

ELIANE CRISTINA SAMPAIO DE FREITAS

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE
Cassia grandis LINNAEUS f., *Plathymenia foliolosa* BENTH. E
Dipteryx alata VOGEL EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO
FOSFATADA E SATURAÇÃO POR BASES DO SUBSTRATO**

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
2013

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

T

F866c
2013 Freitas, Eliane Cristina Sampaio de, 1988-
Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis*
Linnaeus f., *Plathymenia foliolosa* Benth. e *Dipteryx alata* Vogel
em resposta à adubação fosfatada e saturação por bases do
substrato / Eliane Cristina Sampaio de Freitas. – Viçosa, MG,
2013.

vii, 53f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Florestas. 2. Plantas - Nutrição. 3. Plantas - Propagação.
4. Plantas florestais. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Florestal. Programa de
Pós-Graduação em Ciência Florestal. II. Título.

CDD 22 ed. 634.91613

ELIANE CRISTINA SAMPAIO DE FREITAS

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE
Cassia grandis LINNAEUS f., *Plathymenia foliolosa* BENTH. E
Dipteryx alata VOGEL EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO
FOSFATADA E SATURAÇÃO POR BASES DO SUBSTRATO**

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: 24 de julho de 2013.

Helio Garcia Leite
(Coorientador)

Sílvio Nolasco de Oliveira Neto
(Coorientador)

José Mauro Gomes

Haroldo Nogueira de Paiva
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por tudo que tenho.

Aos meus pais, Elson e Piedade, e aos meus irmãos por todo o amor e apoio, sem os quais eu não chegaria até aqui.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal (DEF) pelo auxílio, e aos professores pelos conhecimentos transmitidos, essenciais para minha formação.

Aos professores Helio Garcia e Sílvio Nolasco pelas valiosas colaborações. Em especial, ao professor e orientador, Haroldo Nogueira de Paiva, por ter acreditado em minha capacidade, pela paciência e dedicação, fundamentais para a concretização deste trabalho.

Aos funcionários do Viveiro de Pesquisa do DEF, João, Magela e Maurício, por toda a ajuda durante a condução desse estudo.

Ao Raphaell, Alex, Gustavo, Rafael, amigos da Engenharia Florestal, e a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para que esse estudo fosse realizado.

À Universidade Federal de Viçosa, que proporcionou a realização de um grande objetivo da minha vida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da Bolsa.

BIOGRAFIA

Eliane Cristina Sampaio de Freitas, filha de Elson de Freitas e Maria da Piedade Sampaio de Freitas, nasceu em 21 de junho de 1988, em Curvelo, Minas Gerais. Concluiu o Ensino Médio em Curvelo, na Escola Estadual Bolivar de Freitas, em 2005.

Em 2007, iniciou o curso de Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, sendo o mesmo concluído em dezembro de 2011. Em fevereiro de 2012, iniciou o curso de Mestrado em Ciência Florestal na mesma Instituição.

ÍNDICE

RESUMO	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
2. CAPÍTULO 1: Crescimento e qualidade de mudas de <i>Cassia grandis</i> Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e saturação por bases do substrato.....	6
Resumo	6
Introdução	7
Material e métodos.....	9
Resultados e discussão.....	11
Conclusões	19
Referências bibliográficas.....	19
3. CAPÍTULO 2: Crescimento e qualidade de mudas de <i>Plathymenia foliolosa</i> Benth. em resposta à adubação fosfatada e saturação por bases do substrato.....	24
Resumo	24
Introdução	25
Material e métodos.....	27
Resultados e discussão.....	29
Conclusões	36
Referências bibliográficas.....	36
4. CAPÍTULO 3: Crescimento e qualidade de mudas de <i>Dipteryx alata</i> Vogel em resposta à adubação fosfatada e saturação por bases do substrato.....	40
Resumo	40
Introdução	41
Material e métodos.....	43
Resultados e discussão.....	45

Conclusões	49
Referências bibliográficas.....	49
5. CONCLUSÕES GERAIS.....	53

RESUMO

FREITAS, Eliane Cristina Sampaio de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2013. **Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f., *Plathymenia foliolosa* Benth. e *Dipteryx alata* Vogel em resposta à adubação fosfatada e saturação por bases do substrato.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Coorientadores: Helio Garcia Leite e Sílvio Nolasco de Oliveira Neto.

Diante a exploração, muitas vezes desordenada, dos recursos naturais, culminando na degradação das áreas e perda da biodiversidade, a recuperação ambiental por meio do plantio de espécies nativas é importante para reestabelecer o equilíbrio dos ecossistemas e para preservar as espécies. Mudas de qualidade são fundamentais para garantir o sucesso dos plantios florestais, pois possibilitam o maior crescimento e sobrevivência pós-plantio no campo. Para a produção de mudas de boa qualidade é necessário conhecer as exigências nutricionais das espécies cultivadas. Entretanto, para muitas espécies arbóreas nativas esse conhecimento ainda é escasso. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da saturação por bases do substrato e da adubação fosfatada sobre o crescimento e qualidade de mudas de cássia-rosa (*Cassia grandis* Linnaeus f.), vinhático-da-mata (*Plathymenia foliolosa* Benth.) e baru (*Dipteryx alata* Vogel), utilizando como substrato um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilosa. Os tratamentos foram representados por um fatorial de seis níveis de P (0, 120, 240, 360, 480 e 600 mg dm⁻³), por cinco níveis de saturação por bases do substrato (3,5 (original), 25, 40, 55, 70 %), sendo dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Ao final do experimento foram obtidas a altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSRA) e total (MST), e calculadas as relações H/MSPA, H/DC, MSPA/MSRA, e o índice de qualidade de Dickson (IQD). A adubação fosfatada contribui para o crescimento e a qualidade das mudas de *Cassia grandis* e *Plathymenia foliolosa*. A *Dipteryx alata* não apresenta resposta às doses de fósforo, se mostrando potencial para o plantio em solos com baixos teores desse nutriente. A elevação da saturação por bases influencia o crescimento e a qualidade das mudas de vinhático-da mata e baru, não sendo observada resposta pela cássia-rosa.

ABSTRACT

FREITAS, Eliane Cristina Sampaio de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2013. **Growth and seedlings quality of *Cassia grandis* Linnaeus f., *Plathymenia foliolosa* Benth. and *Dipteryx alata* Vogel in response to phosphate fertilization and basis saturation of substratum.** Advisor: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-Advisor: Helio Garcia Leite and Sílvio Nolasco de Oliveira Neto.

