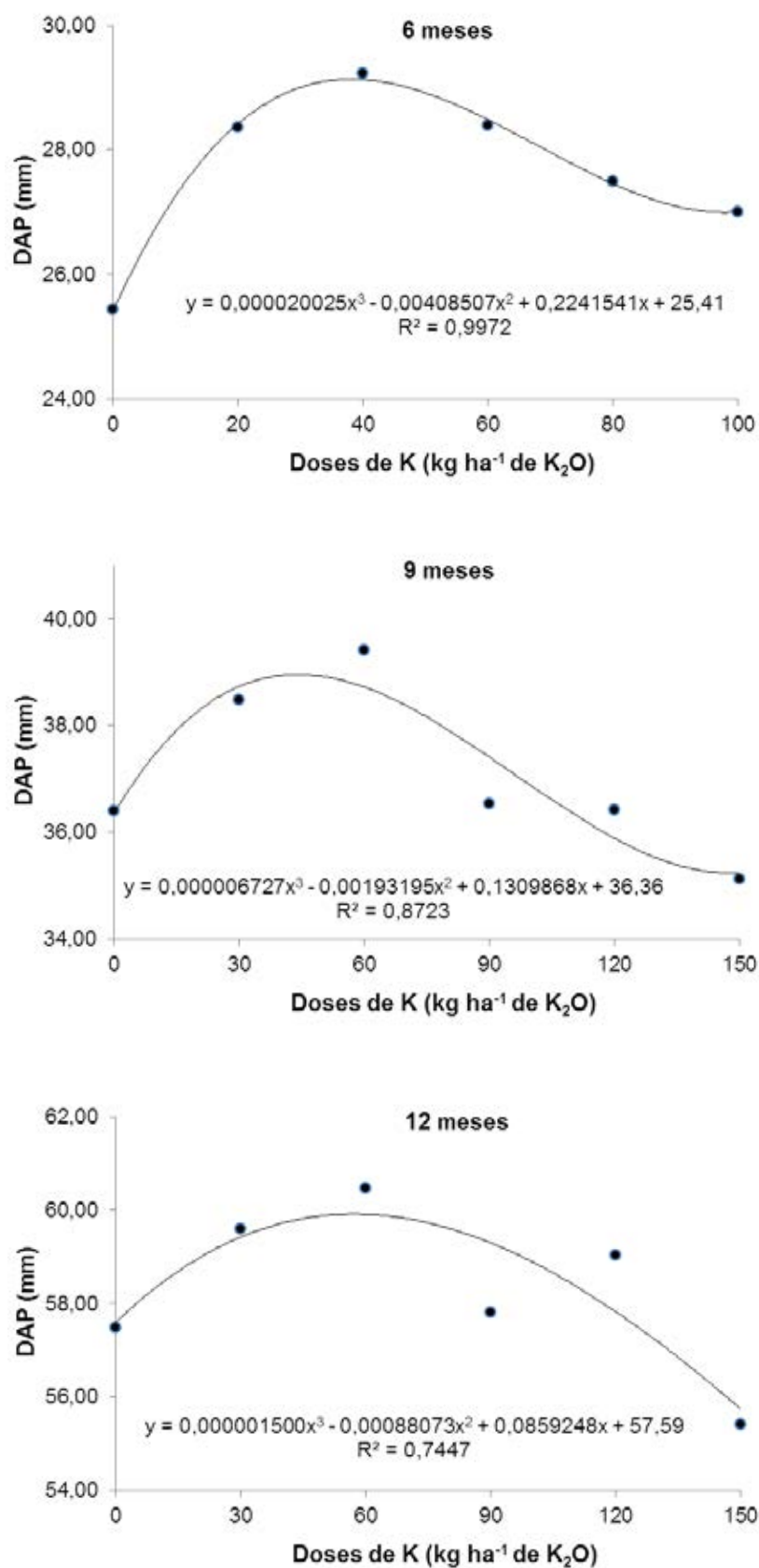


Figura 1. Diâmetro do caule a 1,3 m do solo (DAP) das plantas de *Corymbia citriodora* em função das doses de K₂O aos 6, 9 e 12 meses de idade, Monte Alto – SP, 2013.

