

JULIANA IMACULADA LOPES FIALHO BATISTA

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE JEQUITIBÁ-ROSA
(*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) E CANUDO-DE-PITO (*Mabea
fistulifera* Mart.) EM RESPOSTA À CALAGEM E
A DOSES DE FÓSFORO**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

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

T

B333c
2009

Batista, Juliana Imaculada Lopes Fialho, 1981-
Crescimento e qualidade de mudas de jequitibá-rosa
(*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) e canudo-de-pito
(*Mabea fistulifera* Mart.) em resposta à calagem e a doses
de fósforo / Juliana Imaculada Lopes Fialho Batista.
- Viçosa, MG, 2009.
xi, 68f. : il. ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Cariniana legalis* - Mudas - Qualidade.
2. *Mabea fistulifera* - Mudas - Qualidade.
3. *Cariniana legalis* - Mudas - Crescimento.
4. *Mabea fistulifera* - Mudas - Crescimento.
5. Plantas - Efeito do fósforo.
6. Calagem do solo. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

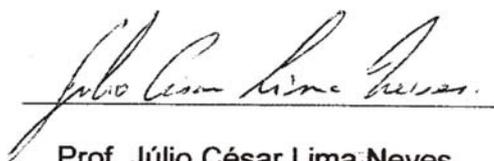
CDO adapt. CDD 634.923232

JULIANA IMACULADA LOPES FIALHO BATISTA

CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE JEQUITIBÁ-ROSA (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) E CANUDO-DE-PITO (*Mabea fistulifera* Mart.) EM RESPOSTA À CALAGEM E DOSES DE FÓSFORO

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

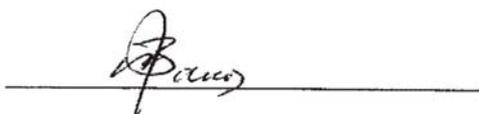
APROVADA: 17 de agosto de 2009.



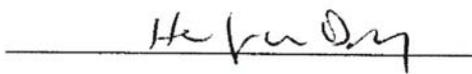
Prof. Júlio César Lima Neves
(Coorientador)



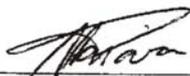
Prof. Helio Garcia Leite
(Coorientador)



Prof. Nairam Félix de Barros



Prof. Herly Carlos Teixeira Dias



Prof. Haroldo Nogueira de Paiva
(Orientador)

A Deus.

Aos meus pais, José Lopes Fialho e Fátima Aparecida Fialho, pelo exemplo e pelo sacrifício e amor doados durante toda a minha vida.

Ao Andinho, pelo amor, pela ajuda e pelo companheirismo.

Às amigas Bruna e Catarina, pela ajuda, pelo incentivo e pela amizade.

À Gabi, por ser uma fonte inesgotável de alegria para mim.

Ao meu bebê que está vindo. Luz da minha vida.

A todos os familiares e amigos, pelo carinho e pelo apoio.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, saúde e disposição para a realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade de realização deste curso.

À Fundação de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Haroldo, pela confiança depositada, pela oportunidade, orientação, paciência e amizade.

Aos coorientadores, professores Helio Garcia Leite e Júlio César de Lima Neves, pelos conhecimentos transmitidos, pela paciência e pelas sugestões valiosas, para realização desta dissertação.

Aos membros da banca examinadora, pelas críticas e sugestões.

Ao Andinho e à minha família, por me apoiarem sempre.

À Bruna e Catarina, pela amizade, pela ajuda, pela troca de ideias, pelos momentos de descontração e, principalmente, pelas suas inseparáveis companhias durante toda a realização deste trabalho.

Aos amigos Miriam, Ana Paula, Pedro Henrique, “Parma”, Fernando, Raquel, Poliana, Lucas, Carla e Vinícius, e aos estagiários Lidiane, Márcia, Naiara e Guilherme, da UFV, e Bruna, Priscila e Cibele, da UFMT, pela amizade e pela ajuda em várias fases do experimento, principalmente nas mais pesadas, como peneirar solo e lavar raízes. A companhia de vocês foi

fundamental, valeu por todo o cansaço e esforço – foram vários episódios engraçados.

Ao Marco Antônio Monte e à Bruna, pela ajuda nas análises estatísticas e também pelos sábios conselhos.

Aos funcionários do viveiro e aos do Laboratório de Sementes Florestais, Mauro, Leacir, Machado e Márcio, pela amizade e por serem tão prestativos.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, em especial à Ritinha, ao Alfredo e ao Chiquinho, pela eficiência e constante ajuda.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho e que, de certa forma, estiveram presentes em minha vida durante o mestrado.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

JULIANA IMACULADA LOPES FIALHO BATISTA, filha de José Lopes Fialho e de Fátima Aparecida Fialho, nasceu em 18 de fevereiro de 1981, em Itabirito, Estado de Minas Gerais.

Em 1999, concluiu o 2º Grau no Colégio Universitário (COLUNI), em Viçosa, MG.

Em 2001, iniciou o curso de graduação em Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais, concluindo-o em maio de 2006.

Em agosto de 2007, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de mestrado, em Ciência Florestal, da UFV, defendendo a dissertação em 17 de agosto de 2009.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE JEQUITIBÁ-ROSA (<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze) EM RESPOSTA À CALAGEM E A DOSES DE FÓSFORO.....	6
Resumo	6
Abstract	7
1. Introdução.....	8
2. Material e métodos	10
3. Resultados e discussão.....	13
3.1. Latossolo Vermelho-Amarelo Álico.....	13
3.2. Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.....	20
3.3. Argissolo Vermelho-Amarelo	24
4. Conclusões	29
5. Referências bibliográficas.....	30

	Página
CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE CANUDO-DE-PITO (<i>Mabea fistulifera</i> Mart.) EM RESPOSTA À CALAGEM E A DOSES DE FÓSFORO.....	34
Resumo	34
Abstract	35
1. Introdução	36
2. Material e métodos	39
3. Resultados e discussão.....	42
3.1. Latossolo Vermelho-Amarelo Álico.....	42
3.2. Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	48
3.3. Argissolo Vermelho-Amarelo	53
4. Conclusões.....	58
5. Referências bibliográficas	59
ANEXOS	62
ANEXO A – Jequitibá-rosa	63
ANEXO B – Canudo-de-pito.....	66

RESUMO

BATISTA, Juliana Imaculada Lopes Fialho, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2009. **Crescimento e qualidade de mudas de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) e canudo-de-pito (*Mabea fistulifera* Mart.) em resposta à calagem e a doses de fósforo.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Coorientadores: Helio Garcia Leite e Júlio César Lima Neves.

O conhecimento das demandas nutricionais das espécies é um dos principais fatores para obtenção de maior produtividade e qualidade, além de maior economia no processo de produção de mudas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da saturação por bases e doses de fósforo sobre o crescimento e a qualidade de mudas de *Cariniana legalis* e *Mabea fistulifera*, em três solos. Adotou-se o delineamento estatístico de blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial, constituído por cinco níveis de P (0, 150, 300, 450 e 600 mg/dm³) combinados com cinco níveis de saturação por bases (original, 30, 45, 60 e 75%), para os Latossolos Vermelho-Amarelo Distrófico e Álico, e quatro níveis para o Argissolo Vermelho-Amarelo (original, 50, 60 e 70%), com três repetições para *Cariniana legalis*, sendo a parcela experimental constituída de nove sacolas plásticas com capacidade de 0,6 dm³ de solo e quatro repetições para *Mabea fistulifera*, sendo a parcela experimental constituída de um vaso de polietileno com capacidade para 1,5 dm³ de solo.

Para o estabelecimento de diferentes valores de saturação por bases, foram utilizados CaCO_3 e MgCO_3 , na relação estequiométrica 4:1. A fonte de P utilizada foi o $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Aos 150 e 160 dias após a semeadura, para *Cariniana legalis* e *Mabea fistulifera*, respectivamente, foram avaliados os parâmetros morfológicos e os índices que determinam a qualidade das mudas. As mudas de *Cariniana legalis* apresentaram resposta significativa à elevação da saturação por bases e à aplicação de P, para a maioria das características avaliadas nos três solos utilizados. No entanto, as melhores mudas foram obtidas com os teores iniciais de Ca, Mg e P (tratamento-testemunha), pois os teores originais destes nutrientes demonstraram ser superiores às doses críticas requeridas por essa espécie. As mudas de *Mabea fistulifera* apresentaram respostas negativas à elevação da saturação por bases e à aplicação de doses de P, demonstrando melhor desempenho com os teores iniciais de Ca^{2+} ($0,14 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), Mg^{2+} ($0,03 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e de P ($0,9 \text{ mg}/\text{dm}^3$) no Latossolo Vermelho Amarelo Álico. Já no Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e no Argissolo-Vermelho Amarelo, as melhores mudas de *Mabea fistulifera* foram obtidas nas saturações por bases originais, sendo recomendadas as doses de fósforo de 130 e 125 mg/dm^3 , para os respectivos substratos, com base na produção de 90% da matéria seca total.

ABSTRACT

BATISTA, Juliana Imaculada Lopes Fialho, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2009. **Growth and quality of jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) and canudo-de-pito (*Mabea fistulifera* Mart.) seedlings in response to liming and phosphorus doses.** Adviser: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-advisers: Helio Garcia Leite and Júlio César Lima Neves.

Understanding the nutritional demands of species is one of the major factors needed to obtain greater yield and quality, besides greater economy of seedling production process. This work aimed to evaluate the influence of base saturation and phosphorus doses on the growth of *Cariniana legalis* and *Mabea fistulifera*, in three soils. The experiment was arranged in a statistical randomized block design, in a factorial scheme, constituted by five levels of P (0, 150, 300, 450 and 600 mg/dm³) combined with five levels of base saturation (original, 30, 45, 60 and 75%), for Dystrophic and Allic Red-Yellow Latosols and four levels for Red-Yellow Argisol (original, 50, 60 and 70%), with three replications for *Cariniana legalis*, with the experimental plot being constituted by nine plastic bags with a capacity of 0.6 dm³ soil and four replications for *Mabea fistulifera*, with the experimental plot constituted of a polyethylene vase with capacity for 1.5 dm³ of soil. For the establishment of different values of base saturation, CaCO₃ and MgCO₃, were used in the stechiometric relation 4:1. The P source used was NaH₂PO₄.H₂O. At 150 and 160 days after sowing, for

Cariniana legalis and *Mabea fistulifera*, respectively, the morphological parameters and indices determining seedling quality were evaluated. The *Cariniana legalis* seedlings presented a significant response to the increase of base saturation and P application, for most of the characteristics evaluated in the three soils used. However, the best seedlings were obtained at the initial contents of Ca, Mg and P (control treatment), as the original contents of these nutrients were shown to be higher than the critical doses required by this species. The *Mabea fistulifera* seedlings presented negative responses to the increase of base saturation and P dose application, showing better performance at the initial contents of Ca^{2+} ($0.14 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), Mg^{2+} ($0.03 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) and P ($0.9 \text{ mg}/\text{dm}^3$) in Allyc Red-Yellow Latosol. Regarding Dystrophic Red-Yellow Latosol and Red-Yellow Argisol, the best seedlings of *Mabea fistulifera* were obtained in the original base saturations, with phosphorus doses of 130 and 125 mg/dm^3 being obtained for the respective substrates, based on production of 90% of total dry matter.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O êxito na formação de povoamentos florestais depende, em grande parte, do padrão de qualidade das mudas plantadas. O uso de substrato apropriado e a fertilização adequada são de suma importância no processo de produção de mudas de espécies arbóreas com qualidade (MORAIS NETO *et al.*, 2003; CHAVES *et al.*, 2006), pois propiciam o desenvolvimento satisfatório das mudas, contribuindo para que sejam vigorosas, resistentes, rústicas e bem nutridas. Sendo assim, a prática de adubação tem sido fundamental, não só para a produção de mudas de boa qualidade silvicultural, mas também para que as plantações florestais alcancem níveis adequados de crescimento no campo (GONÇALVES *et al.*, 2000). O substrato deve apresentar propriedades físicas, químicas e biológicas favoráveis (VALERI; CORRADINI, 2000; GOMES; PAIVA, 2004), sendo o mais utilizado para a produção de mudas de espécies nativas a terra de subsolo (GOMES; PAIVA, 2004).

Em geral, a maioria dos solos de Minas Gerais, mesmo dotados de boas propriedades físicas, apresenta características químicas inadequadas, como: elevada acidez, altos teores de Al trocável e deficiência de nutrientes, especialmente de Ca, de Mg e de P (CFSEMG, 1999), sendo estas as causas dos maiores prejuízos às plantas nesses solos (ALMEIDA *et al.*, 1999).

As características desfavoráveis ao desenvolvimento da maioria das plantas presentes em solos ácidos, como teores de alumínio que podem ser

fitotóxicos e baixos teores de cálcio e magnésio trocáveis, podem ser corrigidas pela calagem (AMARAL *et al.*, 2000).

A calagem assume papel imprescindível na correção e na liberação dos nutrientes para as plantas (OSAKI, 1991). Dentre os fatores atuantes no crescimento e na qualidade de mudas, a calagem se destaca por influenciar a absorção de vários nutrientes e suas respectivas concentrações nas plantas à medida que promove o aumento do pH (BARBOSA *et al.*, 1995).

Entre os nutrientes essenciais para as plantas, o fósforo é um dos mais limitantes ao seu crescimento em condições de solos tropicais, devido à característica de “solo-dreno” que estes apresentam (NOVAIS; SMYTH, 1999). A maioria das terras destinadas ao reflorestamento apresenta baixa disponibilidade de fósforo, além disso, para a produção de mudas é comum o uso de substratos compostos de solos advindos dessas mesmas áreas. Sendo assim, este nutriente torna-se restritivo à produção de mudas de boa qualidade (NOVAIS *et al.*, 1990), pois é um nutriente que se apresenta com baixos teores disponíveis no solo, necessitando de sua aplicação na produção de mudas.

As espécies florestais que ocorrem na Mata Atlântica, em sua maioria, apresentam de média à alta demanda nutricional. Portanto, o aspecto nutricional na produção de mudas deve ser criteriosamente considerado para que as mudas não venham a ter seu crescimento prejudicado pela falta ou pelo desequilíbrio nutricional (GONÇALVES *et al.*, 2000).

Dado ao crescente processo de devastação das áreas de nascentes e das matas ciliares, juntamente com a necessidade de reflorestamento em solos com características químicas diferentes, o conhecimento das demandas nutricionais das espécies utilizadas para estas finalidades, entre outras, é de fundamental importância (FERNANDES *et al.*, 2000; FURTINI NETO *et al.*, 2000).

Segundo Parrota (1992), citado por Faria *et al.* (1995), as espécies nativas têm sido muito utilizadas em programas de revegetação por se adaptarem melhor às condições edafoclimáticas e facilitarem o restabelecimento do equilíbrio entre a fauna e a flora. Outro aspecto a ser considerado refere-se à importância das florestas nativas no contexto da produção de madeira e da conservação ambiental (DUBOC *et al.*, 1996).

Muitas espécies nativas brasileiras possuem grande potencial de utilização, podendo ser empregadas para vários fins. Porém, para a maioria dessas espécies, desconhecem-se as exigências nutricionais durante a fase de formação de mudas. Dentre outros fatores de natureza silvicultural, a nutrição das mudas, via fertilização de seus substratos de crescimento, desponta como um dos principais responsáveis pela obtenção de sua maior produtividade e qualidade, além de maior economicidade do processo de produção (NEVES *et al.*, 1990). Logo, pesquisas que visem avaliar o comportamento de espécies florestais que possam apresentar bom desempenho na região e que possuam características interessantes a diversas finalidades de uso são de grande valia (GOMES, 2002).

Neste contexto, o trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de níveis de saturação por bases e doses de fósforo sobre o crescimento e a qualidade de mudas de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) e canudo-de-pito (*Mabea fistulifera* Mart.), em três tipos de solos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. A.; ERNANI, P. R.; MAÇANEIRO, K. C. Recomendação alternativa de calcário para solos altamente tamponados do extremo sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 29, n. 4, p. 651-656, 1999.

AMARAL, A. S.; SPADER, V.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J. Resíduos vegetais na superfície do solo e a eficiência do herbicida Flumet Sulam. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 30, n. 5, p. 789-794, 2000.

BARBOSA, Z.; VENTURIN, R. P.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R. Crescimento e composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracrodon urudeuva* Fr. All. Eng) sob diferentes saturações por bases. II. Teor foliar de micronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: SBCS/UFV, 1995, v. 2, p. 809-810.

CHAVES, L. de L. B.; CARNEIRO, J. G. de A.; BARROSO, D. G. Crescimento de mudas de angico vermelho produzidas em substrato fertilizado, constituído de resíduos agro-industriais. **Scientia Forestalis**, n. 72, p. 49-56, 2006.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

DUBOC, E.; VENTURIN, N.; VALE, F. R.; DAVIDE, A. C. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (óleo copaíba). **Revista Cerne**, Lavras, MG, v. 2, n. 2, p. 31-47, 1996.

FARIA, M. P. *et al.* Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio II. *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 4, p. 433-446, 1995.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. Crescimento inicial, níveis críticos fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, 2000.

FURTINI NETO, A. E.; SIQUEIRA, J. O.; CURTI, N.; MOREIRA, F. M. S. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba, SP: IPEF, 2000. p. 351-383.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. de. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 116 p.

GOMES, K. C. O. **Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento e nutrição mineral de mudas de angico-branco e garapa**. 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

GONÇALVES, J. L. de M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P. de; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba, SP: IPEF, 2000. p. 309-350.

MORAIS NETO, S. P. de; GONÇALVES, J. L. de M.; RODRIGUES, C. J.; GERES, W. L. de A.; DUCATTI, F.; AGUIRRE-JR, J. H. de. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 779-789, 2003.

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: NOVAIS R. F.; BARROS, N. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 99-126.

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

NOVAIS, R. F.; SMYTH, J. Relação fonte-dreno de fósforo no solo. In: NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. (Ed.). **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 2-6.

OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Campinas, SP: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 525 p.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de Eucaliptus e Pinus. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba, SP: IPEF, 2000. Cap. 6, p. 167-190.

CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE JEQUITIBÁ-ROSA (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) EM RESPOSTA À CALAGEM E A DOSES DE FÓSFORO

Resumo: O êxito na formação de povoamentos florestais depende, em grande parte, da qualidade das mudas plantadas. Muitas espécies nativas brasileiras possuem grande potencial de utilização, porém, para a maioria, desconhecem-se suas exigências nutricionais durante a fase de formação de mudas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da saturação por bases do substrato e das doses de fósforo sobre a produção de mudas de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze), em três solos. Adotou-se o delineamento estatístico de blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial constituído por cinco níveis de P (0, 150, 300, 450 e 600 mg/dm³) combinados com cinco níveis de saturação por bases (original, 30, 45, 60 e 75%), para os Latossolos Vermelho-Amarelo Distrófico e Álico, e quatro níveis para o Argissolo Vermelho-Amarelo (original, 50, 60 e 70%), com três repetições. Para o estabelecimento de diferentes valores de saturação por bases, foram utilizados CaCO₃ e MgCO₃, na relação estequiométrica 4:1. A fonte de P utilizada foi o NaH₂PO₄.H₂O. A parcela experimental foi constituída de nove sacolas plásticas, com capacidade de 0,6 dm³ de solo. Foram avaliados, aos 150 dias após a semeadura, os parâmetros morfológicos e os índices que determinam a qualidade das mudas. A maioria das características avaliadas de *Cariniana legalis*, nos três solos utilizados, foi afetada significativamente pela elevação da saturação por bases e pela aplicação de P. No entanto, as melhores mudas foram obtidas com os teores iniciais de Ca (0,14, 0,17 e 1,74 cmol_c/dm³), Mg (0,03, 0,09 e 0,17 cmol_c/dm³) e P (0,9, 2,5 e 1,5 mg/dm³) contidos no Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, no Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e no Argissolo Vermelho-Amarelo, respectivamente, pois estes teores demonstraram ser superiores às doses críticas destes nutrientes, requeridas pela espécie. Estes resultados podem estar relacionados à sua taxa de crescimento, pois espécies com crescimento lento, adaptadas a solos pouco férteis, têm baixa eficiência de utilização e são menos responsivas ao fornecimento de nutrientes.

Palavras-chave: *Cariniana legalis*, mudas, saturação por bases e fósforo.