Given the exploration of natural resources, many times disordered, culminating in degradation of areas and loss of biodiversity, the environmental recovery through native species is important to reestablish the equilibrium of ecosystems and to preserve the species. Quality seedlings are fundamental to ensure the success of forest plantations, since they allow a better growth and survival once planted. For the production of quality seedlings it is necessary to know the nutritional requirements of cultivated species. However, for many native woody species, this knowledge is still scarce. Therefore, this study aimed at evaluating the influence of basis saturation of substratum and the phosphate fertilization on the growth and seedlings quality of cássia-rosa (*Cassia grandis* Linnaeus f.), vinhático-da-mata (*Plathymenia foliolosa* Benth.) and baru (*Dipteryx alata* Vogel), using like substrate a dystrophic red-yellow latosol, with clay texture. The treatments were represented by a factorial of 6 (P doses: 0, 120, 240, 360, 480 and 600 mg dm⁻³) by 5 (basis saturation: 3,5 (original), 25, 40, 55, 70 %) being arranged in a randomized blocks design with four replications. In the end of the experiment were obtained the height of shoot, stalk diameter, mass of shoot dry matter, mass of roots dry matter, and total dry matter, beyond their relationships, and the Dickson's quality index. The phosphate fertilization contributes to the growth and the seedlings quality of *Cassia grandis* and *Plathymenia foliolosa*. The *Dipteryx alata* seedlings don't present response to the phosphorus doses, showing be potential to the planting in soils with low content of this nutrient.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A expansão agrícola e a alta demanda por produtos madeireiros aumentaram a exploração dos remanescentes florestais nativos resultando em altas taxas de desmatamento.

Segundo o IDS - 2012 (Indicadores de Desenvolvimento Sustentável), lançado pelo IBGE (2012), a área desflorestada na Amazônia se aproxima dos 20% da área florestal original, situação semelhante aos biomas extra-amazônicos. Em 2010 restavam 12% de uma área total de 128.898.972 ha da Mata Atlântica, sendo as áreas desmatadas substituídas por áreas agrícolas, pastoris e urbanas. Dados de 2009 mostram o maior percentual de desmatamento para o Pampa (54%), seguido pelo Cerrado (49%), Caatinga (46%) e Pantanal (15%).

Com o desmatamento dos biomas, aumenta-se o número de espécies da fauna e flora extintas ou ameaçadas de extinção. De acordo com o IBGE (2012), a flora possui 461 espécies ameaçadas de extinção, sendo as espécies arbóreas as mais vulneráveis, pois além do desmatamento e das queimadas, o crescimento relativamente lento dificulta a recuperação natural da destruição provocada pela atividade madeireira. A Mata Atlântica apresenta o maior número de espécies ameaçadas (275), seguida pelo Cerrado (131) e pela Amazônia (24). Por meio da Portaria Nº 37, de 3 de abril de 1992, o IBAMA (1992) tornou pública a Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção.

O abandono de áreas com recursos esgotados na busca por áreas mais produtivas culminou em um cenário comum de degradação em diferentes regiões brasileiras. Nesse sentido, a recuperação dessas áreas é fundamental para reestabelecer o equilíbrio dos ecossistemas, assim como os serviços e bens ambientais oferecidos.

O método utilizado para revegetar as áreas degradadas depende do nível de degradação, resiliência, características do entorno e do fator de distúrbio. Vezzani e Mielniczuk (2009) conceituam resiliência como a capacidade de um solo recuperar sua integridade funcional e estrutural após um distúrbio. Quando a intensidade do distúrbio é alta, ocorrendo redução do banco de sementes e resiliência do solo, associada à inexistência de fragmentos florestais próximos, a regeneração natural é dificultada ou extremamente lenta. A regeneração natural de florestas tropicais possui restrições como a competição com gramíneas, as condições microclimáticas

desfavoráveis para o estabelecimento das plantas, baixa disponibilidade de nutrientes do solo e a redução do banco de sementes (PARROTTA, 1992). Nesses casos, a intervenção por meio do plantio de mudas, apesar de onerosa, possui maior eficácia em relação ao tempo de estabelecimento.

Além dos benefícios ambientais fornecidos pelo componente arbóreo, ressalta-se o potencial de algumas espécies nativas para atender a demanda não somente madeireira, mas de produtos como castanhas, frutos e óleos, desde que seja praticado o manejo sustentável. Entretanto, o conhecimento sobre as necessidades nutricionais de espécies arbóreas nativas é escasso, justificando a realização de estudos que visam informações para produção de mudas com melhor qualidade (CRUZ et al., 2004). As mudas devem apresentar características que as permitam resistir às condições adversas que poderão ocorrer posteriormente ao plantio, mesmo em períodos favoráveis (CARNEIRO, 1995).

Entre os substratos utilizados para produção de mudas de espécies arbóreas nativas, destaca-se a terra de subsolo, que devido à intemperização, pode possuir elevada acidez e baixo teor de nutrientes. O processo de intemperização do solo promove sua acidificação, com adsorção de H^+ , Al^{+++} e Mn^{++} em suas cargas negativas, e conseqüentemente a perda de bases (CARNEIRO, 1995). Por meio da aplicação de corretivos ocorre a redução das concentrações tóxicas de Al e Mn, proporcionando condições mais favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos decompositores da matéria orgânica, nitrificadores e fixadores de N, maior disponibilidade de P e Mo, e fornecimento de Ca e Mg (MALAVOLTA, 1980).

O fósforo é um nutriente essencial, requerido por todas as plantas para o crescimento, desenvolvimento e reprodução. É constituinte dos ácidos nucléicos, fosfolípidios, proteínas, éster fosfato e adenosina trifosfato (ATP), fazendo parte da maioria dos processos metabólicos como fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia (DECHEN e NACHTIGALL, 2007). Contudo, os solos tropicais normalmente apresentam baixa disponibilidade de P às plantas, devido ao elevado poder de adsorção/fixação deste nutriente (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Diversos fatores influenciam a adsorção do P ao solo, como teor de argila, tempo de contato, teor de matéria orgânica e de outros nutrientes que competem pelos sítios de adsorção, e o pH do solo. A capacidade de adsorção do P em solos argilosos é maior do que em solos arenosos, e com maior tempo de incubação o P também se torna menos disponível (GAVA et al., 1997).

A adubação torna-se necessária quando a quantidade demandada pela planta é maior que a quantidade disponível no solo. As características e quantidade de adubo a ser aplicado dependem da fertilidade do solo, da eficiência do adubo e sua reação com o solo, fatores econômicos, e da necessidade nutricional da espécie cultivada (GONÇALVES, 1995). Espécies com sementes pequenas e com baixos teores de P, com sistema radicular pouco desenvolvido, maior taxa de crescimento e na fase inicial de desenvolvimento, com maior capacidade micorrízica, apresentam maior resposta ao fornecimento de P (FURTINI NETO et al., 2005).