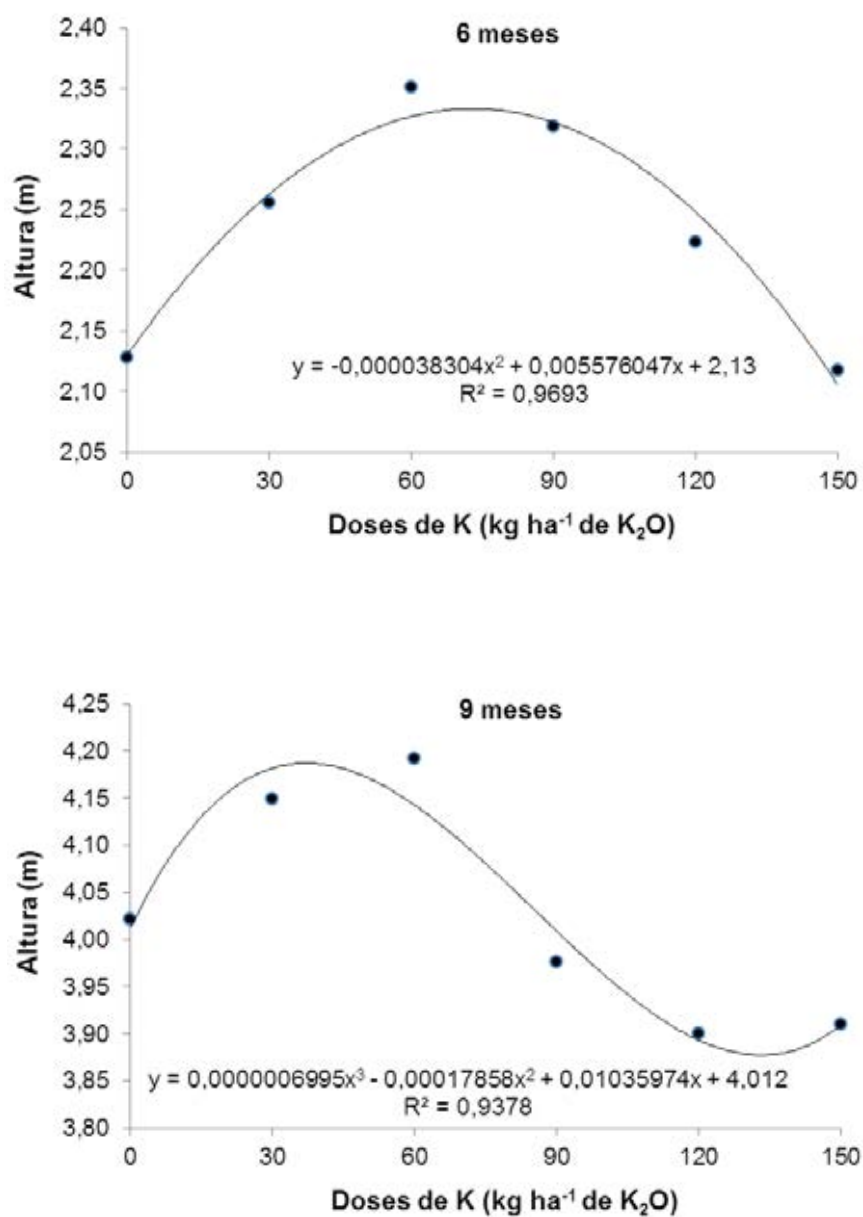


Figura 2. Altura das plantas de *Corymbia citriodora* em função das doses de K₂O aos 6 e 9 meses de idade, Monte Alto – SP, 2013.

No Brasil, a aplicação de 140 kg ha^{-1} de K_2O em Latossolos de textura arenosa, proporcionou incremento de 3,7 m na altura de plantas de *E. saligna* aos 36 meses em comparação as plantas que não receberam a adubação (LACLAU et al., 2009).