GROWTH AND QUALITY OF SEEDLINGS OF JEQUITIBÁ-ROSA (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) IN RESPONSE TO LIMING AND PHOSPHORUS DOSES

Abstract: Successful forest stand formation depends, to a large extent, on the quality of the seedlings planted. Many Brazilian native species have a great potential to be used, but for most of them the nutritional requirements during seedling formation remains unknown. Thus, this work aimed to evaluate the influence of saturation of substrate bases and phosphorus doses on the production of jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) seedlings in three soils. The experiment was arranged in a randomized block design, in a factorial scheme constituted of five P levels (0, 150, 300, 450 and 600 mg/dm³) combined with five levels of base saturation (original, 30, 45, 60 and 75%), for Dystrophic and Allyc Red-Yellow Latosols and four levels for Red-Yellow Argisol (original, 50, 60 and 70%), with 3 repetitions. In order to establish different base saturation values, CaCO₃ and MgCO₃ were used in the stechiometric relation 4:1. The P source used was NaH₂PO₄.H₂O. The experimental plot was constituted by 9 plastic bags, with capacity of 0.6 dm³ of soil. The morphological parameters and indices determining seedling quality were evaluated at 150 days after sowing. Most the characteristics of *Cariniana legalis*, evaluated in the three soils used was affected significantly by the increase of base saturation and P application. However, the best seedlings were obtained with the initial contents of Ca (0.14, 0.17 and 1,74 cmol_c/dm³), Mg (0.03, 0.09 and 0,17 cmol_c/dm³) and P (0.9, 2.5 and 1.5 mg/dm³) contained in the Allyc Red-Yellow Latosol, Dystrophic Red-Yellow Latosols and Red-Yellow Argisol, respectively, since these contents were shown to be higher than the critical doses of these nutrients. These results may be related to their growth rate, since low-growth species, adapted to little fertile soils present low use efficiency and are less responsive to nutrient supply.

Keywords: *Cariniana legalis*, seedlings, base and phosphorus saturation.

1. Introdução

O jequitibá-rosa, uma espécie da família Lecythydaceae, é uma das maiores árvores da flora brasileira, podendo atingir de 30 a 50 m de altura e 70 a 100 cm de diâmetro. Ocorre no Espírito Santo, no Rio de Janeiro, em Minas Gerais, em São Paulo e no Mato Grosso do Sul. Sua madeira é utilizada para construção civil, obras internas, móveis, confecção de brinquedos, salto de calçados, lápis, cabos de vassouras, etc. A árvore é exuberante e ornamental, podendo ser empregada no paisagismo de parques e praças públicas. Apresenta baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos, quando exposta em condições adversas. Como planta tolerante à luz direta é excelente para plantios mistos em áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1998). Espécie com característica de floresta secundária tardia, ocorre nas baixadas e encostas úmidas, sendo encontrada em pequenos grupos no estrato superior da Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica), na formação Baixo-Montana e na Floresta Estacional Semidecidual, apresentando crescimento de moderado a rápido (CARVALHO, 1994).

O maior entrave para o uso de espécies florestais nativas em plantios comerciais ou na recuperação de áreas degradadas tem sido a falta de estudos que envolvem a absorção de nutrientes e os requerimentos nutricionais dessas espécies, bem como sua sensibilidade a condições distintas de estresses químico ou físico (FURTINI NETO *et al.*, 1995). Sendo assim, a nutrição das mudas, via fertilização de seus substratos de crescimento, desponta como um dos principais fatores responsáveis pela obtenção de sua maior produtividade e qualidade, além de maior economicidade do processo de produção (NEVES *et al.*, 1990).

A acidez do solo é um dos fatores limitantes à produtividade das culturas em várias partes do mundo, inclusive no Brasil. Problemas de deficiência nutricional, baixa capacidade de retenção de água e baixa atividade de microrganismos são algumas das características presentes em solos ácidos que necessitam, para se incorporarem ao processo produtivo, de uso adequado de corretivos, como calcário, e de adubação. A calagem é uma das práticas menos dispendiosas e a mais efetiva na correção da acidez do solo (FAGEIRA, 2001).

A prática da calagem tem dois objetivos fundamentais: correção da acidez do solo para diminuir ou até anular os efeitos tóxicos das altas concentrações ou saturações de Al, Mn e Fe; e correção das deficiências de Ca e Mg (SOUZA *et al.*, 2007).

Os critérios de recomendação de calagem são variáveis e sua necessidade irá depender do objetivo dessa prática. Para estimar a necessidade de calagem (NC), ou seja, a dose de calcário a ser recomendada para diminuir a acidez do solo, de uma condição inicial até um nível desejado, são usados dois métodos em Minas Gerais: o “método da neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de Ca e Mg trocáveis” e o “método da saturação por bases” (ALVAREZ V.; RIBEIRO, 1999).

No método da neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de Ca + Mg, a calagem deve ser suficiente para corrigir a acidez do solo, considerando a suscetibilidade ou a tolerância da cultura à elevada acidez trocável e a capacidade-tampão do solo. Por outro lado, deve-se elevar a disponibilidade de Ca e de Mg de acordo com as exigências das culturas por estes nutrientes, ou seja, neste método consideram-se ao mesmo tempo as características do solo e das culturas (CFSEMG, 1999).

No método da saturação por bases, considera-se a relação existente entre o pH e a saturação por bases (SOUZA *et al.*, 2007). Assim, quando se quer atingir, com a calagem, um definido valor de saturação por bases, o que se pretende, na verdade, é corrigir a acidez do solo para definido valor de pH, considerado adequado a certa cultura. Para utilizar este método, devem-se determinar os teores de Ca, Mg e K trocáveis e, em alguns casos, de Na trocável, além de determinar a acidez potencial (H + Al) (CFSEMG, 1999). Este método tem a importante característica de considerar a facilidade dos cálculos e a flexibilidade de adaptação para diferentes culturas (RAIJ, 1991).

A necessidade de conhecer os níveis críticos de um nutriente no solo, para dada espécie vegetal ou grupo de espécies com características semelhantes, fundamenta-se não apenas em suas exigências nutricionais variáveis, mas também nas diferenças entre suas eficiências de absorção e, ou, de utilização do nutriente (NEVES, 1983). Uma série de fatores da planta, do solo e do meio ambiente influencia a determinação do nível crítico (CARVALHO *et al.*, 1993). Este representa a concentração de determinado

nutriente com a qual a planta terá 10% de redução no seu desempenho máximo (FONTES, 2001).

Como a maioria dos solos disponíveis para reflorestamento no Brasil é de baixa fertilidade, deficientes principalmente de fósforo (NOVAIS *et al.*, 1990), e sendo comum a produção de mudas de essências florestais em recipientes cujos substratos são compostos de solo, faz-se necessária a determinação da quantidade de fósforo a ser fornecida, via fertilização, para o melhor desenvolvimento das plantas.

A reduzida disponibilidade de fósforo pode ser responsável pelo inadequado desenvolvimento das plantas em solos ácidos das regiões tropicais, devido à característica de “solo-dreno” que estes apresentam, por possuírem elevada capacidade de fixação de P (NOVAIS; SMYTH, 1999), o que torna a deficiência deste nutriente o mais importante fator nutricional que restringe o crescimento vegetal (FURTINI NETO *et al.*, 1999).

O fósforo é um componente estrutural essencial, estando envolvido em vários processos metabólicos das células (MARSCHNER, 1995). Tem participação nas estruturas dos fosfolipídios, ésteres de carboidratos, coenzimas e ácidos nucleicos, no armazenamento e fornecimento de energia (ATP), além de funções oxidativas, que estão associadas com o transporte eletrônico na fase aeróbica da respiração, sendo a energia armazenada na forma de compostos ricos em energia empregada em reações e processos dos mais diversos (MALAVOLTA *et al.*, 1989).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de níveis de saturação por bases do substrato e doses de fósforo sobre o crescimento e a qualidade das mudas de *Cariniana legalis*, cultivadas em três tipos de solo.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido no Viveiro de Pesquisa do Departamento de Engenharia Florestal, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (DEF/UFV), em Viçosa, MG, no período de dezembro de 2007 a maio de 2008.

Foram utilizadas amostras de três tipos de solos como substratos, um Argissolo Vermelho-Amarelo e dois Latossolos, um Vermelho-Amarelo Álico e

outro Distrófico, provenientes de áreas próximas a Viçosa, retiradas da camada abaixo de 20 cm de profundidade, tendo sido realizada a caracterização química dessas amostras (Tabela 1). Posteriormente, cada solo foi seco ao ar e peneirado em malha de 5 mm.

Tabela 1 – Resultados da análise química das amostras de solos utilizados na produção de mudas de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze). AVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; LVD: Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico; e LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo Álico

Solo	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	P-rem
	- H ₂ O -	--- mg/dm ³ ---		----- cmol _c /dm ³ -----							----- % -----		mg/L
AVA	5,64	1,5	16	1,74	0,17	0,00	3,00	1,95	0,33	4,95	39,4	0,0	22,7
LVD	5,40	2,5	26	0,17	0,09	0,00	2,00	0,33	1,95	2,33	14,2	0,0	8,7
LVA	4,73	0,9	10	0,14	0,03	1,20	5,30	0,20	1,40	5,50	3,6	85,7	13,4

pH em água = relação 1: 2,5; P e K = extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ = extrator: KCL 1 mol/L; H + Al = extrator acetato de cálcio 0,5 mol/L = pH 7,0; SB = soma de bases trocáveis; (t) = capacidade de troca catiônica efetiva; (T) = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = índice de saturação por bases; m = índice de saturação por alumínio; e P-rem = fósforo remanescente: concentração de P na solução de equilíbrio após 24 horas de agitação de 60 mg/L de P em CaCl₂ 0,01 mol/L.

Em seguida, foram estabelecidos quatro níveis de saturação por bases (original (39,4%), 50, 60 e 70%) para o Argissolo Vermelho-Amarelo e cinco níveis para os Latossolos Vermelho-Amarelo, correspondentes a original (3,6%), 30, 45, 60 e 75% para o Álico e original (14,2%), 30, 45, 60 e 75% para o Distrófico, respectivamente, utilizando-se para cálculo a fórmula:

$$NC = (V_e - V_a) T/100$$

em que

NC= necessidade de calagem (toneladas/ hectare ou cmol_c/dm³);

V_e = saturação por bases desejada ou esperada, em %;

V_a = saturação por bases atual do solo, conforme análise, em %; e

T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (cmol_c/dm³).

Para o estabelecimento de diferentes valores de saturação por bases, foi utilizada uma mistura corretiva de CaCO₃ e MgCO₃, na relação estequiométrica 4:1. Após a incorporação da mistura corretiva aos solos, estes permaneceram

em incubação por um período de 30 dias, com o teor de umidade mantido próximo da capacidade de campo.

Após o período de incubação, os solos receberam as doses de P (0, 150, 300, 450 e 600 mg/dm³), tendo sido utilizado como fonte o NaH₂PO₄.H₂O. Juntamente com a adição do fósforo, foi realizada uma adubação básica via solução, aplicada quatro dias antes da semeadura, nas seguintes doses: 100 mg/dm³ de N, 100 mg/dm³ de K e de 40 mg/dm³ de S, usando-se como fontes o NH₄NO₃, KCl e K₂SO₄, conforme sugerido por Passos (1994). Foi aplicada também uma solução de micronutrientes, nas seguintes doses: 0,81 mg/dm³ de B, 1,33 mg/dm³ de Cu, 0,15 mg/dm³ de Mo, 3,66 mg/dm³ de Mn e 4,0 mg/dm³ de Zn, com as seguintes fontes, respectivamente: H₃BO₃, CuSO₄.5H₂O, (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O, MnCl₂.H₂O e ZnSO₄.7H₂O (ALVAREZ V. *et al.*, 2006). Após aplicação, procedeu-se à mistura das soluções com o solo das parcelas experimentais. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), com três repetições. A parcela experimental, constituída de nove sacolas plásticas de dimensões 10 x 14 cm, com capacidade de 0,6 dm³ cada, foi irrigada diariamente, de forma a manter o solo com o teor de umidade próximo da capacidade de campo. As sacolas plásticas com as mudas foram acondicionadas em canteiros do viveiro, com temperatura e umidade relativa do ar ambiente.

Como adubação de cobertura foram aplicados 20 mg/ dm³ de N, aos 35, 70 e 105 dias após a germinação, utilizando como fonte, nas duas primeiras épocas, o NH₄NO₃, e na última, o KNO₃. Nesta última, além do N, foram adicionados 55,8 mg/dm³ de K (GARCIA, 1986).

As sementes de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) foram adquiridas de árvores-matrizes localizadas na região de Viçosa-MG, pelo Setor de Silvicultura do DEF/UFV.

Para a produção das mudas, cada recipiente recebeu três sementes. Aos 15 dias após a emergência das plântulas foi efetuado o primeiro raleio, deixando-se duas plantas por recipiente, e aos 30 dias um segundo raleio foi realizado, deixando-se apenas uma planta por recipiente.

Aos 150 dias após a semeadura, foram medidas as características altura da parte aérea (H), com régua com precisão de 0,1 cm, e diâmetro do coleto

(DC), com paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm, de todas as plantas. Em seguida, as plantas foram separadas em raiz e parte aérea, sendo o sistema radicular lavado com água corrente. O material foi colocado em sacos de papel pardo, identificado e levado para estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 45°C, até atingir massa constante. Depois de seco, o material foi pesado em balança analítica com precisão de 0,01 g, para determinação do peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), do peso de matéria seca das raízes (PMSR) e, por meio do somatório das duas, do peso de matéria seca total (PMST).

Com os dados dos parâmetros morfológicos foram calculadas as relações que exprimem qualidade de mudas: relação entre altura e diâmetro do coleto (H/DC), relação entre altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), relação entre peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), segundo metodologia utilizada por Gomes (2001), em que $IQD = PMST / (H/DC + PMSPA / PMSR)$.

Os dados foram interpretados estatisticamente por análise de variância e regressão, utilizando-se o software Statistica 8.0. A escolha da melhor equação de regressão foi feita com base no coeficiente de determinação (R^2) e na significância dos coeficientes, testada a 10, 5 e 1% de probabilidade. Foram utilizados coeficientes de determinação considerando os dados individuais (R^2) e as médias dos tratamentos (R^2_m), por ser igual o número de repetições dos tratamentos. Foram feitas análises de variância para cada solo individualmente, pois o Argissolo Vermelho-Amarelo apresentava um nível a menos de saturação por bases que os demais solos.

3. Resultados e discussão

3.1. Latossolo Vermelho-Amarelo Álico

A análise de variância (ANOVA) indicou efeito significativo em relação à elevação da saturação por bases do substrato (V_e) sobre as características avaliadas, exceto para o peso de matéria seca das raízes, para as relações entre as características altura e diâmetro do coleto e altura e peso de matéria

seca da parte aérea e para o índice de qualidade de Dickson. Por outro lado, observou-se que, em relação à aplicação de fósforo (P), todas as características avaliadas apresentaram resposta significativa (Tabela 2).

Foram observados comportamentos semelhantes para as características em relação à elevação da saturação por bases do substrato, apresentando tendência quadrática, exceto para a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes, para a qual não foi encontrado um modelo estatístico que se ajustasse, de maneira satisfatória, às respostas observadas. Entretanto, constata-se que as características apresentaram maiores valores próximos à saturação por bases original (3,6%) do solo e decréscimo à medida que aumentou a saturação por bases (Figura 1). Portanto, a elevação da saturação por bases do substrato resultou em resposta negativa para a maioria das características avaliadas.

Pode-se inferir que a espécie possui baixa exigência de cálcio e magnésio na fase juvenil, sendo os teores iniciais de Ca ($0,14 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e de Mg ($0,03 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), contidos no solo, suficientes para suprir as suas necessidades nesta fase, utilizando-se como substrato o Latossolo Vermelho-Amarelo Álico. Observa-se ainda que as mudas de *Cariniana legalis* demonstraram tolerância ao Al, pois nesse solo havia elevado teor e saturação por alumínio (Tabela 1). Certas espécies possuem mecanismos de complexação de Al na raiz, evitando seu transporte para a parte aérea da planta, o que pode ser um importante fator para a tolerância de plantas ao Al, pois a permanência do íon no sistema radicular pode evitar efeitos deletérios desse elemento em outros órgãos. Alguns autores relatam, como mecanismos internos de tolerância, a complexação do Al no citossol por ligantes como ácidos orgânicos e proteínas, a compartimentalização no vacúolo e a existência de enzimas de tolerância ao Al (HAUG; VITORELLO, 1997; KOCHIAN; JONES, 1997; RENGEL; REID, 1997).

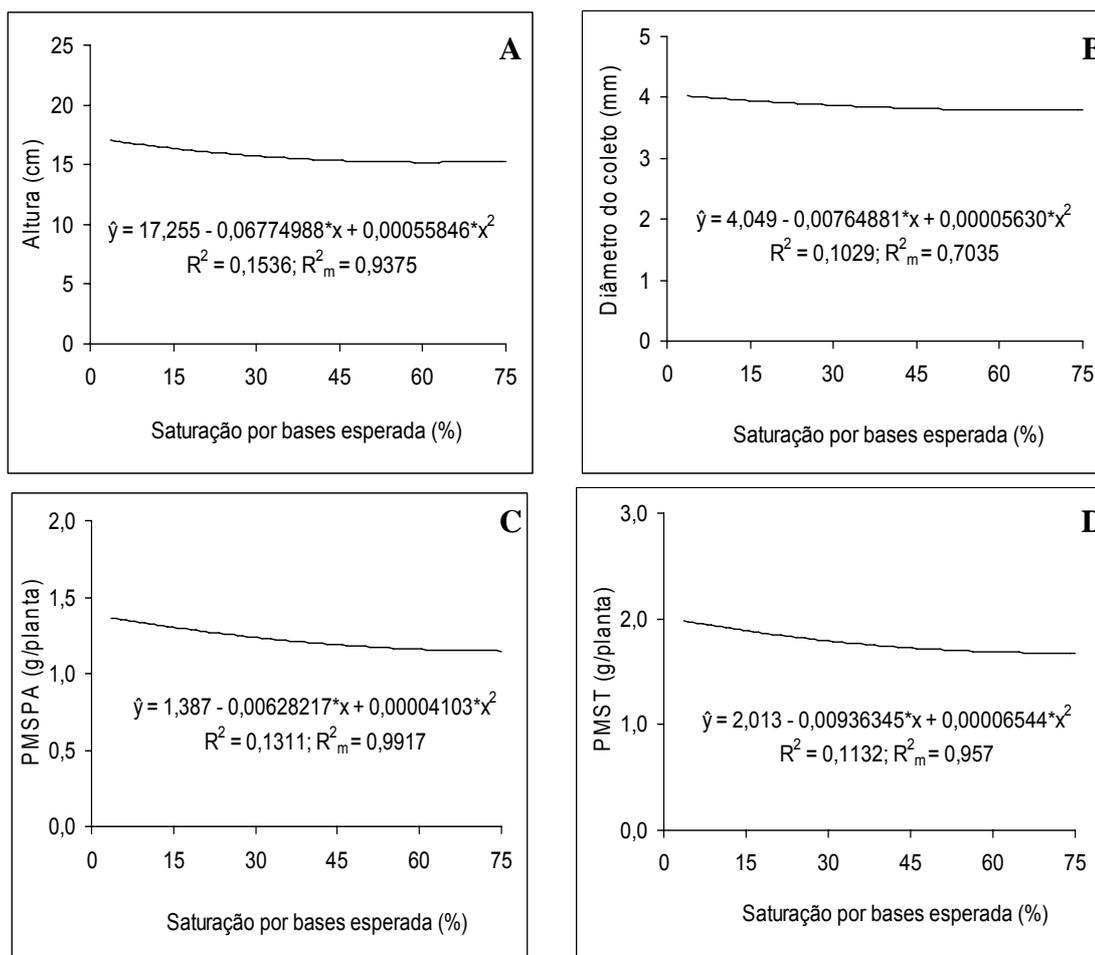
Em contrapartida, Souza *et al.* (2008) obtiveram menores médias no tratamento sem mistura corretiva, utilizando o mesmo substrato do presente trabalho e avaliando as mesmas características, para a produção de mudas de bico-de-pato.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância dos dados de altura (H), diâmetro do coleto (DC), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca das raízes (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), relações entre as características altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de jequitibá-rosa, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato (Ve) e à aplicação de doses de fósforo (P), aos 150 dias após a semeadura, em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico

FV	GL	Quadrado Médio								
		H	DC	PMSPA	PMSR	PMST	H/DC	H/MSPA	PMSPA/PMSR	IQD
Ve	4	9,07*	0,198*	0,1201*	0,02552 ^{ns}	0,2420*	0,155 ^{ns}	2,14 ^{ns}	0,1727*	0,004490 ^{ns}
P	4	11,07*	0,137*	0,2088*	0,04468*	0,4123*	0,290*	6,24*	0,2984*	0,007497*
Ve* P	16	1,78 ^{ns}	0,090 ^{ns}	0,0409 ^{ns}	0,01768 ^{ns}	0,1039 ^{ns}	0,028 ^{ns}	1,67 ^{ns}	0,1044 ^{ns}	0,003677 ^{ns}
Bloco	2	16,74*	0,058 ^{ns}	0,1116*	0,17720*	0,3564*	1,194*	4,55 ^{ns}	3,2326*	0,023994*
Resíduo	48	1,65	0,053	0,0300	0,01022	0,0664	0,065	1,51	0,0619	0,002143
CV (%)		8,1	5,9	14,2	18,2	14,5	6,2	9,3	10,9	16,4

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.