A calagem em solos ácidos é a maneira mais eficiente para aumentar a disponibilidade de fósforo para as plantas, elevando o pH e, conseqüentemente, a densidade de cargas negativas, acarretando maior repulsão entre o fósforo e a superfície adsorvente e redução da capacidade máxima de adsorção do solo (NOVAIS et al., 2007).

Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da saturação por bases do substrato e da adubação fosfatada no crescimento e qualidade de mudas de cássia-rosa (*Cassia grandis* Linnaeus f.), vinhático-da-mata (*Plathymenia foliolosa* Benth.) e baru (*Dipteryx alata* Vogel).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GOMES, K. C. O.; GUERRERO, C. R. A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.66, p.100-107, dez. 2004.

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

FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilização em reflorestamentos com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 351-383.

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

GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica**. Piracicaba: IPEF, 1995. 23p. (Documentos Florestais, 15).

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria n. 37, de 3 de abril de 1992. Torna pública a lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçada de extinção. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1992.

IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – IDS 2012**. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/indicadores_desenvolvimento_sustentavel/2012/ids2012.pdf> Acesso em: 11 jul. 2013.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 399p.

NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.133-204.

PARROTTA, J. A. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 41, n.2, p.115-133, 1992.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n.4, p. 743-755, 2009.

2. CAPÍTULO 1: Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e saturação por bases do substrato

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. (cássia-rosa), em função da adubação fosfatada e da saturação por bases do substrato. Os tratamentos foram representados por um fatorial de seis níveis de P (0, 120, 240, 360, 480 e 600 mg dm⁻³), por cinco níveis de saturação por bases do substrato (3,5 (original), 25, 40, 55, 70%), sendo dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. O substrato utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilosa. Aos 65 dias após a repicagem, foram medidas a altura da parte aérea (H), o diâmetro do coleto (DC), a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSRA) e total (MST), e calculadas as relações H/MSPA, H/DC, MSPA/MSRA, e o índice de qualidade de Dickson (IQD). A adubação fosfatada teve influência significativa em todas as características avaliadas, relações e IQD. Apenas a relação H/MSPA e o IQD apresentaram interação significativa entre a adubação fosfatada e calagem. Para a saturação por bases não foi observado efeito significativo para as características avaliadas, exceto para as relações H/DC, H/MSPA, MSPA/MSRA. A dose de fósforo adequada para a produção de mudas de cássia-rosa, na saturação por bases média, é de 450 ± 50 mg dm⁻³.

Palavras-chave: Fósforo, cássia-rosa, calagem.

Introdução

A exploração desordenada dos recursos naturais e o abandono das áreas desmatadas culminaram na degradação de extensas áreas no Brasil. A revegetação dessas áreas é fundamental para melhorar as características físicas e químicas do solo, fornecendo, por meio da cobertura vegetal, a proteção necessária para diminuir a perda de sedimentos por erosão (SILVA et al., 2011).

Os programas de revegetação que visam à recuperação de áreas degradadas e proteção de mananciais hídricos recomendam o plantio de espécies nativas, tendo em vista reestabelecer as condições ecológicas (FURTINI NETO et al., 1999). A utilização de espécies arbóreas nativas, adaptadas a condições de estresse, pode reverter os processos de degradação por meio da estabilização dos solos, pelo desenvolvimento do sistema radicular, e aumento da matéria orgânica do solo através da deposição de serapilheira (PARROTTA, 1992).

A *Cassia grandis*, popularmente conhecida como cássia-rosa ou canafístula, é recomendada para recuperação de matas ciliares, em locais com inundações periódicas de rápida duração e com curto período de encharcamento (CARVALHO, 1994). Trata-se de uma espécie pioneira a secundária inicial (CARVALHO, 1994), pertencente à família Fabaceae e subfamília Caesalpinoideae, com ocorrência na Região Amazônica, na floresta de terra firme (LORENZI, 2002). Em plantios experimentais, tem melhor crescimento em solos com elevada fertilidade (CARVALHO, 1994).

A cássia-rosa além de ser muito utilizada para o paisagismo, uma vez que é extremamente ornamental (LORENZI, 2002), se destaca como potencial para a consorciação em sistemas agroflorestais, devido aos frutos adocicados que são apreciados pelo gado, e sua madeira também pode ser utilizada na construção civil e para produção de carvão (CARVALHO, 1994).

A produção de mudas é uma das fases mais importantes para projetos de reflorestamento, seja para fins comerciais ou ambientais. Mudas de espécies florestais de boa qualidade, com nutrição e substratos adequados, são fundamentais para garantir a adaptação e crescimento após o plantio (GONÇALVES et al., 2005), evitando replantios e gastos adicionais (GOMES et al., 2002). Para isto, deve-se conhecer melhor a dinâmica dos nutrientes no solo, as exigências nutricionais das

espécies e os fatores que afetam o equilíbrio dentro do complexo solo-planta (FERNANDES e CARVALHO, 2001).

Muitos viveiros utilizam a terra de subsolo como substrato para produção de mudas de espécies arbóreas nativas. Entretanto, a maior parte dos solos brasileiros é altamente intemperizada, com elevada acidez e baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente o fósforo que é fortemente adsorvido. A calagem, além de corrigir a acidez do solo, estimula a atividade microbiana e aumenta a disponibilidade da maioria de nutrientes para as plantas (ALVAREZ V. e RIBEIRO, 1999).

O fósforo é fundamental nos processos de armazenamento e transferência de energia (MARSCHNER, 1995), e sua deficiência é um dos fatores que mais limita o crescimento das espécies florestais (FURTINI NETO et al., 2005). Uma reduzida disponibilidade de fósforo pode ser responsável pelo inadequado desenvolvimento das plantas em solos ácidos de regiões tropicais (FURTINI NETO et al., 1999). Para a produção de mudas, a deficiência desse nutriente nos substratos provoca crescimento irregular, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, prejudicando a qualidade das mudas (GOMES e PAIVA, 2012). Nesse sentido se fazem necessárias adubações fosfatadas para atender a demanda das plantas, que é variável de acordo com a espécie.

A demanda de P pelas espécies está associada a diversos fatores, como tamanho e teor de P das sementes, grau de desenvolvimento do sistema radicular, dependência micorrízica, taxa de crescimento e estágio de desenvolvimento da planta (SANTOS et al., 2008). Estes autores ressaltam que a maior resposta ao fornecimento de P é esperada em espécies de sementes pequenas e com baixos teores do nutriente, sistema radicular pouco desenvolvido, maior capacidade micotrófica, maior taxa de crescimento e na fase inicial de desenvolvimento.