Com relação à ausência do efeito das doses de K na concentração de potássio nas folhas (Tabela 1), as plantas apresentavam-se saudáveis, bem nutridas e não apresentaram sintomas de deficiência, mesmo nos tratamentos que não receberam adubação potássica. A média de concentração de K nas folhas foi de $16,32 \text{ g kg}^{-1}$, que está próxima do valor de $16,38 \text{ g kg}^{-1}$ obtido em *C. citriodora* aos 90 dias após o plantio em vasos adubados com 100 g vaso^{-1} de esterco bovino (COSTA; VALERI, 2012). De acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), a concentração de K nas folhas para altas produtividades de *E. grandis* no Estado de São Paulo varia de 9 a 10 g kg^{-1} . Da mesma forma, Silveira et al. (1997) verificaram que plantas de *C. citriodora*, que não apresentaram sintomas de deficiência, possuíam $5,8 \text{ g kg}^{-1}$ de K nas folhas, o que mostra a variação que ocorre entre espécies, idades e ambiente de crescimento (SILVEIRA; GAVA e MALAVOLTA, 2005).

Em povoamento de *E. urophylla* aos 4,5 anos de idade cultivado em Neossolo Quartzarênico com $0,26 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K^+ e apresentando deficiência nutricional desse nutriente nas folhas, a aplicação de 33 kg ha^{-1} de K_2O promoveu um aumento na concentração de K nas folhas de 5,33 para $6,47 \text{ g kg}^{-1}$ aos 7,58 anos de idade (VALERI et al., 2001). Ainda, em *E. saligna*, a adubação potássica (140 kg ha^{-1} de K_2O) promoveu maior produção de massa foliar e acúmulo do elemento K nas folhas, elevando a quantidade de 1,1 para $2,8 \text{ mg folha}^{-1}$, aos 32 dias após a aplicação (LACLAU et al., 2009).

A ausência do efeito de potássio na densidade básica da madeira (Tabela 1), também foi observada em outras espécies florestais. Plantas de *E. grandis* sob Latossolo de textura arenosa que foram adubadas com 140 kg ha^{-1} de K_2O não apresentaram diferenças na densidade aparente da madeira aos 6,5 anos, em comparação as plantas sem adubação potássica (SETTE JUNIOR et al., 2014). Entretanto, na mesma espécie, plantas que foram adubadas com NPK apresentaram menor densidade aparente da madeira aos 21 anos de idade (LIMA; GARCIA,

2010). Essa diminuição na densidade com aplicação de nutrientes foi observada em árvores de *Pinus patula* com 15 anos no continente Africano (CROUS; MORRIS e SCHOLLES, 2009). A literatura mostra que as respostas das características da madeira em razão da fertilização podem variar entre espécies.

Ainda aos 12 meses, a análise de variância não revelou efeitos dos tratamentos no volume cilíndrico das árvores e nos volumes do caule com e sem casca, entretanto, houve efeito significativo na produção de biomassa de madeira (Tabela 2). Com o estudo da análise de regressão, observou-se um aumento significativo nas variáveis volumétricas em função das doses de K, e o efeito das doses foram ajustadas em equações de regressão de segundo grau. O maior volume cilíndrico das árvores por hectare ($52,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) foi estimado com a dose de $84,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O ; o maior volume de caule com casca ($30,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) estimado com a dose de $82,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O , e o maior volume de caule sem casca ($25,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) foi estimado com a dose de $84,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O (Figura 3). Quantidades de potássio superiores às que promoveram máxima eficiência técnica causaram uma diminuição nos valores de volume e de biomassa de madeira.