R^2 = coeficiente de determinação considerando os dados individuais.

R^2_m = coeficiente de determinação considerando as médias dos tratamentos.

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 1 – Altura da parte aérea (A), diâmetro do coleto (B), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) (C) e peso de matéria seca total (PMST) (D) das mudas de jequitibá-rosa, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato, aos 150 dias após a semeadura, em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico.

Foram observados comportamentos quadráticos para a maioria das características avaliadas à aplicação de P, exceto para o peso de matéria seca das raízes e para a relação altura da parte aérea e diâmetro do coleto, que responderam de maneira linear. Para a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes não houve ajuste adequado dos dados a um modelo estatístico que explicasse, de forma adequada, as respostas observadas.

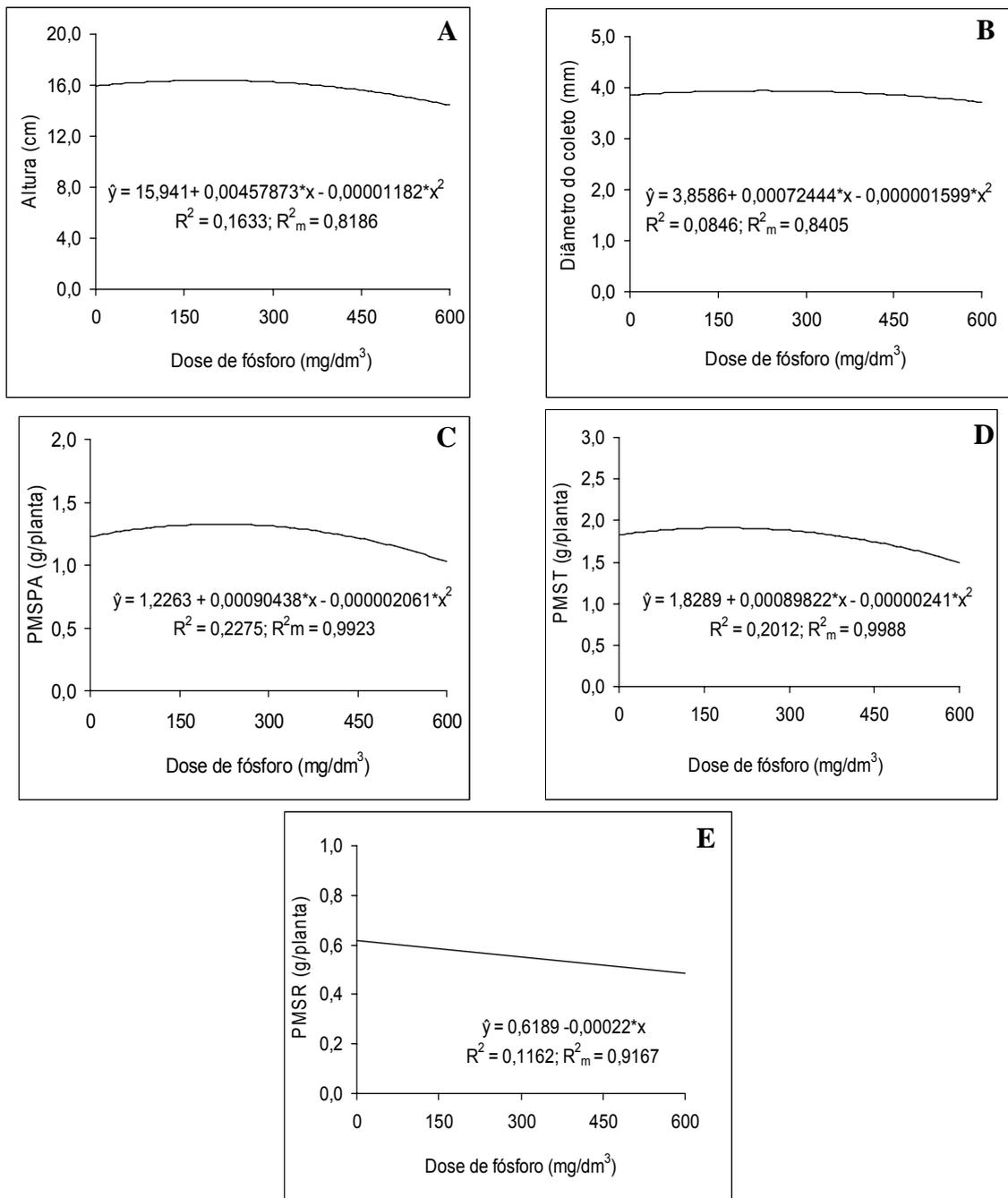
Parâmetros morfológicos como a altura e o diâmetro, apesar de fácil medição e de não acarretarem destruição da planta, não devem ser analisados isoladamente, pois na literatura encontram-se resultados controversos, uma vez que mudas crescem mais ou menos no campo, independentemente de seu tamanho inicial (GOMES, 2001). No entanto, os resultados do presente trabalho indicam mudas com crescimento atingindo ponto de máximo de 16,38 cm e 3,94 mm com as doses de P de 193,68 e 226,53 mg/dm³, para altura e diâmetro, respectivamente (Figura 2(A e B)).

Para o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e o peso de matéria seca total (PMST) foram encontrados pontos de máximos de 1,33 e 1,93 g nas doses de 219,40 e 186,35 mg/dm³ de P, respectivamente (Figura 2(C e D)). Quanto maior o valor do peso de matéria seca total, melhor a qualidade da muda avaliada, considerando que o acúmulo de biomassa é uma característica importante, relacionada ao crescimento da planta. Leles *et al.* (2000) atribuíram o maior crescimento inicial das mudas em campo ao maior crescimento da parte aérea e da raiz verificados ainda em viveiro. Segundo Koslowski *et al.* (1991), o crescimento inicial das plantas no campo depende de fotossintatos armazenados pela muda.

O peso de matéria seca das raízes (PMSR) demonstrou diminuição linear com o aumento das doses aplicadas de P (Figura 2(E)). Provavelmente, os maiores valores de PMSR, ocorrendo com as menores disponibilidades de P, podem ser atribuídos ao fato de o crescimento radicular ser favorecido em solos deficientes de N e P, como estratégia para extrair o máximo do nutriente presente no solo, segundo Marschner *et al.* (1996), citados por Fernandes *et al.* (2000).

Observou-se, neste estudo, que a espécie possui baixa exigência de fósforo na fase juvenil, sendo o P inicialmente contido no solo (0,9 mg/dm³) suficiente para suprir as suas necessidades nesta fase, utilizando-se como substrato o Latossolo Vermelho-Amarelo Álico. Verificou-se, ainda, que o P existente inicialmente é superior à dose crítica exigida pela espécie, considerando-se 90% de produção máxima, com base na produção de matéria seca total.

A baixa exigência das mudas de jequitibá-rosa em cálcio, magnésio e fósforo, verificada neste solo, relaciona-se à sua taxa de crescimento, pois esta espécie caracteriza-se como secundária tardia. Conforme Lambers e Poorter



R^2 = coeficiente de determinação considerando os dados individuais

R^2_m = coeficiente de determinação considerando as médias dos tratamentos

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 2 – Altura da parte aérea (A), diâmetro do coleto (B), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) (C), peso de matéria seca total (PMST) (D), peso de matéria seca de raízes (PMSR) (E) das mudas de jequitibá-rosa, em resposta à aplicação de doses de fósforo, aos 150 dias após a semeadura, em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico.

(1992), espécies com crescimento lento, adaptadas a solos pouco férteis, têm baixa eficiência de utilização e são menos responsivas ao fornecimento de nutrientes.

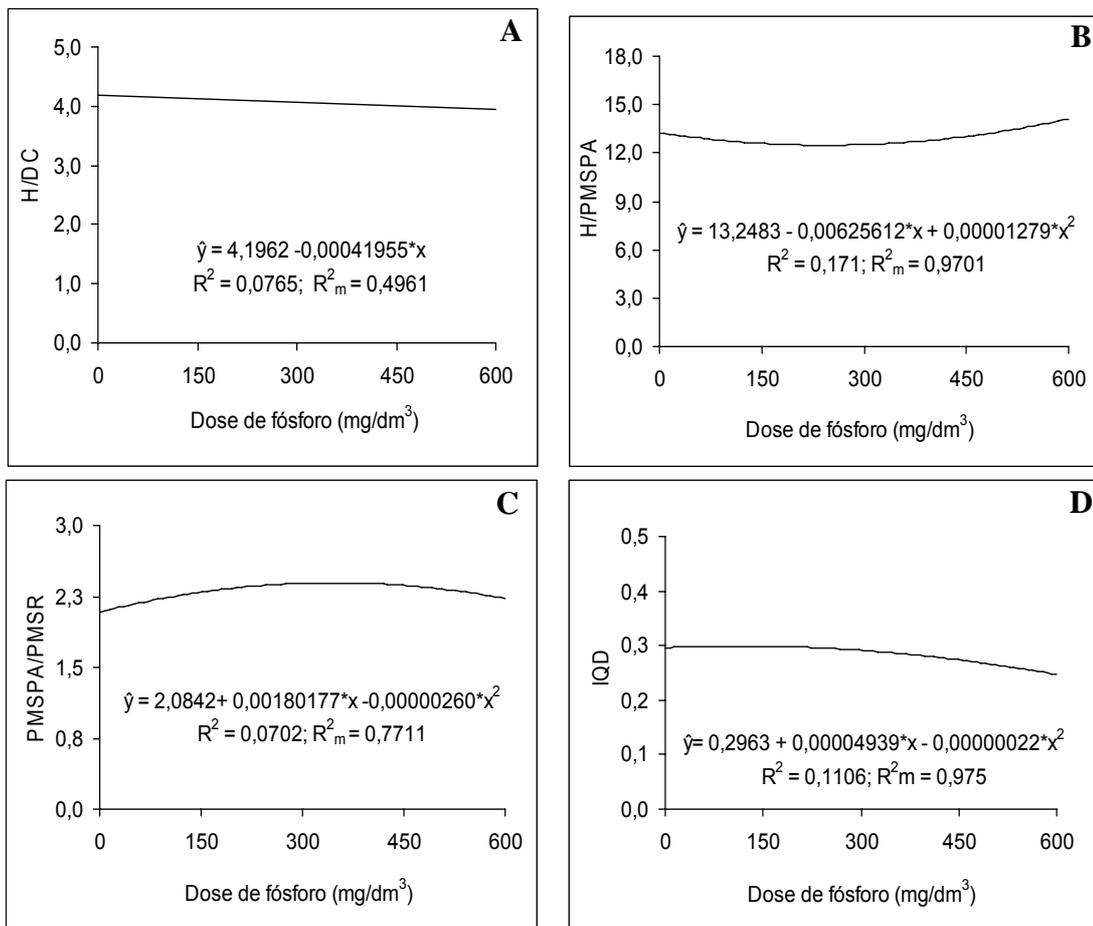
Alguns estudos indicam a existência de espécies com baixo requerimento nutricional para macronutrientes, como constatado por Duboc *et al.* (1996). Trabalhando com mudas de *Hymenaea courbaril*, os autores constataram que a produção de matéria seca de parte aérea não diferiu entre os tratamentos com omissão dos macronutrientes, o tratamento completo e o tratamento-testemunha.

Carneiro (1976) reporta que para o crescimento equilibrado de mudas em raiz nua de *Pinus taeda* o valor de H/DC deverá ser inferior a 8,1 e que quanto maior o número de mudas que se enquadrem abaixo desse valor, mais aptas estarão para o plantio. Os valores observados para *Cariniana legalis* (Figura 3(A)) estão abaixo do maior valor indicado para *Pinus taeda*, demonstrando assim que as mudas apresentaram desenvolvimento equilibrado e boa capacidade de se estabelecerem após o plantio no campo.

A relação entre a altura e o peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA) apresentou ponto de mínimo de 12,2 com a dose de 315 mg/dm³ de P (Figura 3(B)). Normalmente, essa relação não é utilizada para avaliar o padrão de qualidade das mudas, mas pode ser de grande interesse para predizer o potencial de sobrevivência das mudas no campo, devendo ser ressaltado que quanto menor este quociente, maior a capacidade de sobrevivência (GOMES, 2001).

A relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) é considerada um índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade de mudas, segundo Limstrom (1963) e Parviainen (1981), citados por Gomes (2001). A melhor relação entre estas características foi estabelecida como 2,0, segundo Brissete (1984), citado por Gomes (2001), sendo o maior valor encontrado neste estudo de 2,35 com a dose de 315 mg/dm³ de P (Figura 3(C)).

Neste trabalho, foi determinado o ponto de máximo de 0,30 para o índice de qualidade de Dickson (IQD) na dose de 150 mg/dm³ de P (Figura 3(D)). Quanto maior o IQD, melhor o padrão de qualidade das mudas (GOMES, 2001).



R^2 = coeficiente de determinação considerando os dados individuais.

R^2_m = coeficiente de determinação considerando as médias dos tratamentos.

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 3 – Relações entre as características altura da parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC) (A), altura da parte aérea e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA) (B), peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) (C) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (D) das mudas de jequitibá-rosa, em resposta à aplicação de doses de fósforo, aos 150 dias após a semeadura, em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico.

3.2. Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico

A análise de variância (ANOVA) indicou efeito significativo em relação à elevação da saturação por bases do substrato (V_e), para a maioria das características avaliadas (Tabela 3). Para a aplicação de fósforo (P), apenas as

Tabela 3 – Resumo da análise de variância dos dados de altura (H), diâmetro do coleto (DC), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca das raízes (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), relações entre as características altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de jequitibá-rosa, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato (Ve) e à aplicação de doses de fósforo (P), aos 150 dias após a semeadura, em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico

FV	GL	Quadrado Médio								
		H	DC	PMSPA	PMSR	PMST	H/DC	H/PMSPA	PMSPA/PMSR	IQD
Ve	4	16,04*	0,394*	0,17217*	0,04044*	0,3613*	0,335*	6,06 ^{ns}	0,1462 ^{ns}	0,008221*
P	4	4,72*	0,143 ^{ns}	0,05923*	0,00929 ^{ns}	0,0971*	0,285 ^{ns}	4,81 ^{ns}	0,1372 ^{ns}	0,003187 ^{ns}
Ve* P	16	2,25 ^{ns}	0,051 ^{ns}	0,02785 ^{ns}	0,00410 ^{ns}	0,0435 ^{ns}	0,137 ^{ns}	3,47 ^{ns}	0,0901 ^{ns}	0,001314 ^{ns}
Bloco	2	17,87*	0,202*	0,08777*	0,02371*	0,2011*	1,303*	5,53 ^{ns}	0,0067 ^{ns}	0,004820 ^{ns}
Resíduo	48	1,77	0,057	0,01686	0,00694	0,0362	0,117	3,62	0,0718	0,002238
CV (%)		9,6	6,4	12,6	16,1	12,3	9,1	14,0	13,2	17,4

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

características altura, peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca total apresentaram resposta significativa (Tabela 3).

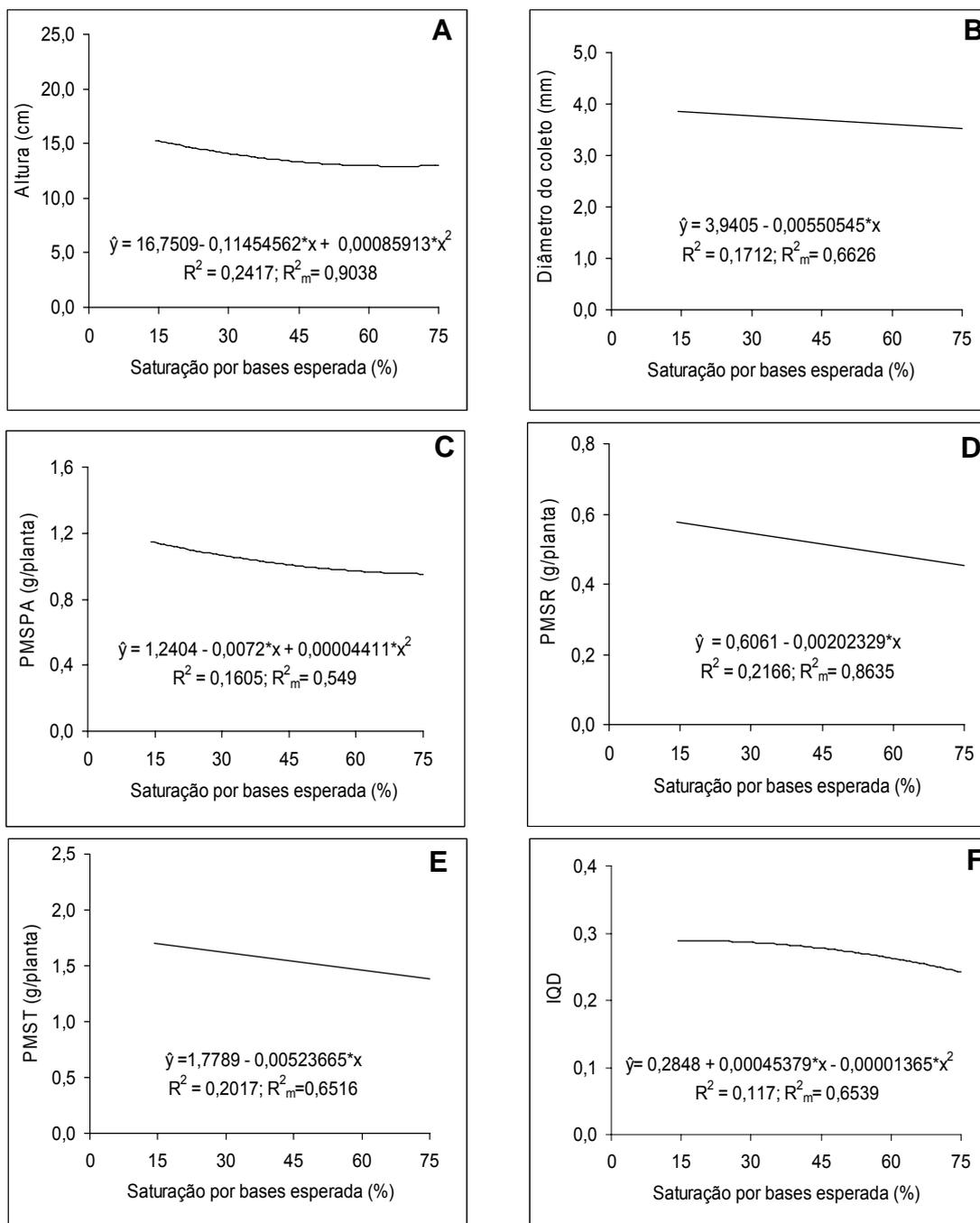
Observa-se comportamento das características com tendência linear ou quadrática em relação à elevação da saturação por bases do substrato (Figura 4); e para a relação altura da parte aérea e diâmetro do coleto não foi possível encontrar um modelo estatístico que se ajustasse às respostas observadas. Os resultados possibilitam inferir que com aumento da saturação por bases do substrato há decréscimo das características observadas (Figura 4(A e E)), exceto para o índice de qualidade de Dickson (Figura 4(F)), que apresenta ponto de máximo a uma menor saturação ($V_e = 20\%$). Deve ser ressaltado que quanto maior este índice maior o padrão de qualidade das mudas produzidas (GOMES, 2001), confirmando assim a obtenção de melhores mudas na saturação original ($V_a = 14,2\%$).

Provavelmente, esses resultados estão relacionados à baixa exigência de cálcio e magnésio dessa espécie na fase juvenil, sendo os teores iniciais de Ca^{2+} ($0,17 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$) e de Mg^{2+} ($0,09 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$) contidos no solo suficientes para suprir as necessidades das plantas, pelo menos durante a fase de mudas.

Esses resultados se assemelham ao encontrado por Reis *et al.* (1997), que obtiveram resposta negativa para diâmetro do coleto e altura da parte aérea e nenhuma influência da calagem sobre a produção de matéria total de mudas de *Dalbergia nigra*.

Apenas as características altura, peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca total apresentaram resposta significativa à aplicação de doses de P, porém não foram encontrados modelos estatísticos que se ajustassem adequadamente e explicassem as respostas observadas. O teor original de P ($2,5 \text{ mg}/\text{dm}^3$) do solo não limitou o crescimento inicial de *Cariniana legalis* neste substrato; provavelmente o P original, presente neste substrato, é superior à dose crítica exigida pela espécie.

Respostas similares às obtidas para produção de mudas de *Cariniana legalis*, com baixo requerimento de fósforo, também foram observadas por Bovi *et al.* (2002), que verificaram ausência de resposta à adubação fosfatada em pupunheira, possivelmente por ser esta espécie de origem nativa de solos ácidos e adaptada a se desenvolver em solos com baixos teores de P.