Diante a importância das espécies arbóreas nativas para programas de recuperação de áreas degradadas e escassez de informações sobre suas exigências nutricionais, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da adubação fosfatada e da saturação por bases do substrato sobre o crescimento e a qualidade de mudas de *Cassia grandis*.

Material e métodos

O estudo foi conduzido entre outubro de 2012 e janeiro de 2013, no município de Viçosa-MG, localizado a 20° 45' de latitude Sul, 46° 51' de longitude Oeste, e 689 metros de altitude, no Viveiro de Pesquisa do Departamento de Engenharia Florestal, pertencente à Universidade Federal de Viçosa. Segundo a classificação de Köppen, o clima na região de Viçosa é do tipo Cwb, mesotérmico com verões quentes e chuvosos, e invernos frios e secos. A temperatura e a precipitação pluviométrica média anual são de 19,4 °C e 1.221 mm, respectivamente (DNMET, 1992).

O substrato utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa, retirado de uma área da Dendrologia, também pertencente à Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa, MG, na camada de 20-50 cm de profundidade. Posteriormente, o solo foi peneirado (malha de 4 mm de diâmetro) e destinado ao enchimento dos vasos. Desse solo, foi coletada amostra para caracterização física (argila = 570 g kg⁻¹, silte = 110 g kg⁻¹, areia grossa = 190 g kg⁻¹ e areia fina = 130 g kg⁻¹) e química (Tabela 1).

Tabela 1 - Características químicas da amostra de solo utilizado para a produção de mudas de cássia-rosa (*Cassia grandis* Linnaeus f.)

pH	P	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	MO
H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol dm ⁻³							(%)		dag kg ⁻¹
4,79	0,7	6	0,92	0,11	0,01	3,93	0,14	1,06	4,04	3,5	86,8	1,66

pH em água - Relação 1: 2,5; P e K - Extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; H + Al - Extrator CaOAc 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; SB = Soma de bases; CTC(t) = Capacidade de troca catiônica efetiva; CTC(T) = Capacidade de troca catiônica, pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; Matéria orgânica (MO) = C. org. x 1,724 - Método Walkley-Black.

Os tratamentos foram representados por um fatorial de seis níveis de P (0, 120, 240, 360, 480 e 600 mg dm⁻³), por cinco níveis de saturação por bases (3,5 (original), 25, 40, 55 e 70%), sendo dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída por um vaso de polietileno rígido, contendo 1,8 dm³ de solo.

O solo recebeu cinco níveis de calagem, de acordo com o método de elevação da saturação por bases, ou seja, 3,5% (saturação por bases em condições naturais), e elevação da saturação por bases para 25, 40, 55 e 70%, utilizando-se da seguinte fórmula para cálculo:

$$NC \text{ (t/ha)} = (V2 - V1) \text{ CTC(T)}/100$$

Em que:

NC = necessidade de calagem (toneladas/hectare);

V2 = porcentagem de saturação por bases desejada;

V1 = porcentagem de saturação por bases do solo, conforme análise;

CTC(T) = Capacidade de troca catiônica a pH 7,0.

O corretivo consistiu de mistura de CaCO_3 e MgCO_3 , na relação estequiométrica de 4:1. Após a aplicação do corretivo, o solo foi incubado durante 30 dias, com o teor de umidade mantido próximo à capacidade de campo, incluindo a porção que não recebeu calcário.

A fonte de P utilizada foi o fosfato de sódio monobásico-monohidratado ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) aplicado por solução antes da repicagem. A adubação básica foi aplicada, 15 dias após a repicagem, por solução e consistiu de 100 mg dm^{-3} de N, 100 mg dm^{-3} de K e 40 mg dm^{-3} de S, pelo emprego de NH_4NO_3 , KCl e K_2SO_4 , respectivamente, conforme sugerido por Passos (1994). Após 30 dias, foi realizada uma adubação de cobertura de 50 mg dm^{-3} de N. Juntamente à primeira aplicação foi realizada a adubação com uma solução de micronutrientes, nas seguintes doses: $0,81 \text{ mg dm}^{-3}$ de B (H_3BO_3), $1,33 \text{ mg dm}^{-3}$ de Cu ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), $3,66 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mn ($\text{MnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), $4,00 \text{ mg dm}^{-3}$ de Zn ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), e $0,15 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mo ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), de acordo com Alvarez V. et al. (2006).

As sementes de cássia-rosa foram tratadas com ácido sulfúrico por 40 minutos para quebra de dormência e semeadas em canteiro de areia. Após 24 dias, as mudas foram repicadas para os vasos, quando apresentavam dois pares de folhas, e mantidas por 15 dias em casa de sombra (sombrite 50%). Posteriormente, as mudas foram colocadas em casa de vegetação e raleadas, deixando apenas uma muda por vaso.

Durante o período experimental, a umidade do solo foi mantida próxima de 60% da capacidade de campo. A irrigação foi feita de acordo com o monitoramento diário.

Aos 65 dias após a repicagem, foram feitas medições da altura e diâmetro do coleto de todas as plantas utilizando régua graduada em centímetros e paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, respectivamente. As plantas foram separadas em raiz e parte aérea, lavadas e secas em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura próxima a 70 °C, até peso constante. Em seguida, as partes constituintes das plantas foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g.

Através dos dados de altura (H), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSRA) e total (MST), foram calculadas as relações de qualidade de mudas: H/DC, H/MSPA, MSPA/MSRA, e Índice de Qualidade de Dickson ($IQD = MST / [(H/DC) + (MSPA/MSRA)]$). Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão ($p < 0,05$). Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes da regressão e no coeficiente de determinação (R^2).

Resultados e discussão

A adubação fosfatada teve influência significativa em todas as características avaliadas e suas relações (Tabela 1). Apenas a relação H/MSPA e o IQD tiveram a interação significativa entre adubação fosfatada e calagem. A saturação por bases não apresentou efeito significativo para as características avaliadas, exceto para as relações H/DC, H/MSPA, MSPA/MSRA. A falta de resposta à calagem pode ser explicada pela adaptação da espécie a solos ácidos, e que os teores de Ca e Mg contidos no solo atendem às exigências da espécie na fase inicial de crescimento. A resposta à prática de calagem pode ou não ocorrer, dependendo das características de cada espécie que se pretenda cultivar, principalmente no que se refere à tolerância a acidez (VALE et al., 1996).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância das características morfológicas e suas relações para mudas de cássia-rosa, aos 65 dias após a repicagem, em resposta às doses de fósforo e saturação por bases do substrato