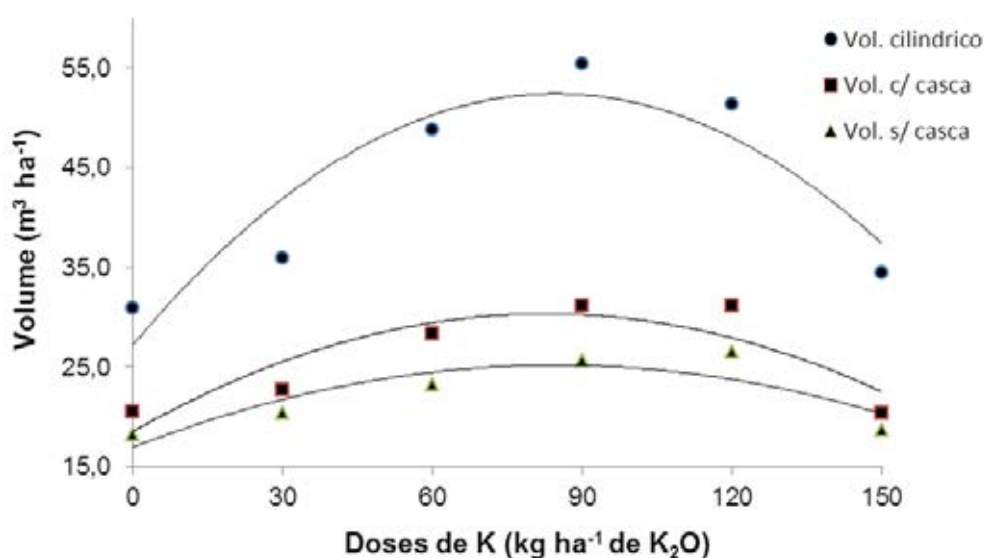
Tabela 2. Médias e resumo da análise de variância do volume cilíndrico das árvores, volume de caule com casca, volume de caule sem casca e biomassa de madeira, até o diâmetro mínimo de 5 cm, de *Corymbia citriodora* aos 12 meses de idade em função das doses de potássio, Monte Alto – SP, 2013.

Doses de K (kg ha^{-1} de K_2O)	Volume ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)			Biomassa (t ha^{-1})
	Cilíndrico	Com casca	Sem casca	
0	30,94	20,53	18,16	7,55
30	35,97	22,66	20,32	8,96
60	48,84	28,27	23,12	9,78
90	55,47	31,20	25,61	13,21
120	51,42	31,10	26,47	12,28
150	34,50	20,39	18,63	7,89
Valores de F				
Doses	2,82 ^{ns}	2,29 ^{ns}	2,06 ^{ns}	3,82*
Blocos	0,86 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,89 ^{ns}
CV %	28,62	26,25	22,48	23,94

^{ns} = não significativo ($p > 0,05$)

(*, **) significativos respectivamente ($p < 0,05$) e ($p < 0,01$)

Verifica-se que a adubação potássica promove ganhos na produção volumétrica de povoamentos florestais. Na recuperação de povoamentos de *E. urophylla*, Valeri et al. (2001) que a aplicação de 33 kg ha⁻¹ de K₂O elevou o incremento médio anual (IMA) do volume cilíndrico de 13,85 para 16,82 m³ (ha ano)⁻¹. Da mesma forma, em brotações de *E. grandis* adubadas com 240 kg ha⁻¹ de K₂O, foi verificado incremento de 54% no volume de madeira (FARIA et al., 2002). Em *Pinus patula*, no continente Africano, o volume de madeira aumentou 29% com a adição de 96 kg ha⁻¹ de K₂O (CROUS; MORRIS e SCHOLE, 2009). Esses resultados reafirmam a importância da adubação potássica no solo a fim de se alcançar boas produtividades florestais.



Vol. cilíndrico: $y = -0,0035206x^2 + 0,59547321x + 27,24$ $R^2 = 0,8461$

Vol. com casca: $y = -0,0017274x^2 + 0,2853738x + 18,53$ $R^2 = 0,7761$

Vol. sem casca: $y = -0,0011468x^2 + 0,1942220x + 16,94$ $R^2 = 0,7513$

Figura 3. Volume cilíndrico das árvores, volume de caule com casca e volume de caule sem casca das plantas de *Corymbia citriodora* em função das doses de K₂O aos 12 meses de idade, Monte Alto – SP, 2013.