R^2 = coeficiente de determinação considerando os dados individuais.

R_m^2 = coeficiente de determinação considerando as médias dos tratamentos.

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 4 – Altura da parte aérea (A), diâmetro do coleto (B), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) (C), peso de matéria seca das raízes (PMSR) (D), peso de matéria seca total (PMST) (E) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (F) das mudas de jequitibá-rosa, em resposta à elevação da saturação por bases, aos 150 dias após a semeadura, em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Vários estudos demonstram distintos comportamentos das espécies em função das doses de P aplicadas. Como constatado por Fernandes *et al.* (2000), que ao estudarem o comportamento de três espécies florestais, cultivadas sob diferentes doses de fósforo (0, 150, 300 e 600 mg/dm³), constataram que a paineira foi mais eficiente na absorção do fósforo em comparação à aroeirinha e ao jambolão, apresentando maior produção de matéria seca que as demais espécies, sob baixas e altas doses deste nutriente.

Esses resultados indicam que a baixa exigência das mudas de jequitibá-rosa em cálcio, magnésio e fósforo relaciona-se à sua taxa de crescimento, pois esta espécie caracteriza-se como secundária tardia. Espécies com crescimento lento, adaptadas a solos pouco férteis, têm baixa eficiência de utilização e são menos responsivas ao fornecimento de nutrientes (LAMBERS; POORTER, 1992).

3.3. Argissolo Vermelho-Amarelo

Na Tabela 4 observa-se que a elevação da saturação por bases do substrato não exerceu efeito significativo sobre as características avaliadas. Para a aplicação de P, todas as características apresentaram resposta significativa, exceto a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes. Houve interação significativa entre a saturação por bases do substrato (Ve) e as doses de fósforo (P) também para as características de peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca das raízes, peso de matéria seca total e as relações entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea e entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes. Sendo assim, foram realizados desdobramentos das saturações por bases do substrato em função das doses de P aplicadas, para todas as características avaliadas.

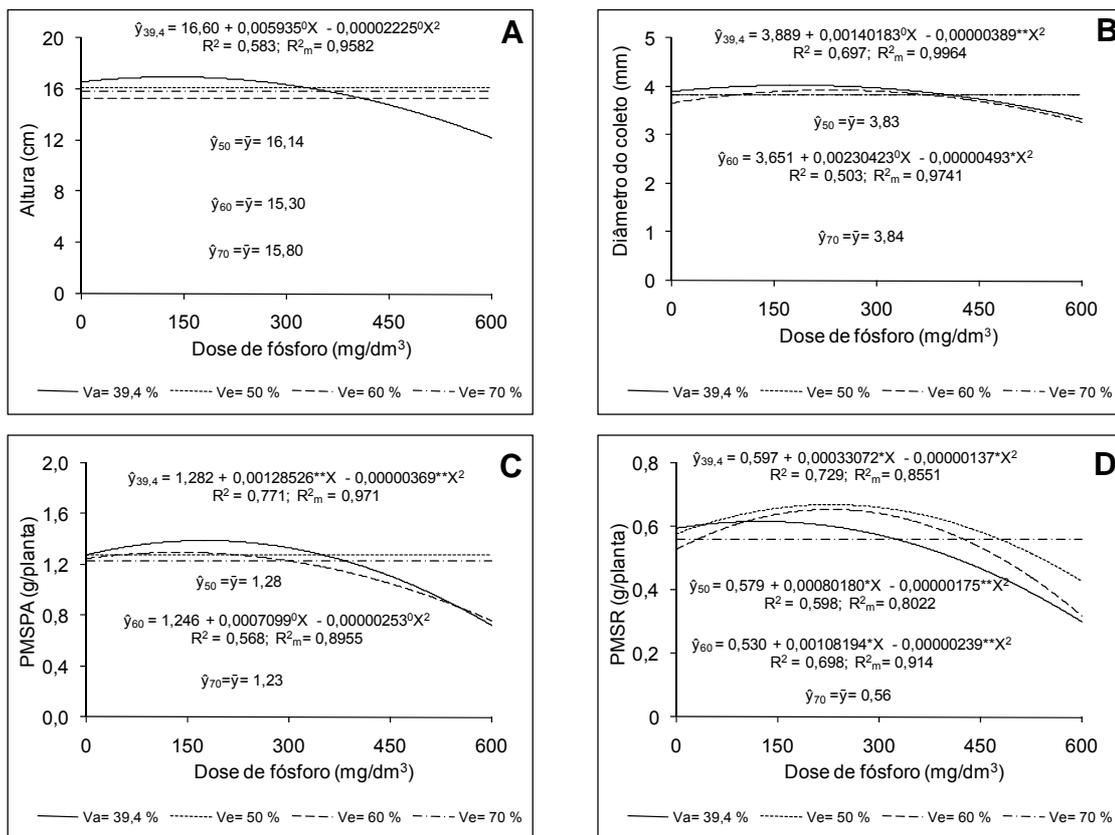
Para o crescimento em altura, verificou-se variação quadrática apenas para Va = 39,4%, atingindo ponto de máximo de 16,99 cm com a dose de 133,37 mg/dm³ de P. Para os demais níveis de saturação por bases, não houve ajuste de modelo estatístico que explicasse as respostas observadas em função da aplicação de P (Figura 5(A)).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância dos dados de altura (H), diâmetro do coleto (DC), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca das raízes (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), relações entre as características altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de jequitibá-rosa, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato (Ve) e à aplicação de doses de fósforo (P), aos 150 dias após a semeadura, em Argissolo Vermelho-Amarelo

FV	GL	Quadrado Médio								
		H	DC	PMSPA	PMSR	PMST	H/DC	H/PMSPA	PMSPA/PMSR	IQD
Ve	3	2,25 ^{ns}	0,0873 ^{ns}	0,07534 ^{ns}	0,01532 ^{ns}	0,1469 ^{ns}	0,064 ^{ns}	3,25 ^{ns}	0,0803 ^{ns}	0,003012 ^{ns}
P	4	32,65*	0,5281*	0,42652*	0,12367*	0,9948*	0,685*	15,14*	0,1196 ^{ns}	0,020107*
Ve* P	12	2,40 ^{ns}	0,0465 ^{ns}	0,08669*	0,01231*	0,1452*	0,118 ^{ns}	4,88*	0,1518*	0,002533 ^{ns}
Bloco	2	34,89*	0,5434*	0,27267*	0,02819*	0,4388*	2,986*	9,33*	0,3976*	0,012293*
Resíduo	38	1,72	0,0480	0,03396	0,00554	0,0577	0,074	1,61	0,0750	0,001261
CV (%)		8,3	5,7	15,3	13,5	13,7	6,5	9,4	12,4	12,9

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.



R^2 = coeficiente de determinação considerando os dados individuais.

R^2_m = coeficiente de determinação considerando as médias dos tratamentos.

Significativo a 1% (**), 5% (*) e 10% (°) de probabilidade.

Figura 5 – Altura da parte aérea (A), diâmetro do coleto (B), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) (C) e peso de matéria seca das raízes (PMSR) (D) das mudas de jequitibá-rosa, aos 150 dias após a semeadura, em função das doses de fósforo aplicadas nas diferentes saturações por bases, em Argissolo Vermelho-Amarelo.

Para o diâmetro do coleto (Figura 5(B)) e o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) (Figura 5(C)), houve resposta quadrática à aplicação de P para os níveis de Va = 39,4% e Ve = 60%, atingindo-se pontos de máximo de 4,01 e 3,92 mm com as doses de 180 e 234 mg/dm³ de P e 1,38 e 1,29 g com as doses de 174 e 139 mg/dm³ de P, para o diâmetro do coleto e o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), respectivamente. Para os demais níveis de saturação por bases não houve ajuste de modelo estatístico que explicasse as respostas observadas em função da aplicação de P.

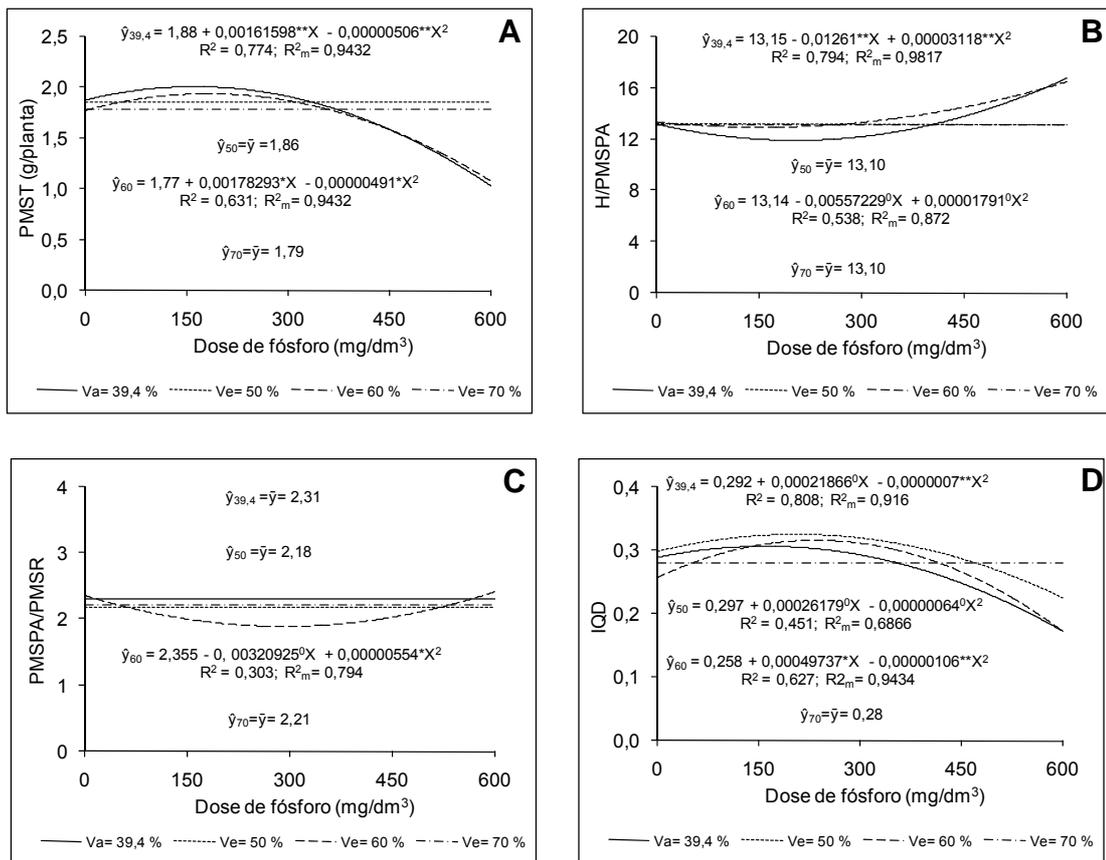
Comportamento quadrático do crescimento de mudas de espécies nativas, em resposta à aplicação de P, também foi observado para *Sclerolobium paniculatum* (taxi-branco) (DIAS *et al.*, 1991), *Cedrela fissilis* (cedro) (GARCIA, 1986), *Chorisia speciosa* (paineira) (FERNANDES *et al.*, 2000), *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-baía) (REIS *et al.*, 1997), *Anadenanthera colubrina* (angico-branco) e *Apuleia leiocarpa* (garapa) (GOMES *et al.*, 2004; 2008).

A matéria seca da raiz (PMSR), para o jequitibá-rosa, apresentou comportamento quadrático para $V_a = 39,4\%$ e $V_e = 50$ e 60% (Figura 5(D)). Foram observados maiores valores estimados de 0,62, 0,67 e 0,65 g, obtidos com as doses de 121, 229 e 226 mg/dm³ de P na $V_a = 39,4\%$ e $V_e = 50$ e 60% , respectivamente. Para $V_e = 70\%$, a produção de matéria seca não apresentou resposta significativa.

Para a matéria seca total (PMST) observou-se comportamento quadrático para $V_a = 39,4\%$ e $V_e = 60\%$, sendo os maiores valores estimados de 2,0 e 1,93 g com as doses de 160 e 180 mg/dm³ de P, respectivamente (Figura 6(A)). Quanto maior o valor do peso de matéria seca total, melhor a qualidade da muda avaliada, considerando que o acúmulo de biomassa é uma característica importante, relacionada ao crescimento da planta. Leles *et al.* (2000) atribuíram o maior crescimento inicial das mudas em campo ao maior crescimento da parte aérea e da raiz, verificados ainda em viveiro. Segundo Koslowski *et al.* (1991), o crescimento inicial das plantas no campo depende de fotossintatos armazenados pela muda.

Observou-se, neste estudo, que a espécie possui baixa exigência de fósforo na fase juvenil, sendo o teor inicial de P (1,5 mg/dm³) contido no solo suficiente para suprir as suas necessidades nesta fase. Utilizando como substrato o Argissolo Vermelho-Amarelo, verificou-se ainda que o P existente inicialmente é superior à dose crítica exigida pela espécie, considerando 90% de produção máxima, com base na produção de matéria seca total. Este fato pode estar relacionado à taxa de crescimento dessa espécie, que se caracteriza como secundária tardia. Segundo Lambers e Poorter (1992), espécies com crescimento lento, adaptadas a solos pouco férteis, têm baixa eficiência de utilização e são menos responsivas ao fornecimento de nutrientes.

Como discutido anteriormente, raros são os casos de ausência de resposta a fósforo, no entanto Bovi *et al.* (2002) constataram ausência de



R^2 = coeficiente de determinação considerando os dados individuais.

R^2_m = coeficiente de determinação considerando as médias dos tratamentos.

Significativos a 1% (**), 5% (*) e 10% (°) de probabilidade.

Figura 6 – Peso de matéria seca total (PMST) (A), relações entre altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA) (B), peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) (C) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (D) das mudas de jequitibá-rosa, aos 150 dias após a semeadura, em função das doses de fósforo aplicadas nas diferentes saturações por bases do substrato, em Argissolo Vermelho-Amarelo.

resposta à adubação fosfatada em pupunheira, possivelmente por ser esta espécie de origem tropical, nativa de solos ácidos, com baixos teores de nutrientes, principalmente fósforo, o que a caracteriza como originalmente não responsiva ao nutriente.

A relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto não teve ajuste de modelo estatístico condizente às respostas observadas em nenhum dos níveis de saturação por bases estudados, em função das doses de P aplicadas ao solo.

A relação entre altura da parte aérea e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA) apresentou comportamento quadrático para $V_a = 39,4\%$ e $V_e = 60\%$ (Figura 6(B)), com pontos de mínimos de 11,87 e 12,90 obtidos com as doses de 202 e 156 mg/dm^3 de P, respectivamente. Segundo Gomes (2001), essa relação exprime o potencial de sobrevivência da muda no campo e que quanto menor for esse índice, mais lenhificada será a muda e maior será a sua sobrevivência no campo.

Para a relação entre peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca da raiz (PMSPA/PMSR), foi possível o ajuste de modelo estatístico apenas para $V_e = 60\%$ (Figura 6(C)), com ponto de mínimo de 1,89 obtido com a dose de 290 mg/dm^3 de P.

Para o índice de qualidade de Dickson (IQD), as tendências em relação à aplicação de P foram bem semelhantes, apresentando comportamento quadrático, sendo os maiores valores obtidos, respectivamente, de 0,31, 0,32 e 0,32 com as doses de 156, 205 e 235 mg/dm^3 de P para $V_a = 39,4\%$ e $V_e = 50$ e 60% (Figura 6(D)). Segundo Gomes (2001), quanto maior o índice de qualidade de Dickson melhor a qualidade da muda produzida, uma vez que este índice considera no seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição de biomassa da muda. Para $V_e = 70\%$ não foi encontrado um modelo estatístico que representasse as respostas observadas.

4. Conclusões

Pelos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

A elevação da saturação por bases e a aplicação de doses de fósforo nos substratos estudados não influenciam o crescimento e a qualidade das mudas de *Cariniana legalis*, pois as melhores mudas foram obtidas com os teores iniciais de cálcio (0,14, 0,17 e 1,74 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$), magnésio (0,03, 0,09 e 0,17 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) e fósforo (0,9, 2,5 e 1,5 mg/dm^3) contidos no Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, no Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e no Argissolo Vermelho-Amarelo, respectivamente.

Utilizando como substrato tanto os Latossolos Vermelho-Amarelo Álico e Distrófico quanto o Argissolo Vermelho-Amarelo, pode-se inferir que os teores iniciais desses nutrientes mostram-se superiores às doses críticas requeridas

pela espécie, considerando-se 90% de produção máxima, com base na produção de matéria seca total, pelo menos durante a fase de mudas.

Esses resultados evidenciam que a baixa exigência das mudas de jequitibá-rosa em cálcio, magnésio e fósforo, apresentada nesses substratos, relaciona-se à sua taxa de crescimento, pois essa espécie caracteriza-se como secundária tardia, com crescimento lento e adaptada a solos pouco férteis.

5. Referências bibliográficas

ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; LEITE, P. B.; SOUZA, R. B.; JUNIOR, E. S. R. Poda de raízes e adubação para crescimento do cafeeiro cultivado em colunas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 111-119, 2006.

ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: ALVAREZ, V., V. H.; GUIMARÃES, P. T. G.; RIBEIRO, A. C. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 43-60.

BOVI, M. L. A; GODOY JR., G.; SPIERNING, S. H. Resposta da pupunheira à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 59, n. 1, p. 161-166, 2002.

CARNEIRO, J. G. A. **Determinação do padrão de qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. para plantio definitivo**. 1976. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1976.

CARVALHO, A. M.; FAGÉRIA, N. K.; KINJO, T.; OLIVEIRA, I. P. Distribuição e nível crítico de fósforo na parte aérea do feijoeiro cultivado em diferentes solos sob vegetação de cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 6, p. 719-724, 1993.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ/SPI, 1994. 640 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

DIAS, L. E.; JUSKSCH, I.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; BRIENZA JÚNIOR, S. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel). I. Resposta a calcário e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 1, p. 69-76, 1991.

DUBOC, E.; VENTURIN, N.; VALE, F. R. do; DAVIDE, A. C. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. Var. *Stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.). **Revista Cerne**, Lavras, MG, v. 2, n. 1, p. 31-47, 1996.

FAGEIRA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 11, p. 1419-1424, nov. 2001.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. Crescimento inicial, níveis críticos fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, 2000.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 122 p.

FURTINI NETO, A. E. *et al.* Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras, MG, v. 5, n. 2, p. 1-12, 1999.

FURTINI NETO, A. E. *et al.* Efeito da calagem no crescimento de espécies nativas na fase de mudas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: SBCS/UFV, 1995. v. 2, p. 827-829.

GARCIA, N. C. P. **Efeitos da calagem e de níveis de fósforo sobre o crescimento e composição mineral das mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.)**. 1986. 40 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.

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

GOMES, K. C. O. *et al.* Crescimento de mudas de garapa em resposta à calagem e ao fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 387-394, 2008.

GOMES, K. C. O. *et al.* Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 785-792, 2004.

HAUG, A. R.; VITORELLO, V. Cellular aspects of aluminum toxicity in plants. In: YASUI, M.; STRONG, M.J.; OTA, K. e VERITY, M.A. (Ed.). **Mineral and metal neurotoxicology**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 35-41.

KOCHIAN, L. V.; JONES, D. L. Aluminum toxicity and resistance in plants. In: YOKEL, R.A.; GOLUB, M.S. (Ed.). **Research issues in aluminum toxicity**. London: Taylor e Francis, 1997. p. 69-89.

- KOSLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants**. New York: Academic Press, 1991. 657 p.
- LAMBERS, H.; POORTER, H. Inherent variations in growth rate between higher plants: a search for fisiological causes and ecological consequences. **Advances in Ecological Research**, London, v. 23, p. 188-261, 1992.
- LELES, P. S. S.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; MORGADO, I. F. Qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. Produzidas em blocos prensados e em tubetes. **Revista Árvore**. Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 13-20, 2000.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1998. 368 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- NEVES, J. C. L. **Aspectos nutricionais em mudas de *Eucalyptus* spp. Tolerância ao alumínio e níveis críticos de fósforo no solo**. 1983. 87 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1983.
- NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: NOVAIS R. F.; BARROS, N. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 99-126.
- NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 25-98.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, J. Relação fonte-dreno de fósforo no solo. In: NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. (Ed.). **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 2-6.
- PASSOS, M. A. A. **Efeito da calagem e de fósforo no crescimento inicial da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC)**. 1994. 57 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.
- RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, SP: Ceres, Potafos, 1991. 343 p.
- REIS, M. G. F. *et al.* Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (jacarandá-da-Bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 4, p. 463-471, 1997.
- RENGEL, Z.; REID, R. J. Uptake of Al across the plasma membrane of plant cells. **Plant and Soil**, n. 192, p. 31-35, 1997.

SOUZA, D. M. G de.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 232-252.