FV	GL	Quadrado médio								
		H	DC	MSPA	MSRA	MST	H/DC	H/MSPA	MSPA/MSRA	IQD
Bloco	3	1,64	0,56	0,08	0,01	0,06	1,06*	12,54	0,33*	0,00
V	4	4,62	0,27	0,37	0,16	0,98	1,02*	50,65**	0,22*	0,02
P	5	298,13**	5,16**	7,67**	1,45**	15,79**	1,91**	515,75**	0,65**	0,21**
PxV	20	17,91	0,43	0,52	0,13	1,15	0,53	21,89*	0,08	0,02*
Resíduo	87	10,64	0,27	0,36	0,10	0,79	0,35	11,51	0,09	0,01
CV %		14,17	13,46	32,74	34,18	32,56	9,83	22,88	14,52	31,13

** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

H – altura da parte aérea; DC – diâmetro do coleto; MSPA – massa de matéria seca da parte aérea; MSRA – massa de matéria seca da raiz; MST – massa de matéria seca total; H/DC – relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto; H/MSPA – relação entre altura da parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea; MSPA/MSRA – relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca da raiz; IQD – índice de qualidade Dickson.

Vale et al. (1996) estudaram o crescimento radicular de 15 espécies florestais em um solo altamente ácido, com alto teor de Al trocável, e Ca e Mg deficientes. Entre as espécies estudadas, os autores constataram que a *Acacia mangium* (acácia-mangium), *Eucalyptus grandis* (eucalipto) e *Peltophorum dubium* (angico-amarelo) tiveram o crescimento radicular menos afetado em condições de solo ácido, e que a *Acacia mangium*, *Mimosa caesalpiniaefolia* (sabiá), *Mimosa Scabrella* (bracatinga), e *Peltophorum dubium* tiveram próximo ou igual a 100% de crescimento relativo de raízes nesse solo.

A falta de resposta significativa para a calagem também foi observada para a *Anadenanthera colubrina* (GOMES et al., 2004); *Acacia holoserica* e *Acacia auriculiformis* (BALIEIRO et al., 2001); *Tabebuia impetiginosa* (CRUZ et al., 2004); *Astronium fraxinifolium*, *Guazuma ulmifolia*, *Anadenanthera macrocarpa* e *Inga edulis* (SILVA et al., 2011), corroborando com os resultados deste estudo.

Espécies tolerantes à toxidez por Al podem reduzir sua absorção, aumentando o pH da rizosfera, ou excluí-lo do tecido (VALE et al., 1996). Além dos mecanismos desenvolvidos pela espécie para se adaptar a solos ácidos, a resposta à calagem é influenciada pelo tipo de substrato utilizado para a produção de mudas.

Bernardino et al. (2005), Souza et al. (2010) e Souza et al. (2008) não observaram efeito significativo da elevação da saturação por bases sobre as

características morfológicas e suas relações na produção de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), fedegoso (*Senna macranthera*) e bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), respectivamente, quando utilizaram um Argissolo como substrato. Por outro lado, esses mesmos autores observaram resposta significativa destas espécies quando utilizaram como substrato Latossolos distrófico e álico.

Respostas significativas para a calagem, contrárias às obtidas neste estudo, favorecendo o crescimento em altura, diâmetro e produção de matéria seca de mudas, foram encontradas para a cássia-verrugosa (*Senna multijuga*), ipê-mirim (*Stenolobium stans*), angico-do-cerrado (*Anadenanthera falcata*) e cedro (*Cedrela fissilis*) (FURTINI NETO et al., 1999). Ressalta-se que as respostas das espécies devem ser comparadas com mudas produzidas em substratos com características químicas e físicas semelhantes.

Para as doses de fósforo, as características morfológicas avaliadas apresentaram respostas quadráticas (Figura 1).