O aumento da biomassa de madeira foi explicado por uma equação de terceiro grau (Figura 4). Com base nas médias apresentadas na Tabela 2, houve um aumento de 75% da produção de biomassa de madeira em função da aplicação de 90 kg ha⁻¹ de K₂O no primeiro ano (Tabela 2). A maior produção de biomassa de

madeira ($12,9 \text{ t ha}^{-1}$) foi estimada com aplicação de 103 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 4), equivalente a um incremento de $5,4 \text{ t ha}^{-1}$ em comparação as plantas do tratamento controle. Em *E. saligna*, foi verificado aumento na produção de biomassa do caule de 66%, 59%, 58% aos 1, 2 e 3 anos de idade após adubação com 140 kg ha^{-1} de K_2O (LACLAU et al., 2009). Ainda para mesma espécie, foi verificado incrementos de 67% no volume de madeira aos 78 meses, com aplicação de 27 g planta^{-1} de K_2O (BARROS et al., 1981). Em *E. grandis*, Barros et al. (1992) verificaram que a dose de 179 kg ha^{-1} de K_2O promoveram aumento de 63% aos 6,5 anos de idade, e Galo (1993) também para mesma espécie e idade verificaram que 108 kg ha^{-1} de K_2O promoveram aumento em 92% em comparação as plantas não adubadas.

Os ganhos de crescimento e produtividade com a adubação potássica, observados no presente trabalho revela a grande importância da aplicação desse nutriente em povoamentos de *C. citriodora*. A fase de implantação de povoamento de eucalipto no espaçamento de $3 \times 2 \text{ m}$ geralmente termina aos 12 meses, quando ocorre o fechamento do dossel, como ocorreu no presente trabalho. Nessa fase é importante o acúmulo de biomassa principalmente de folhas, para máxima realização de fotossíntese e acúmulo de biomassa de madeira. Sendo assim, é importante levar em consideração a máxima eficiência técnica para produção de volume e biomassa de madeira.

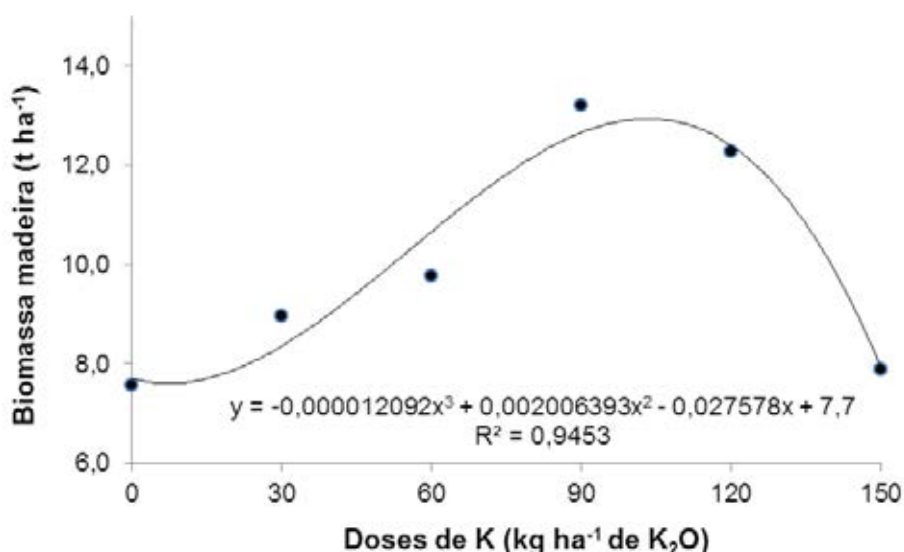


Figura 4. Produção de biomassa de madeira de *Corymbia citriodora* em função das doses de K_2O aos 12 meses de idade, Monte Alto – SP, 2013.