SOUZA, P. H. *et al.* Influência da saturação por bases do substrato no crescimento e qualidade de mudas *Machaerium nictitans* (Vell.) Benth. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 193-201, 2008.

CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE CANUDO-DE-PITO (*Mabea fistulifera* Mart.) EM RESPOSTA À CALAGEM E A DOSES DE FÓSFORO

Resumo: As espécies nativas brasileiras possuem grande potencial de utilização, porém, para a maioria delas, desconhecem-se suas exigências nutricionais durante a formação de mudas. A nutrição das mudas, via fertilização de seus substratos, desponta como um dos principais fatores para obtenção de sua maior produtividade e qualidade, além de maior economia no processo de produção. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da saturação por bases do substrato e de doses de fósforo sobre a produção de mudas de *Mabea fistulifera*, em três solos. Adotou-se o delineamento estatístico de blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial constituído por cinco níveis de P (0, 150, 300, 450 e 600 mg/dm³) combinados com cinco níveis de saturação por bases (original, 30, 45, 60 e 75%), para os Latossolos Vermelho-Amarelo Distrófico e Álico, e quatro níveis para o Argissolo Vermelho-Amarelo (original, 50, 60 e 70%), com quatro repetições. Para o estabelecimento de diferentes valores de saturação por bases, foram utilizados CaCO₃ e MgCO₃, na relação estequiométrica 4:1. A fonte de P utilizada foi o NaH₂PO₄.H₂O. A parcela experimental foi constituída de um vaso de polietileno com capacidade para 1,5 dm³ de solo, contendo uma planta cada um. Foram avaliados, aos 160 dias após a semeadura, os parâmetros morfológicos e os índices que determinam a qualidade das mudas. As mudas de *Mabea fistulifera* apresentaram respostas negativas à elevação da saturação por bases do substrato e à aplicação de doses de P, demonstrando melhor desempenho com os teores iniciais de Ca (0,14 cmol_d/dm³), Mg (0,03 cmol_d/dm³) e de P (0,9 mg/dm³) no Latossolo Vermelho-Amarelo Álico. Já no Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e no Argissolo Vermelho-Amarelo, as melhores mudas foram obtidas nas saturações por bases originais, sendo recomendadas as doses de 130 e 125 mg/dm³ de P, para os respectivos substratos, com base na produção de 90% da matéria seca total.

Palavras-chave: *Mabea fistulifera*, mudas, saturação por bases e fósforo.

GROWTH AND QUALITY OF CANUDO-DE-PITO (*Mabea fistulifera* Mart.) SEEDLINGS IN RESPONSE TO LIMING AND PHOSPHORUS

Resumo: The Brazilian native species have a great use potential, but for most of them, the nutritional requirements of most of them are unknown during seedling formation. Seedling nutrition via fertilization of their substrates is one of the major factors in obtaining greater productivity and quality, as well as greater economy in the production process. Within this context, this work aimed to evaluate the influence of saturation by substrate bases and phosphorus doses on the production of seedlings of *Mabea fistulifera*, in three soils. The experiment was arranged in a randomized block design in a factorial scheme, constituted by five P levels (0, 150, 300, 450 and 600 mg/dm³) combined with five levels of base saturation (original, 30, 45, 60 and 75%), for Dystrophic and Allic Red-Yellow Latosols and four levels for Red-Yellow Argisol (original, 50, 60 and 70%), with four repetitions. To establish different base saturations, CaCO₃ e MgCO₃, were used in the stoichiometric relation 4:1. The P source used was NaH₂PO₄.H₂O. The experimental plot used was constituted by a polyethylene vase with capacity for 1.5 dm³ soil, containing one plant each. For the evaluations, At 160 days after sowing, the morphological parameters and the indices determining seedling quality were evaluated. The *Mabea fistulifera* seedlings presented negative responses to the increase of substrate bases and P dose application, showing a better performance with the initial contents of Ca (0.14 cmol_c/dm³), Mg (0.03 cmol_c/dm³) and of P (0.9 mg/dm³) in Allic Red-Yellow Latosol. As for Dystrophic Red-Yellow Latosol and Red-Yellow Argisol, the best seedlings were obtained in the saturations obtained by original bases, with P doses of 130 and 125 mg/dm³ being recommended for the respective substrates, based on the production of 90% of total dry matter.

KEYWORDS: *Mabea fistulifera*, seedlings, base and phosphorus saturation.

1. Introdução

O canudo-de-pito é uma espécie da família Euphorbiaceae, que pode atingir de 4 a 8 m de altura e 20 a 30 cm de diâmetro. Ocorre no Rio de Janeiro, em Minas Gerais e em São Paulo, principalmente em áreas de transição para o cerrado. Sua madeira é utilizada para obras internas, marcenaria, carpintaria, confecção de caixas e para lenha e carvão. Os frutos são comestíveis e muito apreciados por animais silvestres, principalmente roedores. A árvore é muito ornamental, principalmente pelo florescimento e pela forma estranha dos frutos. Pode ser empregada na arborização de ruas e praças. Como planta pioneira adaptada à luz direta e pouco exigente em solo, é ótima para plantios mistos destinados a recomposição de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1992).

Além das utilizações descritas, o canudo-de-pito pode ampliar, de forma promissora, as fontes de óleo para produção de biodiesel, pois suas sementes produzem grande quantidade de óleo, na ordem de 33,5 % (m/m) (PEREIRA, 2007), que pode ser comparado com o rendimento obtido com a mamona, que varia em torno de 35 a 55%, cujo padrão comercial é de 45% (REIS *et al.*, 2005). Características referentes à especificação do biodiesel, além da viscosidade, foram avaliadas e atenderam à Portaria ANP nº 255/2003, demonstrando assim grande potencial de utilização desta espécie para produção de biodiesel (PEREIRA, 2007).

A maior parte da energia consumida no mundo provém do petróleo, do carvão mineral e do gás natural. Essas fontes são limitadas e com previsão de esgotamento, portanto a busca por outras fontes de energia é de suma importância (SHUCHRDDT *et al.*, 1998, citados por PEREIRA, 2007). Neste contexto, surge como alternativa o biodiesel, combustível produzido a partir de óleos vegetais que pode substituir, parcial ou totalmente, o diesel fóssil. A substituição do óleo diesel por biodiesel ou misturas deste com o diesel em motores de ignição por compressão é a alternativa mais focada atualmente para reduzir os níveis de emissão de poluentes e particulados (MAZIERO *et al.*, 2006), além de ser uma fonte de energia renovável.

O conhecimento dos requerimentos nutricionais e de capacidade de adaptação a ambientes distintos das espécies florestais nativas é ainda incipiente. Como as espécies florestais apresentam exigências nutricionais diferenciadas, é necessária a investigação para que se possa otimizar a produção de suas mudas (PEZZUTTI *et al.*, 1999).

Devido às diversas finalidades de uso da *Mabea fistulifera*, principalmente para produção de biodiesel, tornam-se relevantes estudos relacionados à sua fertilização, visando a melhoria da qualidade das mudas produzidas, garantindo maiores chances de sucesso na implantação no campo.

A acidez do solo é um dos fatores limitantes à produtividade das culturas em várias partes do mundo, inclusive no Brasil (FAGEIRA, 2001). Geralmente, os solos ácidos apresentam teores de alumínio que podem ser fitotóxicos e baixos teores de cálcio e magnésio trocáveis, características estas desfavoráveis ao desenvolvimento da maioria das culturas, que podem ser corrigidas pela calagem (AMARAL *et al.*, 2000).

A calagem aumenta os valores de pH, Ca, Mg, saturação por Ca e Mg, relação Ca:K, relação Ca:Mg e saturação por bases, e ainda tem efeitos imediatos e diretos na diminuição do teor de alumínio trocável, na saturação por alumínio (GODERT, 1995; FAGEIRA, 2001).

Dois métodos de determinação da necessidade de calagem (NC), ou seja, a dose de calcário a ser recomendada para diminuir a acidez do solo, de uma condição inicial até um nível desejado, são usados em Minas Gerais: o “método da neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de Ca e Mg trocáveis” e o “método da saturação por bases” (ALVAREZ V.; RIBEIRO, 1999).

No método da neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de Ca + Mg consideram-se, ao mesmo tempo, as características do solo e das culturas. A calagem deve ser suficiente para corrigir a acidez do solo e elevar a disponibilidade de Ca e de Mg de acordo com as exigências das culturas por estes nutrientes (CFSEMG, 1999).

No método da saturação por bases considera-se a relação existente entre o pH e a saturação por bases. Neste método, pretende-se com a calagem atingir um definido valor de saturação por bases, ou seja, corrigir a acidez do solo até definido valor de pH, considerado adequado a certa cultura (CFSEMG,

1999). Além da adaptação para a exigência de diferentes culturas por relacionar os valores de pH com os de saturação por bases, o método apresenta facilidade dos cálculos (RAIJ, 1991).

O nível crítico representa a concentração de determinado nutriente com a qual a planta terá 10% de redução no seu desempenho máximo. A obtenção do nível crítico procura relacionar as concentrações dos nutrientes na matéria seca de determinado órgão e o desempenho da planta com doses crescentes do nutriente adicionadas ao meio, desde que os demais fatores, como água, luz, solo, etc., não sejam limitantes, buscando-se relações matemáticas entre elas, na maioria das vezes mediante modelos de regressão (FONTES, 2001).

Com o intuito de alcançar o máximo de crescimento e a otimização de insumos, as necessidades nutricionais de algumas espécies florestais, em fase de mudas, têm sido pesquisadas (FERNÁNDEZ *et al.*, 1996). Neste sentido, tem-se dado especial atenção à determinação de níveis críticos de fósforo para diferentes espécies.

O fósforo é o macronutriente exigido em menores quantidades pelas plantas, no entanto é o mais utilizado em adubação no Brasil. Tal fato se deve à natural carência nos solos brasileiros e também por esse elemento ter forte interação com o solo, que causa sua fixação em forma não disponível (RAIJ, 1991).

O fósforo é um componente estrutural essencial, estando envolvido em vários processos metabólicos das células (MARSCHNER, 1995). O nutriente participa de um grande número de compostos das plantas, essenciais em diversos processos metabólicos, estando presente também nos processos de transferência de energia, e o seu suprimento adequado desde o início do desenvolvimento vegetal é importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas (RAIJ, 1991). Além disso, segundo o autor, o fósforo, em quantidades adequadas, estimula o desenvolvimento radicular, sendo essencial para a boa formação de frutos e sementes, incrementando a precocidade da produção.

Devido ao papel do P na vida da planta, participando da síntese e degradação de macromoléculas, como amido, gorduras e proteínas, e de outros inúmeros processos metabólicos, a sua carência se reflete no menor crescimento das plantas (MARSCHNER, 1995).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da saturação por bases do substrato e das doses de fósforo sobre o crescimento e a qualidade das mudas de *Mabea fistulifera*, cultivadas em três tipos de solo.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido no Viveiro de Pesquisa do Departamento de Engenharia Florestal, pertencente à Universidade Federal de Viçosa – DEF/UFV, em Viçosa-MG, no período de dezembro de 2007 a maio de 2008.

Foram utilizadas amostras de três tipos de solos como substratos, um Argissolo Vermelho-Amarelo e dois Latossolos, um Vermelho-Amarelo Álico e outro Distrófico, provenientes de áreas próximas a Viçosa, retiradas da camada abaixo de 20 cm de profundidade, tendo sido realizada a caracterização química dessas amostras (Tabela 1). Posteriormente, cada solo foi seco ao ar e peneirado em malha de 5 mm.

Tabela 1 – Resultados de análise química das amostras de solos utilizadas na produção de mudas de canudo-de-pito (*Mabea fistulifera*). AVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; LVD: Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico; e LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo Álico

Solo	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	(t)	(T)	V	m	P-rem
	H ₂ O	mg/dm ³		cmol _c /dm ³						%	mg/L		
AVA	5,64	1,5	16	1,74	0,17	0,00	3,00	1,95	0,33	4,95	39,4	0,0	22,7
LVD	5,40	2,5	26	0,17	0,09	0,00	2,00	0,33	1,95	2,33	14,2	0,0	8,7
LVA	4,73	0,9	10	0,14	0,03	1,20	5,30	0,20	1,40	5,50	3,6	85,7	13,4

pH em água = relação 1: 2,5; P e K = extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ = extrator: KCL 1 mol/L; H + Al = extrator acetato de cálcio 0,5 mol/L = pH 7,0; SB = soma de bases trocáveis; (t) = capacidade de troca catiônica efetiva; e (T) = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = índice de saturação por bases; m = índice de saturação por alumínio; e P-rem = fósforo remanescente: concentração de P na solução de equilíbrio após 24 horas de agitação de 60 mg/L de P em CaCl₂ 0,01 mol/L.

Em seguida, estabeleceram-se quatro níveis de saturação por bases (original (39,4%), 50, 60 e 70%) para o Argissolo Vermelho-Amarelo e cinco níveis para os Latossolos Vermelho-Amarelo, correspondentes a original (3,6%), 30, 45, 60 e 75% para o Álico e original (14,2%), 30, 45, 60 e 75% para o Distrófico, respectivamente, utilizando-se para cálculo a fórmula:

$$NC = (V_e - V_a) T/100$$

em que

NC = necessidade de calagem (toneladas/ hectare ou $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$);

V_e = saturação por bases desejada ou esperada, em %;

V_a = saturação por bases atual do solo, conforme análise, em %; e

T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0 ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$).

Para o estabelecimento de diferentes valores de saturação por bases, foi utilizada uma mistura corretiva com proporções de CaCO_3 e MgCO_3 , na relação estequiométrica 4:1. Após a incorporação da mistura corretiva aos solos, estes permaneceram em incubação por um período 30 dias, com o teor de umidade mantido próximo da capacidade de campo.

Após o período de incubação, os solos receberam as doses de P (0, 150, 300, 450 e $600 \text{ mg}/\text{dm}^3$), tendo sido utilizado como fonte o $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Juntamente com a adição do fósforo, foi realizada uma adubação básica via solução, aplicada quatro dias antes da semeadura, nas seguintes doses: $100 \text{ mg}/\text{dm}^3$ de N, $100 \text{ mg}/\text{dm}^3$ de K e de $40 \text{ mg}/\text{dm}^3$ de S, usando-se como fontes o NH_4NO_3 , KCl e K_2SO_4 , conforme sugerido por Passos (1994). Foi aplicada também uma solução de micronutrientes, nas seguintes doses: $0,81 \text{ mg}/\text{dm}^3$ de B; $1,33 \text{ mg}/\text{dm}^3$ de Cu, $0,15 \text{ mg}/\text{dm}^3$ de Mo, $3,66 \text{ mg}/\text{dm}^3$ de Mn e $4,0 \text{ mg}/\text{dm}^3$ de Zn, com as seguintes fontes, respectivamente: H_3BO_3 , $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ e $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ALVAREZ V. *et al.*, 2006). Após aplicação, procedeu-se à mistura das soluções com o solo das parcelas experimentais. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), com quatro repetições. A parcela experimental, constituída por um vaso de polietileno rígido, contendo 1,5 kg de solo, foi irrigada diariamente, de forma a manter o solo com o teor de umidade próximo da capacidade de campo. As mudas foram condicionadas em casa de vegetação à temperatura e umidade relativa do ar ambiente.

Como adubação de cobertura foram aplicados $20 \text{ mg}/\text{dm}^3$ de N, aos 35, 70 e 105 dias após a germinação, utilizando como fonte, nas duas primeiras épocas, o NH_4NO_3 , e na última, o KNO_3 . Nesta última, além do N, foram adicionados $55,8 \text{ mg}/\text{dm}^3$ de K, de acordo com Garcia (1986).

As sementes de canudo-de-pito (*Mabea fistulifera* (Mart.) foram adquiridas de árvores-matrizes localizadas na região de Viçosa-MG, pelo Setor de Silvicultura do DEF/UFV.

Para a produção das mudas, cada vaso recebeu cinco sementes. Aos 15 dias após a emergência das plântulas foi efetuado o primeiro raleio, deixando-se duas plantas por vaso, e aos 30 dias um segundo raleio foi realizado, deixando-se apenas uma planta por vaso.

Aos 160 dias após a semeadura, foram medidas as características altura da parte aérea (H), com régua com precisão de 0,1 cm, e diâmetro do coleto (DC), com paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm, de todas as plantas. Em seguida, as plantas foram separadas em raiz e parte aérea, sendo o sistema radicular lavado com água corrente. O material foi colocado em sacos de papel pardo, identificado e levado para estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 45⁰C, até atingir massa constante. Depois de seco, o material foi pesado em balança analítica com precisão de 0,01 g, para determinação do peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), do peso de matéria seca das raízes (PMSR) e, por meio do somatório das duas, do peso de matéria seca total (PMST).

Com os dados dos parâmetros morfológicos foram calculadas as relações que exprimem qualidade de mudas: relação entre altura e diâmetro do coleto (H/DC), entre altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), entre peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), segundo metodologia utilizada por Gomes (2001), em que $IQD = PMST / (H/DC + PMSPA/PMSR)$.

Os dados foram interpretados estatisticamente por análise de variância e regressão, utilizando-se o software Statística 8.0. A escolha da melhor equação de regressão foi feita com base no coeficiente de determinação (R^2) e na significância dos coeficientes, testada a 10, 5 e 1% de probabilidade. Foram utilizados coeficientes de determinação considerando os dados individuais (R^2) e as médias dos tratamentos (R^2_m), por ser igual o número de repetições dos tratamentos. Foram feitas, análises de variância de cada solo individualmente, pois o Argissolo Vermelho-Amarelo apresentava um nível a menos de saturação por bases que os demais solos. A recomendação de correção e adubação do substrato foi feita, considerando 90% da produção máxima de matéria seca total.

3. Resultados e discussão

3.1. Latossolo Vermelho-Amarelo Álico

Na Tabela 2, constata-se que a elevação da saturação por bases do substrato teve influência significativa sobre as características avaliadas, exceto para a relação entre altura e diâmetro do coleto, e que a aplicação de P exerceu influência sobre todas as características, exceto para a relação entre peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes das mudas de canudo-de-pito. Houve interação significativa entre a saturação por bases do substrato (V_e) e as doses de fósforo (P), para diâmetro do coleto, peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca das raízes, peso de matéria seca total e índice de qualidade de Dickson. Sendo assim, foram realizados desdobramentos das saturações por bases do substrato em função das doses de P aplicadas para todas as características avaliadas, mas como não foram ajustados modelos estatísticos para a maioria das características, os resultados permaneceram em função dos fatores individualmente.

Analisando a Figura 1, verifica-se que as características afetadas significativamente pela elevação da saturação do substrato apresentaram comportamento linear, com os maiores valores ocorrendo próximo à saturação por bases original (3,6%). Já as relações entre a altura e o peso de matéria seca da parte aérea (H//PMSPA) (Figura 2(A)) e o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) (Figura 2(B)) apresentaram menores valores próximos da saturação original (3,6%).