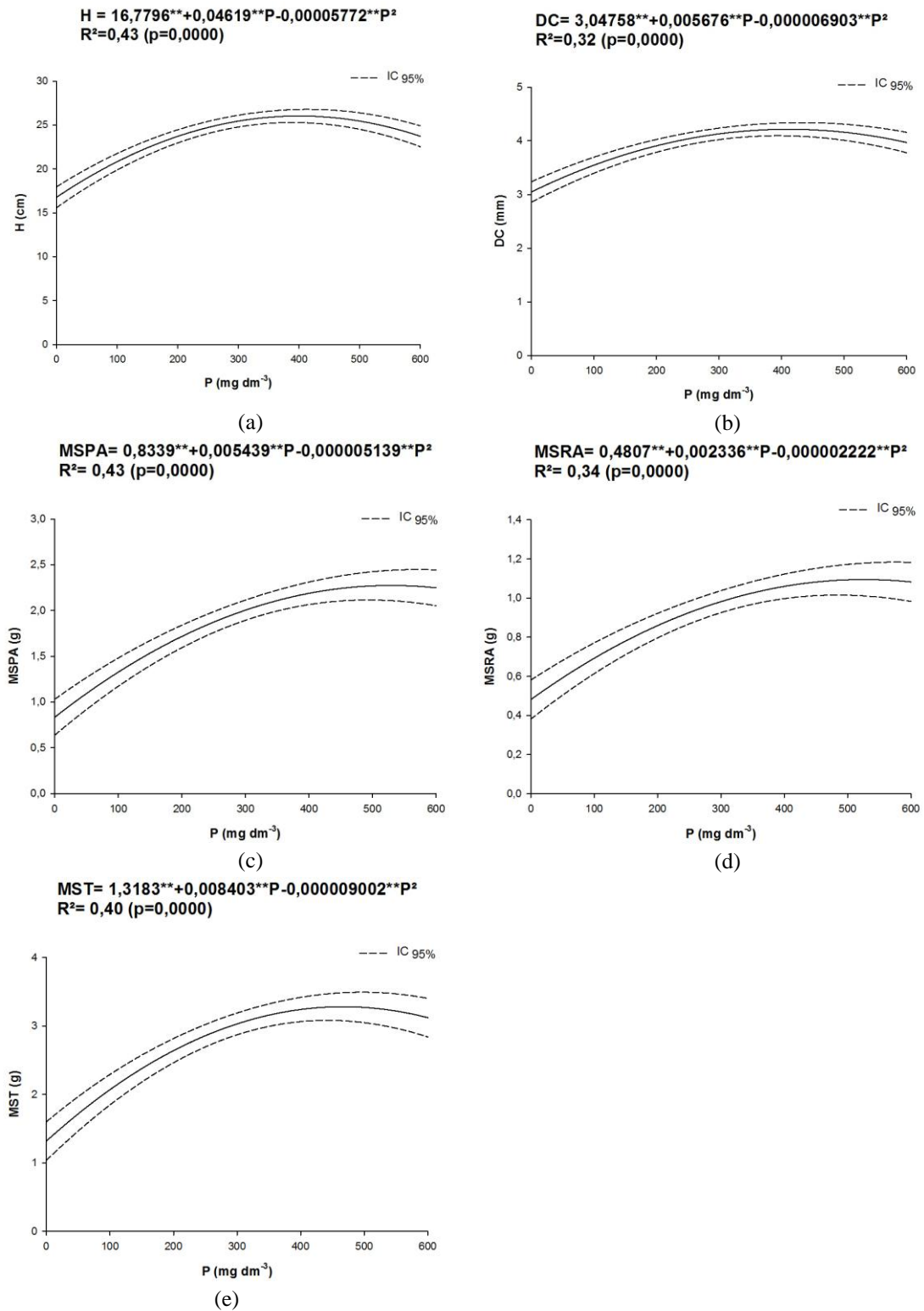


Figura 1 – Altura da parte aérea (H) (a), diâmetro do coleto (DC) (b), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) (c), massa de matéria seca da raiz (MSRA) (d), massa de matéria seca total (MST) (e) de mudas de cássia-rosa, aos 65 dias após a repicagem, em resposta à adubação fosfatada, com os respectivos intervalos de confiança.

Respostas positivas à adubação fosfatada têm sido registradas por diversos autores para espécies florestais nativas, como freijó (*Cordia goeldiana*) (FERNANDES et al., 2007); angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*) (SCHUMACHER et al., 2004; GONÇALVES et al., 2008); garapa (*Apuleia leiocarpa*) (GOMES et al., 2008); angico-branco (*Anadenanthera colubrina*) (GOMES et al., 2004), fedegoso (*Senna macranthera*) (CRUZ et al., 2011), açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) (CECONI et al., 2006), sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia*) (GONÇALVES et al., 2010), erva-mate (*Ilex paraguariensis*) (SANTIN et al., 2008), aroeira (*Lithraea molleoides*), aroeirinha (*Schinus terebinthifolius*), sesbânia (*Sesbania virgata*) (SANTOS et al., 2008), angico-amarelo (*Peltophorum dubium*) (SCHUMACHER et al., 2003), sendo a concentração crítica variável com a espécie e tipo de substrato utilizado.

Dentre as características morfológicas que determinam a qualidade das mudas, a altura da parte aérea é muito utilizada em viveiros, pois além de sua medição ser muito fácil e não destrutiva (GOMES et al., 2002) fornece uma excelente estimativa da predição do crescimento inicial no campo (CAIONE et al., 2012). A maior altura (26,02 cm) foi obtida na dose de 400,12 mg dm⁻³ de P. Dosagem próxima de fósforo, 411,15 mg dm⁻³, proporcionou maior diâmetro do coleto (4,21 mm). A sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo são relacionadas diretamente com o diâmetro do coleto (SOUZA et al., 2006) e altura da parte aérea (GOMES e PAIVA, 2012). Santin et al. (2008) também obtiveram resposta quadrática para as características avaliadas em mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*), com os valores máximos obtidos nas doses de 440 e 533 mg dm⁻³ de P para diâmetro do coleto e altura, respectivamente.

O valor máximo encontrado para a altura se enquadra no estabelecido por Gonçalves et al. (2005) para mudas de boa qualidade, que possuem entre 20 a 35 cm de altura.

Os pontos de máxima produção de massa de matéria seca da parte aérea, de raízes e total foram obtidos em doses maiores, 529,10, 525,67 e 466,70 mg dm⁻³ de P, respectivamente. A massa de matéria seca é a característica que melhor reflete a produção (GONÇALVES et al., 2008), e tem sido considerada uma das melhores para prever a qualidade de mudas, porém apresenta o inconveniente de não ser viável a sua determinação em muitos viveiros, principalmente por ser destrutiva e necessitar de estufas (GOMES e PAIVA, 2012).

As características morfológicas podem ser consideradas isoladamente, todavia, recomenda-se que os seus valores sejam relacionados. A distribuição de massa na muda é indicada pela relação MSPA/MSRA. Segundo Gomes e Paiva (2012), a melhor relação entre a massa de matéria seca da parte aérea e a respectiva massa de matéria seca de raiz ficou estabelecida como 2,0, em um encontro de pesquisadores. A dose de P que proporcionou esse resultado neste estudo foi de 238,49 mg dm⁻³ (Figura 2). Embora a saturação por bases tenha sido significativa para a relação MSPA/MSRA, quando ajustada a regressão, após a remoção dos outliers, a mesma deixa de ser significativa.

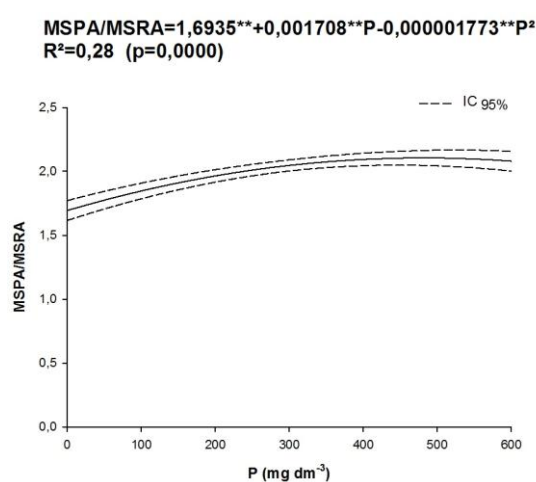


Figura 2 – Relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca da raiz (MSPA/MSRA) de mudas de cássia-rosa, aos 65 dias após a repicagem, em resposta à adubação fosfatada, com o respectivo intervalo de confiança.

A altura da parte aérea combinada com o diâmetro do coleto constitui um dos mais importantes índices para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo (GOMES e PAIVA, 2012). O valor resultante da divisão da altura da parte aérea pelo seu respectivo diâmetro do coleto exprime o equilíbrio de crescimento, relacionando essas duas importantes características morfológicas em apenas um índice (CARNEIRO, 1995), também conhecido como quociente de robustez (GOMES e PAIVA, 2012). Para uma mesma altura, quanto menor a relação melhor será o crescimento da muda após o plantio no campo. As menores relações de H/DC, 5,49 e 5,78, foram obtidas na saturação por bases original do solo (Figura 3-a) e nos tratamentos sem adubação fosfatada (Figura 3-b), respectivamente.