3.4 CONCLUSÕES

As plantas de *Corymbia citriodora* apresentaram respostas positivas de crescimento e produção de biomassa em função das doses de K₂O aplicadas em Argissolo com 1,4 mmol_c dm⁻³ de K⁺ no solo.

Com base nas avaliações de produção de madeira no primeiro ano, recomenda-se a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de K₂O no plantio de *C. citriodora* em Argissolo.

3.5 REFERÊNCIAS

- 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**. Ed. Folha de Viçosa, Viçosa-MG, p.86-127, 1990.
- BARROS, N. F.; BRAGA, J. M.; BRANDI, R. M.; DEFELIPO, B. V. Produção de eucalipto em solos de cerrado em resposta à aplicação de NPK e de B e Zn. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 5, n. 1, p. 90-103, 1981.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; LEAL, P. G. L. Fertilizing eucalypt plantations on the Brazilian savannah soils. **South African Forestry Journal**, Grahamstown, v. 160, p. 7-12, 1992.
- BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ V. V. H et al. (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2002, p. 487-592.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas, Instituto Agronômico, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106)
- CEPAGRI - Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas a agricultura. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_353.html>. Acesso em: 20/02/2015.
- COSTA, F. G.; VALERI, S. V. Efeito do esterco bovino no teor e acúmulo de macronutrientes em folhas de *Corymbia citriodora*. **Nucleus**, Ituverava, v. 9, n. 1, abr., 2012.

CROUS, J. W.; MORRIS, A. R.; SCHOLLES, M. C. Effect of phosphorus and potassium fertiliser on tree growth and dry timber production of *Pinus patula* on gabbro-derived soils in Swaziland. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, Grahamstown, v. 71, n. 3, p. 235-243, 2009.

FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LIMA, J. C.; TEIXEIRA, J. L.. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta a adubação potássica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 5, p.577-584, 2002

FERREIRA, M. Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba, n. 1, p. 83-96, 1970.

GALO, M. V. **Resposta do eucalipto à aplicação de potássio em solo de cerrado**. 1993. 40 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do solo) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG 1993.

GONÇALVES, J. L. M.; RAIJ, B. GONÇALVES, J. C. Florestais. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC (Boletim 100), p. 245-259, 1996.

GONÇALVES, J. L. M. Fertilização de plantações de eucalipto. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2., 2011, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: PTSM/IPEF/ESALQ/FUPEF, 2011. p. 87-113

LACLAU, J. P.; ALMEIDA, J. C. R.; GONÇALVES, J. L. M.; SAINT-ANDRÉ, L.; VENTURA, M.; RANGER, J.; MOREIRA, R. M.; NOUVELLON, Y. Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf lifespan and allocation of above-ground growth in *Eucalyptus* plantations. **Tree Physiology**, Dordrecht, v. 29, p. 111-124, 2009.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N. Variação da densidade aparente e resistência à compressão paralela às fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 3, p. 551-559, 2010.

MAATHUIS, F. J. M. Physiological functions of mineral macronutrients. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 12, n. 3, p. 250-258, 2009.

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. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. San Diego: Academic Press, 2012. 651 p.

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

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil**. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999.

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

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

SETTE JÚNIOR, C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. Ex. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 6, p. 979-990, 2010.

SETTE JÚNIOR, C. R.; DEUS JUNIOR, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; PADUA, F. A.; CALIL, F. N.; LACLAU, J. P. Alterações na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação mineral. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 251-258, 2014.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F. LIBARDI, P. L.; GONÇALVES, A. N. Fertilizer management of eucalypt plantations on sandy soil in Brazil: Initial growth and nutrient cycling. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 301, p. 67-78, 2013.

SILVEIRA, R. L. V. A. Caracterização da deficiência de potássio em diferentes espécies de eucalipto. **Relatório de pesquisa**, 20p, 1997.

SILVEIRA, R. L. V. A.; GAVA, J. L.; MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 523-579, 2005.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M. A.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C.; AZEVEDO, M. R. The Brazil *Eucalyptus* potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1684–1694, 2010.

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