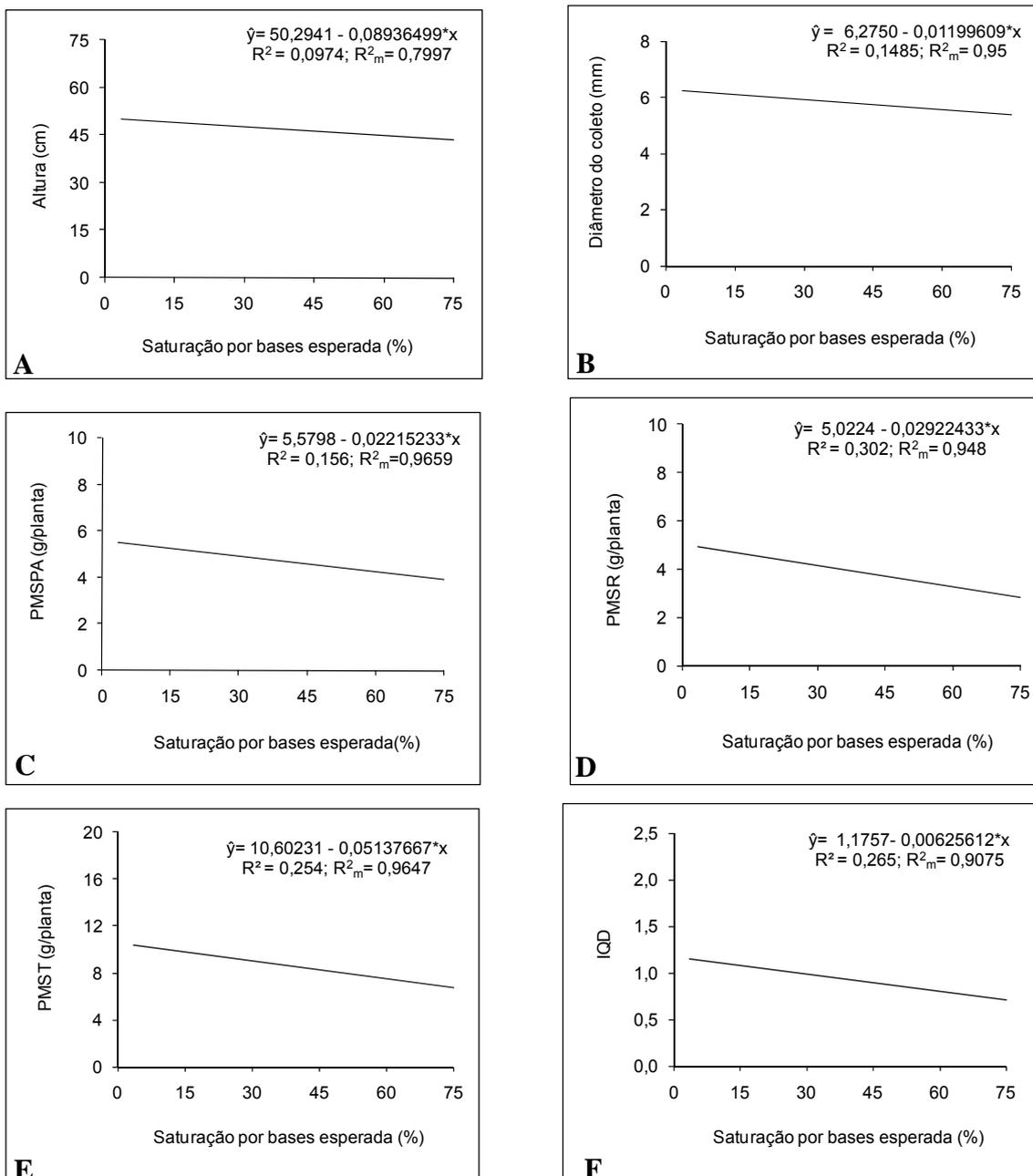
Esses resultados indicam que as melhores mudas foram obtidas na saturação por bases original (3,6%), pois quanto maiores os valores de H, DC, PMSPA, PMSR, PMST e IQD e quanto menor a relação H/PMSPA, melhor é a qualidade das mudas produzidas (GOMES, 2001). O melhor valor para a relação entre o PMSPA/PMSR foi considerado 2,0, segundo Brissete (1984), citado por Gomes (2001), mas para *Pinus taeda*, *Pinus elliottii*, *Pinus echinata*, *Pinus palustris* o valor deste índice foi determinado entre 1,0 e 3,0 (WAKELEY, 1954), devendo ser ressaltado que os valores encontrados neste trabalho encontram-se nesta faixa. Devido ao tipo de resposta observada, pode-se inferir que as melhores mudas foram produzidas em condições próximas à saturação por bases original.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância dos dados de altura (H), diâmetro do coleto (DC), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca das raízes (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), relações entre as características altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de canudo-de-pito, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato (Ve) e à aplicação de doses de fósforo (P), aos 160 dias após a semeadura, em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico

FV	GL	Quadrado Médio								
		H	DC	PMSPA	PMSR	PMST	H/DC	H/PMSPA	MSPA/PMSR	IQD
Ve	4	151,7*	2,291*	7,707*	13,693*	41,543*	1,436 ^{ns}	13,71*	0,2592*	0,65442*
P	4	178,6*	1,957*	13,014*	10,482*	45,815*	3,967*	30,16*	0,1174 ^{ns}	0,51291*
Ve* P	16	51,1 ^{ns}	0,775*	1,899*	1,374*	5,403*	1,063 ^{ns}	3,87 ^{ns}	0,1122 ^{ns}	0,09379*
Bloco	3	40,8 ^{ns}	0,604 ^{ns}	0,556 ^{ns}	0,674 ^{ns}	2,044 ^{ns}	3,466*	4,66 ^{ns}	0,0458 ^{ns}	0,04479 ^{ns}
Resíduo	72	37,8	0,384	1,058	0,705	2,628	0,885	2,92	0,0659	0,03665
CV (%)		13,2	10,7	22,2	22,2	19,2	11,5	16,1	20,0	21,0

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

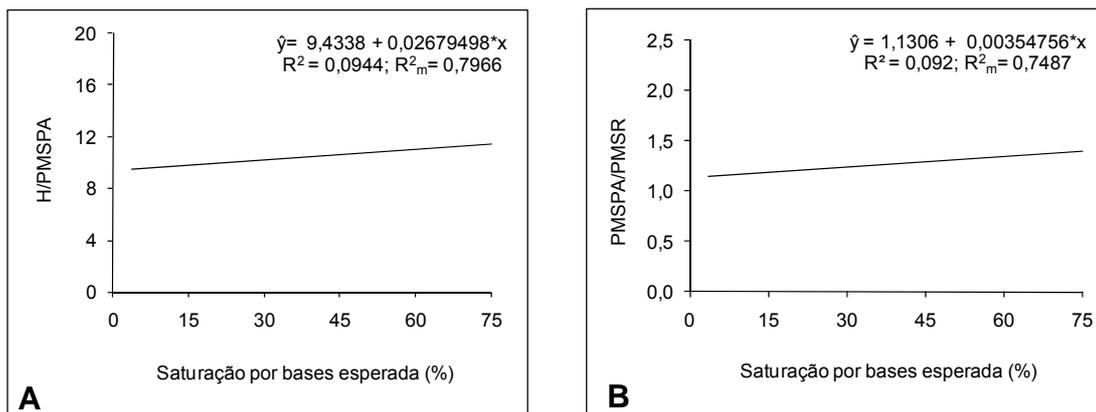


R^2 = coeficiente de determinação considerando os dados individuais.

R^2_m = coeficiente de determinação considerando as médias dos tratamentos.

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 1 – Altura da parte aérea (A), diâmetro do coleto (B), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) (C), peso de matéria seca das raízes (PMSR) (D), peso de matéria seca total (PMST) (E) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (F) das mudas de canudo-de-pito em resposta à elevação da saturação por bases do substrato, aos 160 dias após a semeadura, em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico.



R^2 = coeficiente de determinação considerando os dados individuais.

R_m^2 = coeficiente de determinação considerando as médias dos tratamentos.

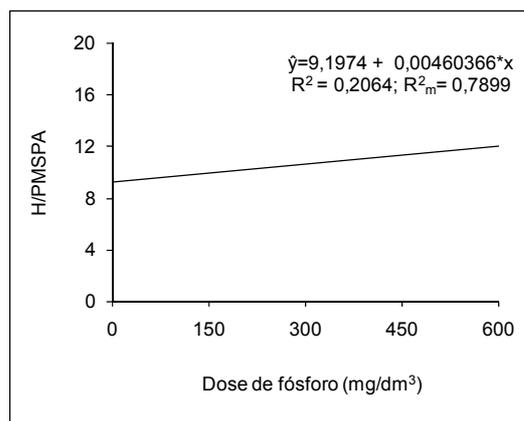
* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 2 – Relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA) (A) e relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca de raízes (PMSPA/PMSR) (B) das mudas de canudo-de-pito, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato, aos 160 dias após a semeadura, em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico.

Resultados semelhantes foram encontrados por Baliero *et al.* (2001), que constataram queda no peso de matéria seca com a calagem para *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*.

As características afetadas pela aplicação de doses de P ao substrato apresentaram comportamento linear; a relação entre a altura e o peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA) apresentou menores valores próximo à concentração original de P (0,9 mg/dm³) (Figura 3), enquanto as demais características apresentaram maiores valores ocorrendo próximo à concentração original de P (Figura 4). Para a relação entre altura e diâmetro do coleto não foi encontrado modelo estatístico que se ajustasse às respostas observadas.

Uma possível explicação para esses resultados pode ser a mesma encontrada por Mullette *et al.* (1974), que sugeriram a hipótese de que o *Eucalyptus gummifera* teria desenvolvido um mecanismo para sobrevivência em solos de baixo nível de P disponível, conforme são encontrados em seu habitat. Esse mecanismo seria resultado de interações entre exsudatos de raízes, microrganismos e íons Al³⁺, Fe²⁺ e Fe³⁺, de maneira a promover a solubilização de FePO₄ e AlPO₄, abundantes naqueles solos.



R^2 = coeficiente de determinação considerando os dados individuais.

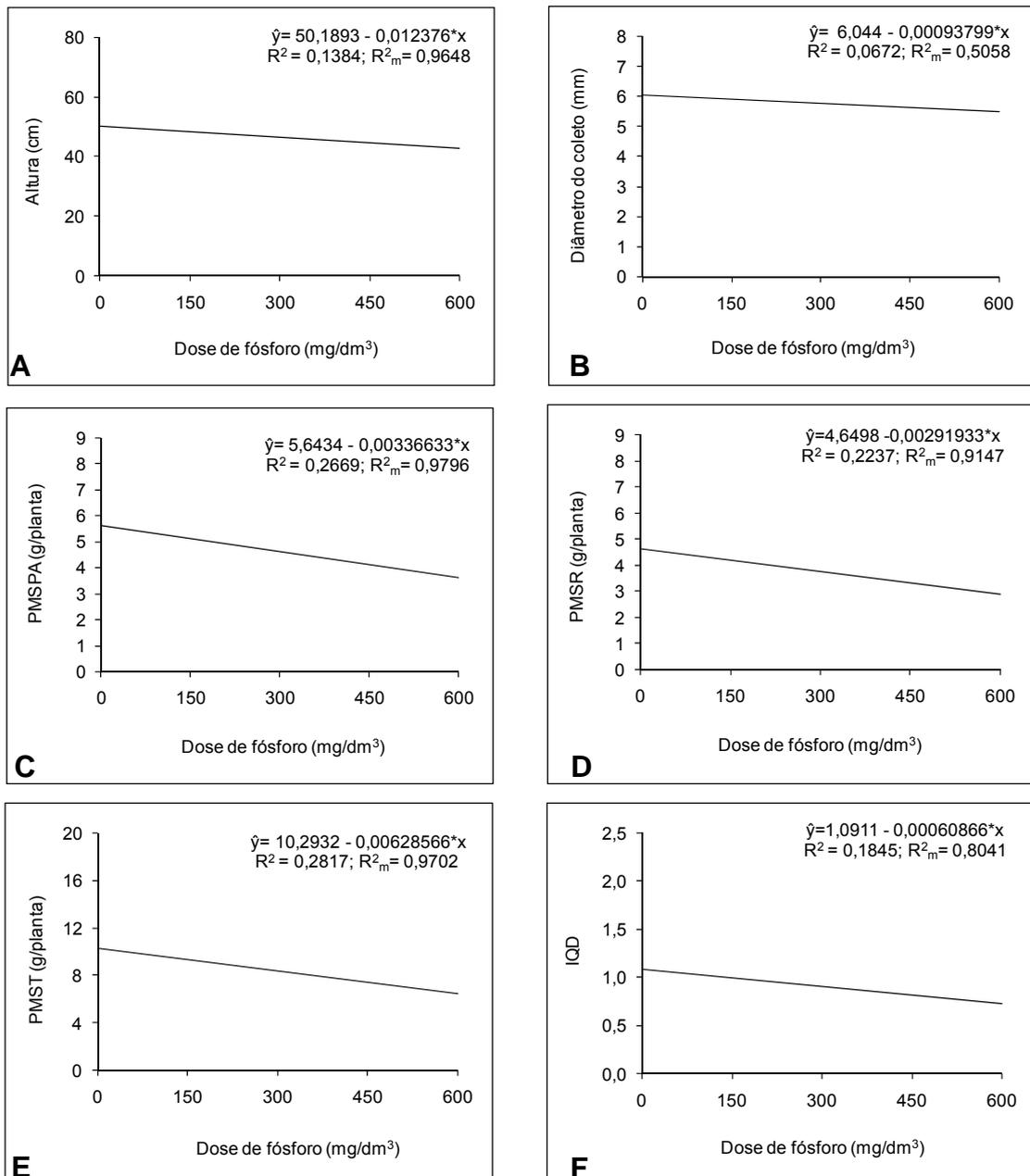
R^2_m = coeficiente de determinação considerando as médias dos tratamentos.

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 3 – Relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA) das mudas de canudo-de-pito, em resposta à aplicação de doses de fósforo, aos 160 dias após a semeadura, em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico.

Pode-se inferir que *Mabea fistulifera* possui baixa exigência de cálcio, magnésio e fósforo na fase juvenil, sendo os teores iniciais de Ca ($0,14 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), Mg ($0,03 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e de P ($0,9 \text{ mg}/\text{dm}^3$) contidos no solo suficientes para suprir as suas necessidades nessa fase, utilizando-se como substrato o Latossolo Vermelho-Amarelo Álico.

Observa-se, ainda, que as mudas de *Mabea fistulifera* demonstraram tolerância ao Al, pois o solo apresentava elevada saturação por alumínio (Tabela 1); mesmo assim a espécie apresentou melhores resultados para as características avaliadas na saturação por bases original ($V_a = 3,6\%$) e P original contido no solo ($0,9 \text{ mg}/\text{dm}^3$). Certas espécies possuem mecanismos de complexação de Al na raiz, evitando seu transporte para a parte aérea da planta, o que pode ser um importante fator para a tolerância de plantas ao Al, pois a permanência do íon no sistema radicular pode evitar efeitos deletérios desse elemento em outros órgãos. Alguns autores relatam, como mecanismos internos de tolerância, a complexação do Al no citossol por ligantes como ácidos orgânicos e proteínas, a compartimentalização no vacúolo e a existência de enzimas de tolerância ao Al (HAUG; VITORELLO, 1997; JONES, 1997; KOCHIAN; RENGEL; REID, 1997).



R^2 = coeficiente de determinação considerando os dados individuais.

R^2_m = coeficiente de determinação considerando as médias dos tratamentos.

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 4 – Altura da parte aérea (A), diâmetro do coleto (B), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) (C), peso de matéria seca das raízes (PMSR) (D), peso de matéria seca total (PMST) (E) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (F) das mudas de canudo-de-pito, em resposta à aplicação de doses de fósforo, aos 160 dias após a semeadura, em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico.

3.2. Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico

Na Tabela 3, observa-se que a elevação da saturação por bases do substrato exerceu influência significativa somente para a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes. As doses de fósforo exerceram influência significativa para todas as características, exceto para a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes. Houve interação significativa entre a saturação por bases do substrato (V_e) e as doses de fósforo (P), para as características de altura, diâmetro do coleto, entre a altura e o peso de matéria seca da parte aérea e o índice de qualidade de Dickson. Sendo assim, foram realizados desdobramentos das saturações por bases do substrato em função das doses de P aplicadas, para todas as características avaliadas. Houve variação de comportamento das características avaliadas em função das doses de P aplicadas, nos diferentes níveis de saturações por bases, devendo ser destacado que para o nível de saturação por bases de 45% não houve ajuste de modelo estatístico para nenhuma das características avaliadas.

Para o crescimento em altura, observou-se tendência quadrática para $V_e = 30, 60$ e 75% de saturação por bases, em que as doses calculadas nestas saturações de $254,30, 393,29$ e $321,53 \text{ mg/dm}^3$ de P, respectivamente, levaram as mudas de canudo-de-pito a uma altura máxima estimada de $48,60, 45,47$ e $45,45$ cm. Para os demais níveis, não houve ajuste de modelo estatístico que explicasse as respostas observadas em função da aplicação de P (Figura 5(A)).

Para o diâmetro do coleto (Figura 5(B)) houve resposta quadrática à aplicação de P para os níveis de $V_a = 14,2\%$ e $V_e = 60\%$, em que as doses de 262 e 443 mg/dm^3 de P proporcionaram valores máximos estimados dessa característica em $6,14$ e $5,82$ mm, respectivamente. Para os demais níveis não houve resposta significativa à aplicação de P.

O peso de matéria seca da parte aérea (Figura 5(C)), o peso de matéria seca das raízes (Figura 5(D)) e o peso de matéria seca total (Figura 5(E)) apresentaram respostas quadráticas similares ao aumento das doses de P, em todos os níveis de saturação por bases do substrato, exceto para o nível de 45% , pois, como citado anteriormente, para este nível não foi ajustado modelo estatístico.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância dos dados de altura (H), diâmetro do coleto (DC), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca das raízes (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), relações entre as características altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de canudo-de-pito, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato (Ve) e à aplicação de doses de fósforo (P), aos 160 dias após a semeadura, em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico

FV	GL	Quadrado Médio								
		H	DC	PMSPA	PMSR	PMST	H/DC	H/PMSPA	PMSPAP/MSR	IQD
Ve	4	58,6 ^{ns}	0,468 ^{ns}	0,662 ^{ns}	0,483 ^{ns}	0,780 ^{ns}	1,184 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,1201*	0,01406 ^{ns}
P	4	102,1*	1,621*	5,139*	4,541*	18,839*	2,327*	13,68*	0,0870 ^{ns}	0,25149*
Ve* P	16	50,9*	1,032*	0,476 ^{ns}	0,471 ^{ns}	1,555 ^{ns}	1,400 ^{ns}	3,25*	0,0406 ^{ns}	0,4175*
Bloco	3	15,9 ^{ns}	0,342 ^{ns}	0,093 ^{ns}	0,159 ^{ns}	0,470 ^{ns}	2,428*	1,51 ^{ns}	0,0050 ^{ns}	0,02795 ^{ns}
Resíduo	72	25,2	0,304	0,314	0,307	0,883	0,876	1,47	0,0377	0,01877
CV (%)		11,5	10,3	12,9	15,6	11,9	11,3	11,8	15,5	16,3

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

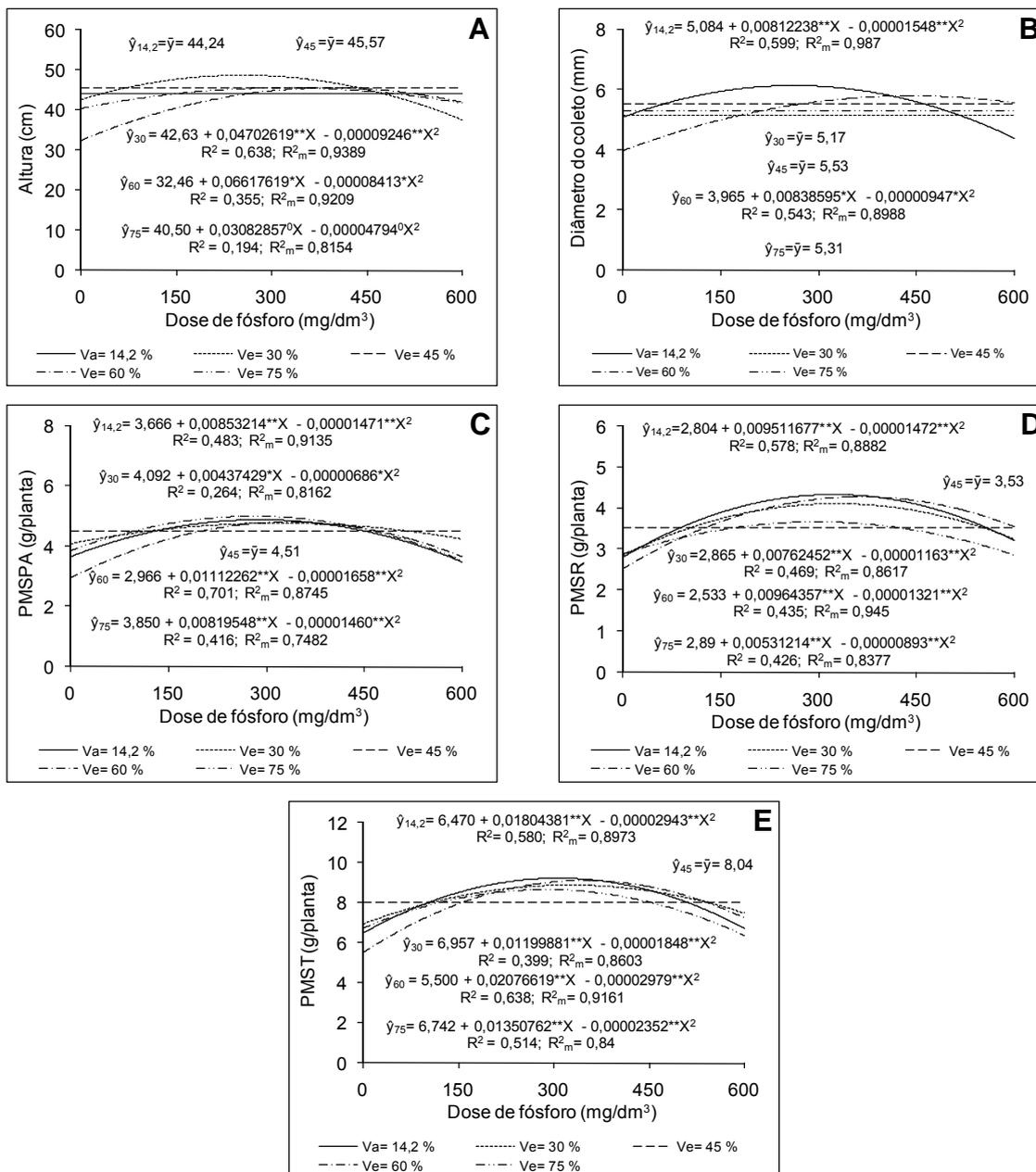
^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Para $V_a = 14,2\%$ e $V_e = 30, 60$ e 75% observaram-se maiores valores estimados para o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) de 4,90, 4,78, 4,83 e 5,0 g com as doses de 290, 319, 335 e 281 mg/dm^3 de P, respectivamente (Figura 5(C)). Para $V_a = 14,2\%$ e $V_e = 30, 60$ e 75% observaram-se maiores valores estimados para o peso de matéria seca das raízes (PMSR) de 4,34, 4,11, 4,29 e 3,68 g com as doses de 323, 328, 365 e 297 mg/dm^3 de P, respectivamente (Figura 5(D)).