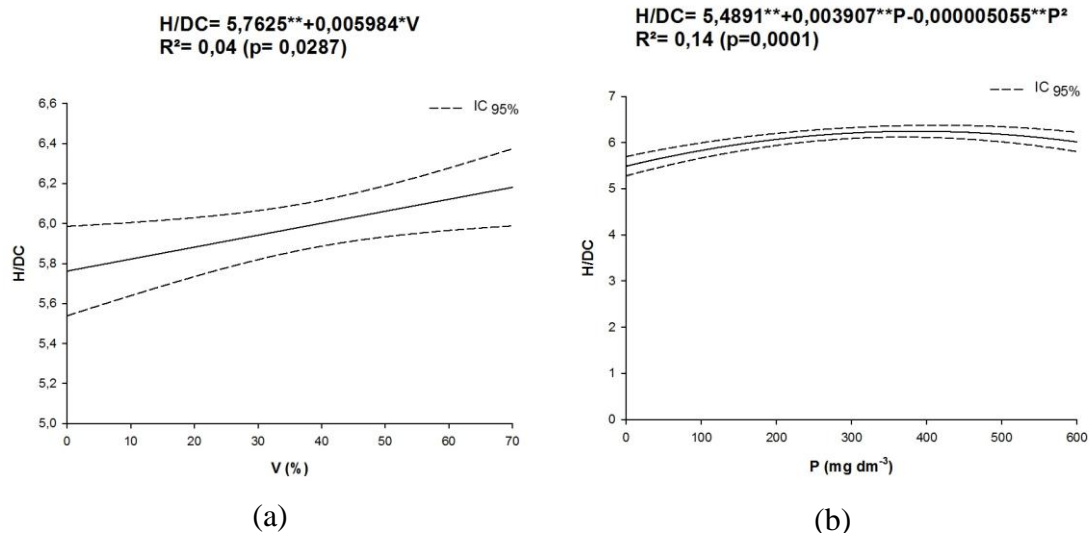


Figura 3 – Relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC) de mudas de cássia-rosa, aos 65 dias após a repicagem, em resposta à saturação por bases do substrato (a) e adubação fosfatada (b), com os respectivos intervalos de confiança.

A menor relação entre altura e massa de matéria seca da parte aérea foi obtida na saturação por bases igual a 34,76% e na dose de 463,13 mg dm⁻³ de P (Figura 4-a). De acordo com Gomes e Paiva (2012), quanto menor o quociente obtido pela divisão da altura da parte aérea pela massa de matéria seca da parte aérea mais lenhificada será a muda e maior deverá ser sua sobrevivência no campo. A adoção da relação altura/massa de matéria seca da parte aérea deve ser considerada, pelo fato de apresentar boa contribuição relativa ao padrão de qualidade das mudas (GOMES et al., 2002).

H/MSPA= 23,6079**+0,04889**P-0,1389*V+0,0005409**P²-0,00003471**PV+0,002229**V²
R²= 0,5157 (p=0,0000)

IQD= 0,1553**+0,0009916**P+0,002249**V-0,0000008477**P²-0,000002951**PV-0,00002709**V²
R²= 0,3481 (p=0,0000)

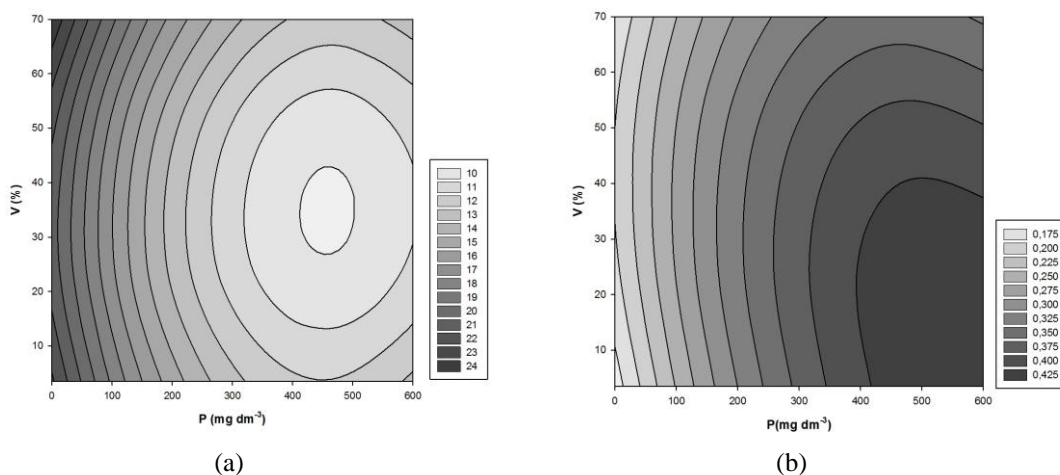


Figura 4- Relação entre altura e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) (a) e índice de qualidade Dickson (IQD) (b) de mudas de cássia-rosa, aos 65 dias após a repicagem, em resposta à adubação fosfatada e saturação por bases do substrato.

Melhores mudas de nim-indiano (*Azadirachta indica*) foram produzidas quando a saturação por bases do substrato estava entre 30 e 40% (CALDEIRA JÚNIOR et al., 2007), e 50% para angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) (BERNARDINO et al., 2005) e ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) (CRUZ et al., 2004).

O maior IQD, de 0,45, foi obtido na dose de 588,34 mg dm⁻³ e saturação por bases de 10,66% (Figura 4-b). O índice de qualidade de Dickson é considerado como um dos melhores indicadores da qualidade das mudas, pois no seu cálculo são considerados a robustez e o equilíbrio da distribuição de massa na muda, ponderando os resultados de várias características importantes empregadas para avaliação da qualidade (FONSECA et al., 2002). Quanto maior for o valor desse índice, melhor será o padrão de qualidade das mudas (GOMES e PAIVA, 2012).

As doses que possibilitaram o melhor crescimento e qualidade das mudas de cássia-rosa são semelhantes às encontradas para algumas espécies nativas. Para a produção de mudas de boa qualidade são recomendadas de 312 mg dm⁻³ a 600 mg dm⁻³ de P para sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia*), dependendo do tipo de solo (GONÇALVES et al., 2010); 447 mg dm⁻³ para erva-mate (*Ilex paraguariensis*) (SANTIN et al., 2008); e 450 mg dm⁻³ para angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*) (SCHUMACHER et al., 2004).

Conclusões

A adubação fosfatada influencia positivamente o crescimento e a qualidade das mudas de cássia-rosa nas condições estudadas. O mesmo não é observado para a elevação da saturação por bases do substrato.

A dose de fósforo adequada para a produção de mudas de cássia-rosa, na saturação por bases média, é de $450 \pm 50 \text{ mg dm}^{-3}$.

Referências bibliográficas

ALVAREZ V., H. V.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., H. V. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.43-61.

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

BALIEIRO, 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, v.25, n.2, p.183-191, 2001.

BERNARDINO, D. C. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, V. B. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.863-870, 2005.