Para $V_a = 14,2\%$ e $V_e = 30, 60$ e 75% constatou-se que os maiores valores estimados para o peso de matéria seca (PMST) total foram 9,24, 8,90, 9,12 e 8,68 g e ocorreram quando da aplicação de doses de 307, 325, 349 e 287 mg/dm^3 de P, sendo as doses críticas determinadas em 129,40, 105,13, 173,58 e 95 mg/dm^3 de P, respectivamente (Figura 5(E)). Segundo Leles *et al.* (2000), o peso de matéria seca total é um bom indicador da qualidade de muda, pois está relacionado ao maior crescimento inicial das mudas em campo. Sendo assim a dose crítica estimada para *Mabea fistulifera* em 90% da produção máxima de matéria seca total, considerando-se a saturação por bases original, foi de 129,4 mg/dm^3 de P, com a qual foram observados os melhores valores estimados para as maiorias das características avaliadas.

Dias *et al.* (1990) observaram melhor crescimento de mudas de *Acacia mangium* com a dose 100 mg/dm^3 ; para *Dalbergia nigra*, Reis *et al.* (1997) encontraram 220 mg/dm^3 ; para mudas de *Peltophorum dubium* e *Senna macranthera* em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico e Distrófico, Cruz (2007) encontrou as doses de 303 e 310 mg/dm^3 , respectivamente. Para *Anadenanthera colubrina* e *Apuleia leiocarpa*, foram constatados 127 mg/dm^3 e 54 mg/dm^3 de P, respectivamente (GOMES *et al.*, 2004; 2008).

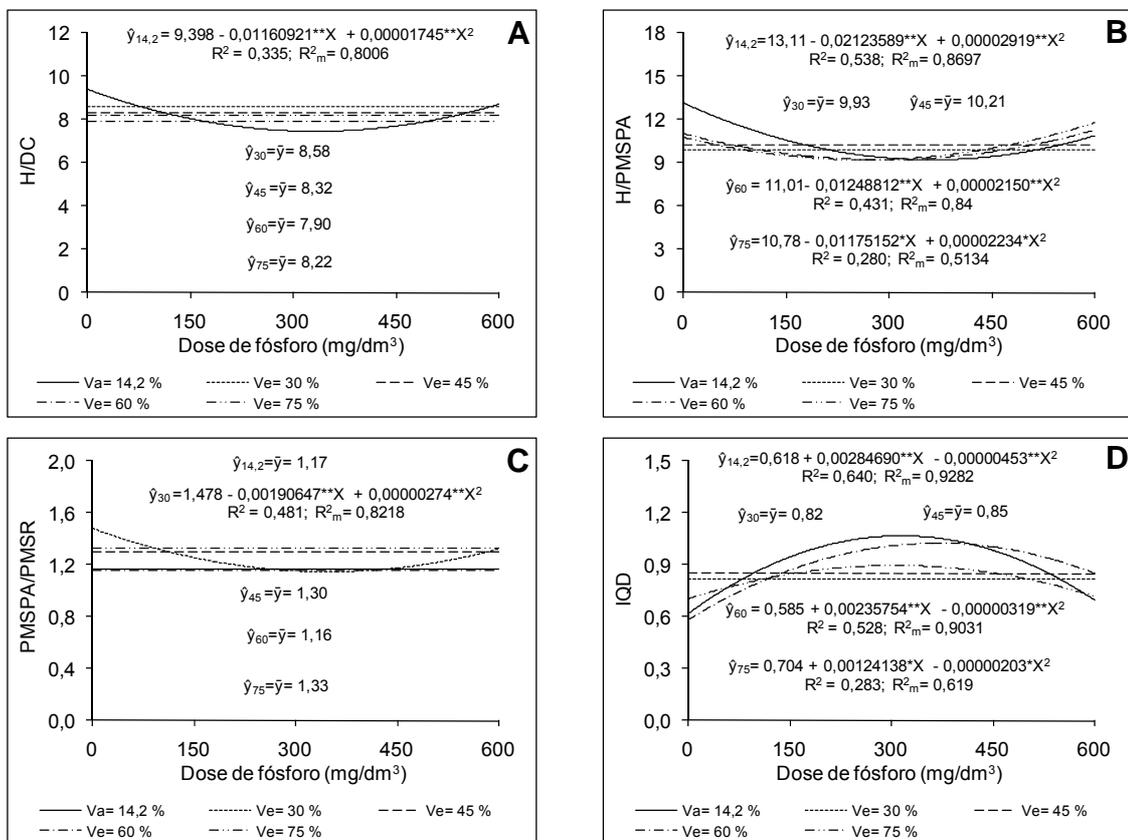
A relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/DC) apresentou ajuste estatístico com comportamento quadrático apenas para $V_a = 14,2\%$, obtendo-se ponto de mínimo de 7,47 com dose de 333 mg/dm^3 de P (Figura 6(A)). Segundo Carneiro (1995), esta relação exprime o equilíbrio de desenvolvimento das mudas, pois conjuga duas importantes características em apenas um só índice, e quanto menor for o seu valor melhor a qualidade da muda e, conseqüentemente, maior a capacidade de sobrevivência e estabelecimento no local de plantio definitivo, sendo o valor encontrado adequado ao valor recomendado, que de acordo com o autor deve estar entre 5,4 e 8,1.



R^2 = coeficiente de determinação considerando os dados individuais
 R_m^2 = coeficiente de determinação considerando as médias dos tratamentos.
Significativos a 1% (**), 5% (*) e 10% (°) de probabilidade.

Figura 5 – Altura da parte aérea (A), diâmetro do coleto (B), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) (C), peso de matéria seca das raízes (PMSR) (D) e peso de matéria seca total (PMST) (E) das mudas de canudo-de-pito, aos 160 dias após a semeadura, em função das doses de fósforo aplicadas nas diferentes saturações por bases do substrato, em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

A relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA) apresentou comportamento quadrático para $V_a = 14,2\%$ e $V_e = 60$ e 75% (Figura 6(B)), com pontos de mínimos de 9,25, 9,20 e 9,23 obtidos com as doses de 364, 290 e 263 mg/dm^3 de P, respectivamente. Segundo Gomes (2001), esta relação exprime o potencial de sobrevivência da muda no campo e que quanto menor for este índice mais lenhificada será a muda e maior será a sua sobrevivência no campo. Para os demais níveis de saturação por bases do substrato não houve ajuste de modelo estatístico condizente às respostas observadas.



R^2 = coeficiente de determinação considerando os dados individuais.

R^2_m = coeficiente de determinação considerando as médias dos tratamentos.

Significativos a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade.

Figura 6 – Relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/DC) (A), a altura e o peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA) (B), o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) (C) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (D) das mudas de canudo-de-pito, aos 160 dias após a semeadura, em função das doses de fósforo aplicadas nas diferentes saturações por bases do substrato, em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Para a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca da raiz (PMSPA/PMSR), foi possível ajuste apenas para $V_e = 30\%$ (Figura 6(C)), sendo estimado o ponto de mínimo de 1,15 com a dose de 348 mg/dm^3 de P. Para *Pinus taeda*, *Pinus elliottii*, *Pinus echinata*, *Pinus palustris* foram determinados valores entre 1,0 e 3,0 (WAKELEY, 1954), sendo o valor encontrado intermediário ao verificado pelo autor anterior.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é uma fórmula balanceada, na qual se incluem as características morfológicas; quanto maior o valor deste índice, melhor será a qualidade da muda produzida (GOMES, 2001). Neste caso, foram encontrados maiores valores do IQD para $V_a = 14,2\%$ e $V_e = 60$ e 75% de 1,07, 1,02 e 0,89, com as doses de de 314, 370 e 306 mg/dm^3 de P, respectivamente (Figura 6(D)). Para os demais níveis de V_e não foi encontrado um modelo estatístico que ajustasse às respostas observadas.

3.3. Argissolo Vermelho-Amarelo

Na Tabela 4, observa-se que a elevação da saturação por bases do substrato exerceu influência significativa sobre as características altura, peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca total e para a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes. As doses de fósforo exerceram influência significativa em todas as características, exceto para a relação entre a altura e o diâmetro do coleto. Houve interação significativa entre a saturação por bases do substrato (V_e) e as doses de fósforo (P), para as características altura, diâmetro do coleto e a relação entre peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes. Sendo assim, foram realizados desdobramentos das saturações por bases do substrato em função das doses de P, aplicadas para todas as características avaliadas.

Todas as características avaliadas, quando encontrado modelo estatístico que se ajustasse às respostas observadas, apresentaram comportamento quadrático nas diferentes saturações por bases, em função das doses de P aplicadas.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância dos dados de altura (h), diâmetro do coleto (DC), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca das raízes (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), relações entre as características altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de canudo-de-pito, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato (Ve) e à aplicação de doses de fósforo (P), aos 160 dias após a semeadura, em Argissolo Vermelho-Amarelo

FV	GL	Quadrado Médio								
		H	DC	PMSPA	PMSR	PMST	H/DC	H/PMSPA	PMSPA/PMSR	IQD
Ve	3	106,7*	0,305 ^{ns}	2,877*	0,4503 ^{ns}	5,600*	1,124 ^{ns}	6,159 ^{ns}	0,2517*	0,04477 ^{ns}
P	4	667,9*	10,675*	23,290*	19,7456*	85,249*	1,645 ^{ns}	54,234*	0,5212*	1,06876*
Ve* P	12	52,6*	1,280*	0,908 ^{ns}	0,8937 ^{ns}	2,873 ^{ns}	1,604 ^{ns}	5,247 ^{ns}	0,1850*	0,03851 ^{ns}
Bloco	3	11,1 ^{ns}	0,833 ^{ns}	0,839 ^{ns}	0,9046 ^{ns}	3,117 ^{ns}	0,717 ^{ns}	2,896 ^{ns}	0,0099 ^{ns}	0,06749 ^{ns}
Resíduo	57	17,6	0,638	0,520	0,4673	1,564	1,464	2,935	0,0445	0,03793
CV (%)		10,3	15,3	18,1	20,5	17,1	15,2	15,6	16,7	24,0

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

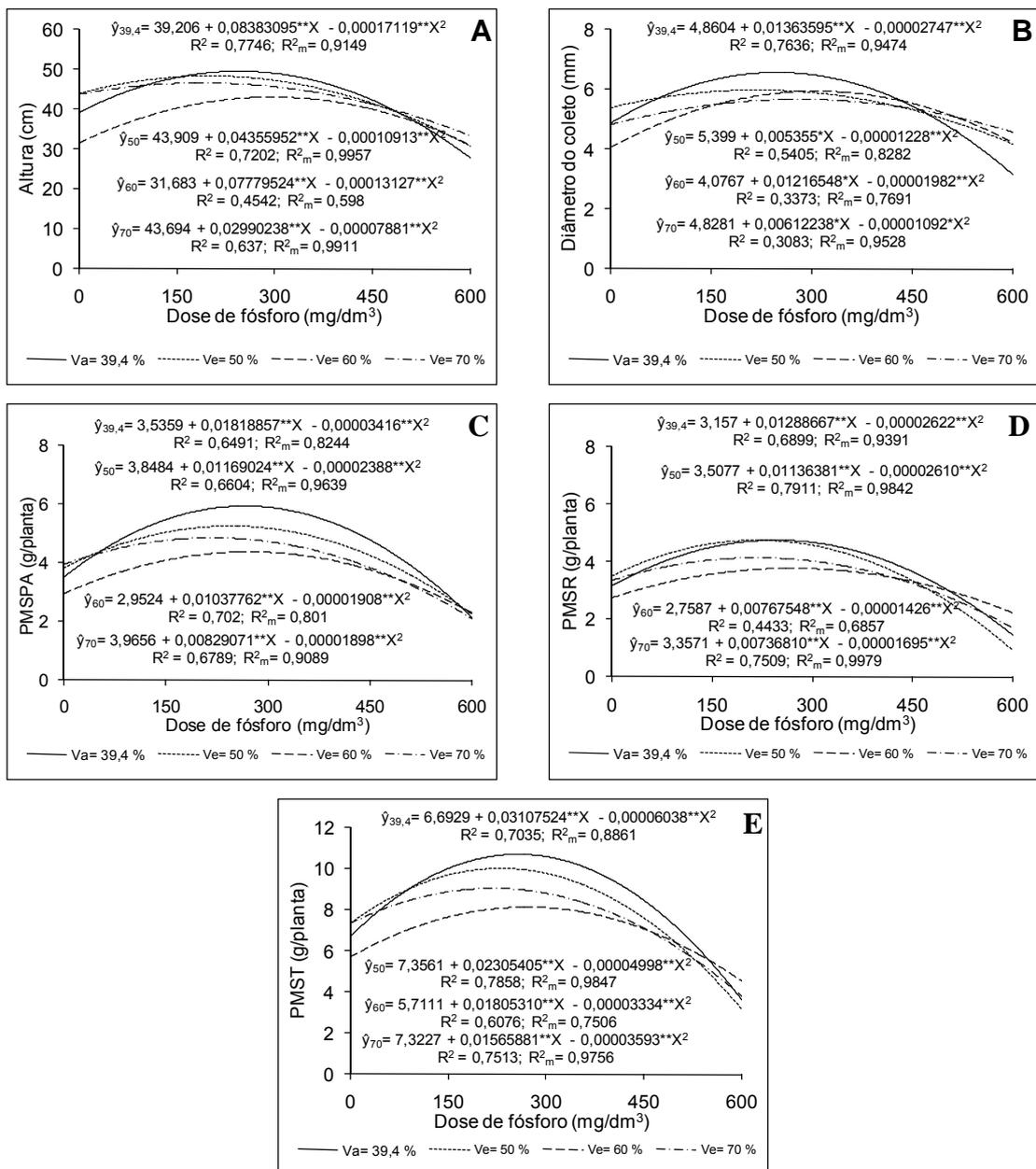
Para o crescimento em altura, foram obtidas respostas para $V_a = 39,4\%$ e $V_e = 50, 60$ e 70% , com máximos valores estimados de 49,46, 48,25, 43,20 e 46,53 cm, com as doses estimadas de 245, 200, 296 e 190 mg/dm^3 de P (Figura 7(A)).

Para o diâmetro do coleto (Figura 7(B)), as respostas para $V_a = 39,4\%$ e $V_e = 50, 60$ e 70% foram obtidas com valores máximos estimados em 6,55, 5,98, 5,94 e 5,69 mm, com as doses estimadas de 248, 218, 307 e 280 mg/dm^3 de P, respectivamente.

Para o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), foram observadas respostas para $V_a = 39,4\%$ e $V_e = 50, 60$ e 70% , em que foram obtidos valores máximos estimados em 5,96, 5,28, 4,36 e 4,87 g, com as doses calculadas de 266, 245, 272 e 218 mg/dm^3 de P, respectivamente (Figura 7(C)).

O peso de matéria seca das raízes (PMSR) apresentou resposta para $V_a = 39,4\%$ e $V_e = 50, 60$ e 70% com máximos valores estimados em 4,74, 4,74, 3,79 e 4,15 g, com as doses de 246, 218, 269 e 217 mg/dm^3 de P, respectivamente (Figura 7(D)).

O peso de matéria seca total (PMST) apresentou resposta para $V_a = 39,4\%$ e $V_e = 50, 60$ e 70% com máximos valores estimados em 10,69, 10,01, 8,15 e 9,02 g, com as doses de 257, 231, 271 e 218 mg/dm^3 de P, respectivamente, sendo as doses críticas de P estimadas em 124,26, 89,07, 114,34 e 59,38 mg/dm^3 (Figura 7(E)). Segundo Leles *et al.* (2000), o peso de matéria seca total é um bom indicador da qualidade de muda, pois está atribuído ao maior crescimento inicial das mudas em campo. Sendo assim, a dose crítica estimada para *Mabea fistulifera* para 90% da produção máxima de matéria seca total, considerando-se a saturação por bases original, foi de 124,26 mg/dm^3 de P, com a qual foram constatados melhores valores estimados para a maioria das características avaliadas.



R^2 = coeficiente de determinação considerando os dados individuais.
 R_m^2 = coeficiente de determinação considerando as médias dos tratamentos.
 Significativo a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade.

Figura 7 – Altura da parte aérea (A), diâmetro do coleto (B), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) (C), peso de matéria seca de raízes (PMSR) (D) e peso de matéria seca total (PMST) (E) das mudas de canudo-de-pito, aos 160 dias após a semeadura, em função das doses de fósforo aplicadas nas diferentes saturações por bases do substrato, em Argissolo Vermelho-Amarelo.

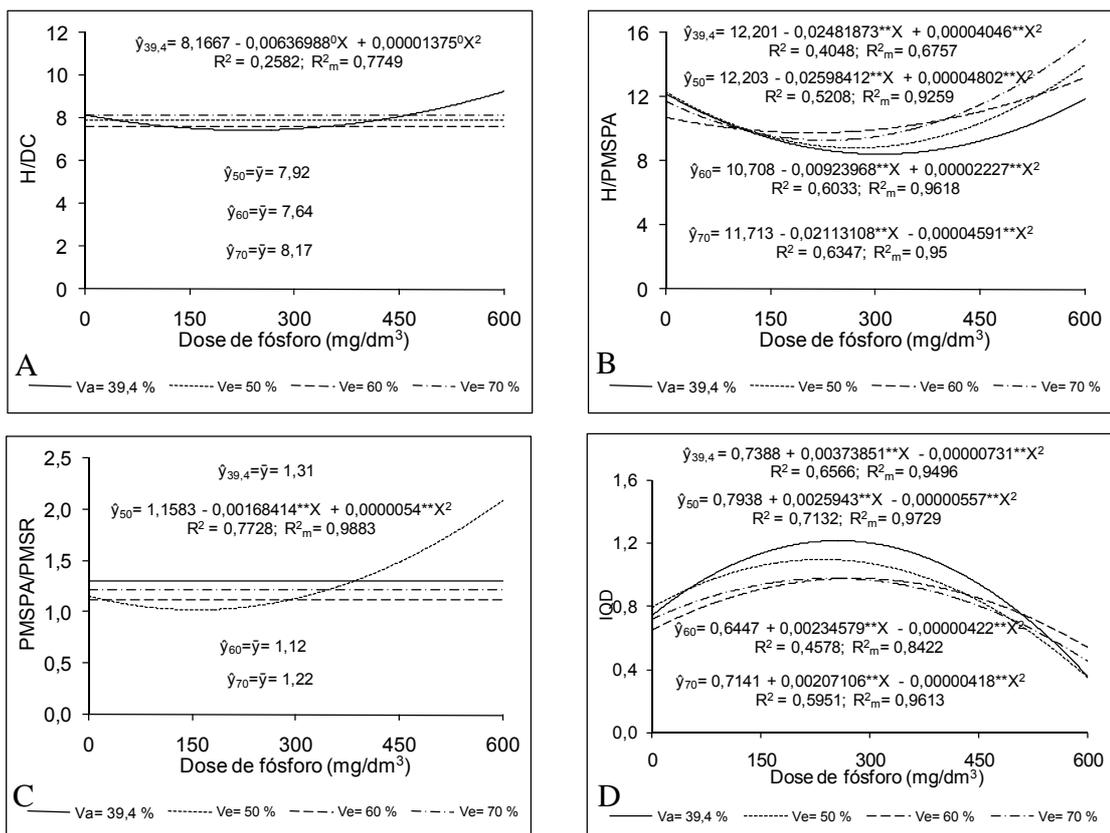
Para a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/DC) apenas para a $V_a = 39,4\%$ foi encontrado ajuste, obtendo-se ponto de mínimo de 7,42 com dose de 232 mg/dm^3 (Figura 8(A)). Segundo Carneiro (1995), esta relação exprime o equilíbrio de desenvolvimento das mudas, pois conjuga duas importantes características em apenas um só índice, e quanto menor for o seu valor melhor a qualidade da muda e, conseqüentemente, maior a capacidade de sobrevivência e estabelecimento no local de plantio definitivo.

Para a relação entre a altura da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), obteve-se resposta para $V_a = 39,4\%$ e $V_e = 50, 60$ e 70% (Figura 8(B)), com pontos de mínimos de 8,39, 8,78, 9,74 e 9,28 com as doses de 307, 271, 207 e 230 mg/dm^3 de P, respectivamente. Esta relação exprime o potencial de sobrevivência no campo e que quanto menor for este índice mais lenhificada será a muda e maior será a sua sobrevivência no campo (GOMES, 2001).

A relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca da raiz (PMSPA/PMSR) apresentou ajuste de modelo estatístico apenas para $V_e = 50\%$ (Figura 8(C)), sendo estimado o ponto de mínimo de 1,03 com a dose de 159 mg/dm^3 de P. Para *Pinus taeda*, *Pinus elliottii*, *Pinus echinata*, *Pinus palustris* foram determinados valores entre 1,0 e 3,0 (WAKELEY, 1954), sendo o valor encontrado neste estudo intermediário ao verificado por esse autor, para aquelas espécies.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é uma fórmula que inclui as características morfológicas, e quanto maior for o seu valor melhor será a qualidade da muda produzida (GOMES, 2001). Os pontos de máximos encontrados para o IQD para $V_a = 39,4\%$ e $V_e = 50, 60$ e 70% foram de 1,22, 1,07, 0,98 e 0,99 com as doses de 256, 233, 278 e 248 mg/dm^3 de P, respectivamente (Figura 8(D)).

Comportamento quadrático do crescimento de mudas de espécies nativas, em resposta à aplicação de P, também foi observado para *Sclerolobium paniculatum* (taxi-branco) (DIAS *et al.*, 1991), *Cedrela fissilis* (cedro) (GARCIA, 1986), *Chorisia speciosa* (paineira) (FERNANDES *et al.*, 2000), *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-baía) (REIS *et al.*, 1997), *Anadenanthera colubrina* (angico-branco) e *Apuleia leiocarpa* (garapa) (GOMES *et al.*, 2004; 2008).



R^2 = coeficiente de determinação considerando os dados individuais.

R^2_m = coeficiente de determinação considerando as médias dos tratamentos.

Significativo a 1% (**) e 10% (°) de probabilidade.

Figura 8 – Relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coletor (H/DC) (A), a altura e o peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA) (B), o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) (C) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (D) das mudas de canudo-de-pito, aos 160 dias após a semeadura, em função das doses de fósforo aplicadas nas diferentes saturações por bases do substrato, em Argissolo Vermelho-Amarelo.

4. Conclusões

Pelos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

As mudas de *Mabea fistulifera* apresentam melhor desempenho com os teores iniciais de Ca ($0,14 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), Mg ($0,03 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e de P ($0,9 \text{ mg}/\text{dm}^3$) contidos no Latossolo Vermelho-Amarelo Álico.

Tanto no Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico quanto no Argissolo Vermelho-Amarelo as melhores mudas são obtidas nas saturações por bases

originais, com os teores iniciais de cálcio (0,17 e 1,74 cmol_c/dm³) e magnésio (0,09 e 0,17 cmol_c/dm³), respectivamente. São recomendadas as doses de 130 e 125 mg/dm³ de P, respectivamente, com base na produção de 90% da matéria seca total.

Pode-se inferir que *Mabea fistulifera* possui baixa exigência em cálcio e magnésio na fase juvenil, pois nos três solos estudados foram obtidas as melhores mudas nas saturações por bases originais. Este resultado pode estar relacionado ao fato de essa espécie ser adaptada a solos de elevada acidez.

5. Referências bibliográficas

ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: ALVAREZ., V.H.; GUIMARÃES, P. T.G.; RIBEIRO, A. C. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5^a aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 43-60.

ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; LEITE, P. B.; SOUZA, R. B.; JUNIOR, E. S. R. Poda de raízes e adubação para crescimento do cafeeiro cultivado em colunas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 111-119, 2006.

AMARAL, A. S.; SPADER, V.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J. Resíduos vegetais na superfície do solo e a eficiência do herbicida Flumet Sulam. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 30, n. 5, p. 789-794, 2000.

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

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

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5^a aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

CRUZ, C. A. F. **Produção de mudas de *Pelthophorum dubium* (Spreng.) Taub (Canafístula) e *Senna macranthera* (DC. Ex Collad.) H.S. Irwine Barnaby (Fedegoso) em resposta a macronutrientes**. 2007. 200 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

DIAS, L. E.; ALVAREZ V., V. H.; BRIENZA JR., S. Formação de mudas de *Acacia mangium*: 1. Resposta a calcário e fósforo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, SP: SBS/SBEF, 1990. p. 449-453. 801 p.

DIAS, L. E.; JUSKSCH, I.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; BRIENZA JÚNIOR, S. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel). I. Resposta a calcário e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 1, p. 69-76, 1991.

FAGEIRA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 11, p. 1419-1424, nov. 2001.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. Crescimento inicial, níveis críticos fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, 2000.

FERNÁNDEZ, J. Q. P.; RUIVO, M. L. P.; DIAS, L. E.; COSTA, J. P. V.; DIAZ, R. R. Crescimento de mudas de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de calagem e doses de fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20 n. 4, p. 425-431, 1996.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 122 p.

GARCIA, N. C. P. **Efeitos da calagem e de níveis de fósforo sobre o crescimento e composição mineral das mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.)**. 1986. 40 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.

GODERT, W. J. **Calagem e adubação**. Brasília, DF: EMBRAPA-CAPC/EMBRAPA-SPI, 1995. 59 p.

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

GOMES, K. C. O. *et al.* Crescimento de mudas de garapa em resposta à calagem e ao fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 387-394, 2008.

GOMES, K. C. O. *et al.* Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 785-792, 2004.

HAUG, A. R.; VITORELLO, V. Cellular aspects of aluminum toxicity in plants. In: YASUI, M.; STRONG, M. J.; OTA, K.; VERITY, M. A. (Ed.). **Mineral and metal neurotoxicology**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 35-41.

KOCHIAN, L. V.; JONES, D. L. Aluminum toxicity and resistance in plants. In: YOKEL, R. A.; GOLUB, M. S. (Ed.). **Research issues in aluminum toxicity**. London: Taylor e Francis, 1997. p. 69-89.

- LELES, P. S. S.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; MORGADO, I. F. Qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. Produzidas em blocos prensados e em tubetes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 13-20, 2000.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1992. 352 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- MAZIERO, J. V. G.; CORRÊA, I. M.; TRIELLI, J. A. B.; D' AGOSTINI, M. F. Avaliação de emissões de poluentes de um motor diesel utilizando biodiesel de girassol como combustível. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 14, n. 4, p. 287-292, 2006.
- MULLETTE, K. J.; NOLA, J. H.; ELLIOTT, A. G. L. Insoluble phosphorus usage by *Eucalyptus*. Short communication. **Plant and Soil**, v. 41, p. 199-205, 1974.
- PASSOS, M. A. A. **Efeito da calagem e de fósforo no crescimento inicial da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC)**. 1994. 57 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.
- PEREIRA, F. E. de A. **Biodiesel produzido a partir do óleo de sementes de *Mabea fistulifera***. 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal Viçosa, Viçosa, MG, 2007.
- PEZZUTTI, R. V.; SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. Crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus* em resposta à fertilização NPK. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 9, n. 2, p. 117-125, 1999.
- RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, SP: Ceres, Potafos, 1991. 343 p.
- REIS, C. *et al.* Avaliação preliminar do óleo da semente de *Mabea fistulifera* Mart. (canudo-de-pito) para a produção de biodiesel. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS. ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 1., 2005, Varginha. **Anais...** Varginha, MG, 2005. p. 734-738.
- REIS, M. G. F. *et al.* Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (jacarandá-da-Bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 4, p. 463-471, 1997.
- RENGEL, Z.; REID, R. J. Uptake of Al across the plasma membrane of plant cells. **Plant and Soil**, v. 192, p. 31-35, 1997.
- WAKELEY, P. C. **Planting the southern pines**. Washington, DC: Agricultura Monogra DC, 1954. p. 181-223.

ANEXOS

ANEXO A

JEQUITIBÁ-ROSA

Tabela 1A – Médias de altura (H), diâmetro do coleto (DC), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca das raízes (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), relações entre as características altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de jequitibá-rosa, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato (Ve) e aplicação de P (mg/dm³) ao Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, aos 150 dias após a semeadura

Ve (%)	H (cm)	DC (mm)	PMSPA (g/planta)	PMSR (g/planta)	PMST (g/planta)	H/DC	H/PMSPA	PMSPA/PMSR	IQD
3,6	17,01	4,01	1,36	0,61	1,97	4,25	12,61	2,35	0,30
30	15,65	3,91	1,24	0,59	1,83	4,00	12,85	2,16	0,30
45	15,59	3,85	1,19	0,51	1,71	4,06	13,24	2,37	0,27
60	14,93	3,69	1,15	0,51	1,66	4,04	13,21	2,34	0,26
75	15,41	3,84	1,15	0,54	1,70	4,00	13,59	2,16	0,28
P (mg/dm ³)	H (cm)	DC (mm)	PMSPA (g/planta)	PMSR (g/planta)	PMST (g/planta)	H/DC	H/PMSPA	PMSPA/PMSR	IQD
0	16,04	3,85	1,23	0,60	1,83	4,17	13,30	2,11	0,29
150	16,30	3,97	1,31	0,60	1,91	4,10	12,53	2,27	0,30
300	15,87	3,88	1,30	0,57	1,87	4,10	12,44	2,33	0,29
450	16,18	3,90	1,23	0,51	1,75	4,16	13,20	2,47	0,27
600	14,21	3,71	1,02	0,48	1,50	3,83	14,03	2,18	0,25

Tabela 2A – Médias de altura (H), diâmetro do coleto (DC), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca das raízes (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), relações entre as características altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de jequitibá-rosa, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato (Ve) e aplicação de P (mg/dm³) ao Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, aos 150 dias após a semeadura

Ve (%)	H (cm)	DC (mm)	PMSPA (g/planta)	PMSR (g/planta)	PMST (g/planta)	H/DC	H/PMSPA	PMSPA/PMSR	IQD
14,2	15,35	3,89	1,16	0,58	1,74	3,96	13,25	2,02	0,29
30	13,83	3,68	1,00	0,53	1,52	3,77	14,12	1,92	0,27
45	13,79	3,83	1,11	0,55	1,66	3,61	12,63	2,06	0,30
60	12,62	3,53	0,90	0,47	1,38	3,58	14,09	1,93	0,25
75	13,09	3,55	0,97	0,45	1,42	3,70	13,79	2,16	0,24
P (mg/dm ³)	H (cm)	DC (mm)	PMSPA (g/planta)	PMSR (g/planta)	PMST (g/planta)	H/DC	H/PMSPA	PMSPA/PMSR	IQD
0	13,51	3,82	1,06	0,54	1,61	3,53	12,82	1,98	0,29
150	13,30	3,57	0,97	0,49	1,46	3,74	13,99	2,00	0,26
300	13,69	3,67	1,03	0,54	1,57	3,73	13,46	1,96	0,28
450	14,71	3,76	1,11	0,51	1,63	3,91	13,35	2,19	0,27
600	13,48	3,65	0,97	0,50	1,46	3,69	14,26	1,96	0,26

Tabela 3A – Médias de altura (H), diâmetro do coleto (DC), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca das raízes (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), relações entre as características altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de jequitibá-rosa, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato (Ve) e aplicação de P (mg/dm³) ao Argissolo Vermelho-Amarelo, aos 150 dias após a semeadura

Ve (%)	P (mg/dm ³)	H (cm)	DC (mm)	PMSPA (g/planta)	PMSR (g/planta)	PMST (g/planta)	H/DC	H/PMSPA	PMSPA/PMSR	IQD
39,4	0	16,70	3,90	1,26	0,57	1,83	4,28	13,25	2,21	0,28
39,4	150	16,97	3,99	1,45	0,68	2,14	4,26	11,69	2,13	0,33
39,4	300	15,92	3,97	1,27	0,50	1,78	4,01	12,55	2,52	0,27
39,4	450	15,41	3,75	1,14	0,50	1,63	4,11	13,55	2,31	0,25
39,4	600	11,91	3,32	0,72	0,30	1,02	3,58	16,86	2,39	0,17
50	0	16,99	3,93	1,51	0,59	2,10	4,32	11,66	2,53	0,31
50	150	17,81	4,06	1,42	0,64	2,06	4,38	12,54	2,21	0,31
50	300	15,10	3,71	1,10	0,62	1,72	4,08	13,85	1,78	0,30
50	450	17,68	3,99	1,54	0,66	2,20	4,45	11,53	2,35	0,33
50	600	13,11	3,47	0,82	0,40	1,22	3,79	16,05	2,04	0,21
60	0	16,81	3,68	1,24	0,54	1,78	4,59	13,50	2,30	0,26
60	150	16,00	3,82	1,27	0,60	1,87	4,19	12,77	2,12	0,30
60	300	16,86	3,94	1,33	0,70	2,02	4,31	12,74	1,93	0,33
60	450	14,35	3,70	0,94	0,50	1,45	3,85	15,34	1,85	0,25
60	600	12,61	3,24	0,79	0,33	1,12	3,86	16,11	2,51	0,18
70	0	16,37	3,89	1,29	0,61	1,90	4,21	12,83	2,09	0,30
70	150	16,53	4,02	1,20	0,57	1,77	4,15	13,74	2,13	0,29
70	300	17,05	3,76	1,29	0,63	1,92	4,56	13,27	2,12	0,29
70	450	15,64	3,90	1,20	0,53	1,74	4,01	12,98	2,26	0,28
70	600	13,64	3,66	1,16	0,47	1,63	3,72	12,76	2,43	0,26

ANEXO B

CANUDO-DE-PITO

Tabela 1B – Médias de altura (H), diâmetro do coleto (DC), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca das raízes (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), relações entre as características altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de canudo-de-pito, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato (Ve) e aplicação de P (mg/dm³) ao Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, aos 160 dias após a semeadura

Ve (%)	H (cm)	DC (mm)	PMSPA (g/planta)	PMSR (g/planta)	PMST (g/planta)	H/DC	H/PMSPA	PMSPA/PMSR	IQD
0	48,85	6,23	5,55	5,12	10,67	7,89	9,52	1,09	1,20
30	49,53	5,86	4,74	3,86	8,60	8,50	10,65	1,28	0,90
45	45,84	5,86	4,72	3,64	8,35	7,93	10,05	1,36	0,92
60	45,43	5,49	4,26	3,30	7,57	8,30	11,03	1,35	0,79
75	42,75	5,38	3,89	2,95	6,85	7,97	11,64	1,34	0,74
P (mg/dm ³)	H (cm)	DC (mm)	PMSPA (g/planta)	PMSR (g/planta)	PMST (g/planta)	H/DC	H/PMSPA	PMSPA/PMSR	IQD
0	50,29	6,01	5,70	4,65	10,35	8,46	9,35	1,30	1,09
150	48,46	5,86	4,96	4,16	9,12	8,30	10,28	1,21	0,97
300	46,54	5,72	4,76	3,68	8,43	8,13	9,96	1,32	0,90
450	43,71	5,98	4,17	3,69	7,86	7,35	10,72	1,20	0,93
600	43,39	5,24	3,58	2,70	6,27	8,34	12,59	1,38	0,65

Tabela 2B – Médias de altura (H), diâmetro do coleto (DC), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca das raízes (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), relações entre as características altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e do índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de canudo-de-pito, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato (Ve) e aplicação de P (mg/dm³) ao Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, aos 160 dias após a semeadura

Ve (%)	P (mg/dm ³)	H (cm)	DC (mm)	PMSPA (g/planta)	PMSR (g/planta)	PMST (g/planta)	H/DC	H/PMSPA	PMSPA/PMSR	IQD
14,2	0	47,33	5,03	3,56	2,66	6,22	9,55	13,50	1,35	0,58
14,2	150	46,05	6,08	4,82	4,18	9,00	7,57	9,66	1,16	1,03
14,2	300	48,80	6,09	4,96	4,35	9,31	8,03	9,93	1,16	1,03
14,2	450	40,63	5,54	4,25	3,81	8,06	7,46	9,67	1,12	0,95
14,2	600	38,38	4,43	3,62	3,36	6,98	8,74	10,70	1,08	0,72
30	0	42,08	5,17	4,04	2,73	6,77	8,19	10,57	1,52	0,72
30	150	48,55	5,54	4,67	4,03	8,70	8,79	10,43	1,16	0,88
30	300	49,00	5,12	4,90	4,07	8,97	9,58	10,07	1,21	0,84
30	450	43,38	5,12	4,45	3,71	8,16	8,50	9,78	1,21	0,84
30	600	38,33	4,89	4,34	3,38	7,72	7,84	8,83	1,30	0,85
45	0	47,45	5,26	4,12	2,99	7,11	9,05	11,49	1,40	0,69
45	150	45,83	5,15	4,49	3,71	8,20	8,99	10,27	1,23	0,81
45	300	44,25	5,38	4,56	3,26	7,82	8,32	9,82	1,41	0,82
45	450	46,03	5,83	4,77	3,64	8,41	7,92	9,74	1,31	0,91
45	600	44,28	6,03	4,61	4,05	8,66	7,33	9,72	1,14	1,04
60	0	31,53	3,80	2,78	2,44	5,22	8,26	11,26	1,23	0,55
60	150	42,38	5,37	4,70	3,94	8,63	7,89	9,01	1,22	0,96
60	300	44,80	5,57	4,65	4,05	8,70	8,08	9,63	1,19	0,96
60	450	43,28	5,55	4,39	4,20	8,59	7,82	9,81	1,07	0,98
60	600	42,85	5,74	3,81	3,59	7,40	7,46	11,17	1,09	0,87
75	0	41,18	4,97	3,65	2,93	6,57	8,33	11,37	1,25	0,69
75	150	42,58	5,03	5,13	3,35	8,47	8,57	8,40	1,53	0,85
75	300	45,88	5,70	5,11	3,92	9,03	8,06	9,09	1,31	0,97
75	450	45,58	5,35	4,06	3,30	7,37	8,54	11,38	1,26	0,75
75	600	41,23	5,49	3,76	2,91	6,67	7,61	11,12	1,32	0,76

Tabela 3B – Médias de altura (H), diâmetro do coleto (DC), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca das raízes (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), relações entre as características altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), peso de matéria seca da parte aérea e peso de matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e do índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de canudo-de-pito, em resposta à elevação da saturação por bases (Ve) e aplicação de P (mg/dm³) ao Argissolo Vermelho-Amarelo, aos 160 dias após a semeadura

Ve (%)	P (mg/dm ³)	H (cm)	DC (mm)	PMSPA (g/planta)	PMSR (g/planta)	PMST (g/planta)	H/DC	H/PMSPA	PMSPA/PMSR	IQD
39,4	0	37,88	4,81	3,07	2,94	6,01	7,94	12,90	1,05	0,69
39,4	150	51,68	6,54	6,47	5,02	11,49	7,93	8,06	1,30	1,26
39,4	300	45,70	6,03	5,81	4,38	10,19	7,61	8,16	1,33	1,15
39,4	450	42,85	5,78	3,99	3,50	7,48	7,52	10,86	1,23	0,89
39,4	600	28,13	3,06	2,58	1,57	4,15	9,56	11,10	1,66	0,39
50	0	43,80	5,50	3,79	3,38	7,17	7,97	12,28	1,13	0,79
50	150	48,43	5,84	5,29	4,90	10,19	8,33	9,26	1,11	1,09
50	300	46,50	5,59	4,88	4,50	9,38	8,34	9,62	1,09	1,01
50	450	41,85	5,83	4,49	3,15	7,64	7,24	9,51	1,48	0,89
50	600	30,65	3,99	2,21	1,04	3,25	7,73	14,28	2,11	0,33
60	0	28,65	3,78	2,69	2,49	5,18	7,78	10,56	1,09	0,60
60	150	46,93	6,07	4,60	4,14	8,74	7,81	10,23	1,13	1,00
60	300	41,83	5,90	4,36	3,78	8,13	7,20	9,63	1,20	0,98
60	450	35,43	5,00	3,23	2,78	6,01	7,32	11,07	1,17	0,74
60	600	33,68	4,52	2,58	2,50	5,08	8,11	13,23	1,04	0,59
70	0	43,68	4,76	3,74	3,37	7,11	9,35	11,99	1,10	0,69
70	150	46,23	5,67	5,32	4,07	9,38	8,17	8,79	1,31	0,99
70	300	46,23	5,60	4,53	4,00	8,53	8,26	10,25	1,14	0,91
70	450	40,50	5,32	3,61	3,32	6,92	7,75	11,30	1,11	0,81
70	600	33,50	4,61	2,27	1,65	3,91	7,32	15,54	1,47	0,46