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 213-221, jun. 2012.

CALDEIRA JÚNIOR, C.F.; FERNANDES, L.A.; MARTINS, E.R.; SANTOS, A.M.; DE PAULA, T.O.M.; ALVARENGA, I.C.A. Níveis de saturação por bases para a produção de mudas de nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.9, n.4, p.80-85, 2007.

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

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

CECONI, D.E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292-299, jul./set. 2006.

CRUZ, C.A.F.; PAIVA, H.N; GOMES, K.C.O.; GUERRERO, C.R.A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.66, p.100-107, dez. 2004.

CRUZ, C.A.F.; PAIVA, H. N.; CUNHA, A. C. M. C. M.; NEVES, J. C. L. Crescimento e qualidade de mudas de Fedegoso cultivadas em latossolo vermelho-amarelo em resposta a macronutrientes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 89, p.21-33, mar. 2011.

DNMET - DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J.G. Crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.) em função de relações do K com o Ca e com o Na, em solução nutritiva. **Cerne**, Lavras, v.7, n.1, p.84-89, 2001.

FERNANDES, A. R.; PAIVA, H. N.; CARVALHO, J. G.; DE MIRANDA, J. R. P. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) em função de doses de fósforo e de zinco. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.4, p.599-608, 2007.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S.V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micranta* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A.V.; VALE, F. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L.A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v.5, n.2, p.001-012, 1999.

FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O., CURI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilização em reflorestamentos com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 351-384.

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

GOMES, K. C. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C.L.; BARROS, N.F.; SILVA., S.R. Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.785-792, 2004.

GOMES, K. C. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; SILVA, S. R. Crescimento de mudas de garapa em resposta à calagem e ao fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.3, p.387-394, 2008.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. 116p.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 309-350.

GONÇALVES, E.O.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.6, p.1029-1040, 2008.

GONÇALVES, E.O.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M. Crescimento de mudas de sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) sob diferentes doses de macronutrientes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 599-609, dez. 2010.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4.ed. v.1. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 368p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 888p.

PARROTTA, J. A. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.41, n.2, p.115-133, 1992.

PASSOS, M. A. A. **Efeito da calagem e de fósforo no crescimento inicial da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC)**. 1994. 57f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BRONDANI, G.E.; REISSMANN, C. B.; ORRUTÉA, A. G.; ROVEDA, L.F. Crescimento de mudas de erva-mate fertilizadas com N, P e K. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.1, p.59-66, 2008.

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

SILVA, A.H.; PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S.C. Desenvolvimento inicial de espécies exóticas e nativas e necessidade de calagem em área degradada do Cerrado no triângulo mineiro (Minas Gerais, Brasil). **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v.29, n.2, p. 287-292, 2011.

SCHUMACHER, M.V.; CECOM, D.E.; SANTANA, C.A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de plantas de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.47, p.99-114, jul./dez. 2003.

SCHUMACHER, M.V.; CECONI, D.E.; SANTANA, C.A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Bentham) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.1, p.149-155, 2004.

SOUZA, C.A.M.; OLIVEIRA, R.B.; FILHO, S.M.; LIMA, J.S.S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.

SOUZA, P.H.; PAIVA, H. N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; MARQUES, L. S. Influência da saturação por bases do substrato no crescimento e qualidade de mudas de *Machaerium nictitans* (Vell.) Benth. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.2, p.193-201, 2008.

SOUZA, P.H.; PAIVA, H. N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; MARQUES, L. S. Crescimento e qualidade de mudas de *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. em resposta à calagem. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.2, p.233-240, 2010.

VALE, F. R.; FURTINI NETO, A.E.; RENÓ, N.B.; FERNANDES, L. A.; RESENDE, A. V. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.9, p.609-616, set. 1996.

3. CAPÍTULO 2: Crescimento e qualidade de mudas de *Plathymenia foliolosa* Benth. em resposta à adubação fosfatada e saturação por bases do substrato

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de *Plathymenia foliolosa* Benth. (vinhático-da-mata), em função da adubação fosfatada e da saturação por bases do substrato. Os tratamentos foram representados por um fatorial de seis níveis de fósforo (0, 120, 240, 360, 480 e 600 mg dm⁻³) por cinco níveis de saturação por bases do substrato (3,5 (original), 25, 40, 55, 70%), sendo dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Aos 118 dias após a repicagem, foram medidas a altura da parte aérea (H), o diâmetro do coleto (DC), a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSRA) e total (MST), e calculadas as relações H/MSPA, H/DC, MSPA/MSRA, e o índice de qualidade de Dickson (IQD). A adubação fosfatada teve efeito significativo para todas as características e relações avaliadas, exceto para H/DC. O efeito da saturação por bases também foi significativo, exceto para H/DC e MSPA/MSRA. Não foi observado efeito significativo para a interação entre saturação por bases e adubação fosfatada. Diante os resultados recomenda-se a aplicação de 300 mg dm⁻³ de P, na saturação por bases média, para a produção de mudas de vinhático-da-mata.

Palavras-chave: Fósforo, vinhático-da-mata, calagem.

Introdução

No Brasil, os projetos de recuperação ambiental têm se tornado fundamentais para o reestabelecimento do equilíbrio ambiental de áreas degradadas, uma vez que a regeneração natural, muitas vezes, não tem sido capaz de recuperar de forma satisfatória a cobertura vegetal e espécies anteriormente existentes na área. Devido ao atual cenário, a sociedade tem se mobilizado no sentido de preservar as áreas remanescentes e replantar com espécies nativas os locais degradados pela mineração, construção civil, construção de reservatórios das usinas hidrelétricas, ou mesmo pela utilização do solo para fins agrícolas (FERNANDES et al., 2000).

As espécies leguminosas se destacam no processo de recuperação de áreas degradadas, pois favorecem a ciclagem de nutrientes (COSTA et al., 2004), uma vez que sua serapilheira constitui fonte de matéria orgânica rica em nutrientes, principalmente N, proporcionando o aumento na fertilidade do solo e estímulo da atividade biológica (GONÇALVES et al., 2005).

A *Plathymenia foliolosa*, pertencente à família Fabaceae e subfamília Mimosoideae, é popularmente conhecida como vinhático, vinhático-da-mata, vinhático-rajado, vinhático-amarelo e pau-de-candeia. A árvore é exuberante e muito ornamental, podendo chegar a 30 m de altura. Sua madeira é muito utilizada no mobiliário de luxo, construção civil, confecção de lâminas decorativas, painéis e tonéis de vinho (LORENZI, 2002). Trata-se de uma espécie secundária inicial (SILVA et al., 2003), com ocorrência de Pernambuco ao Rio de Janeiro, porém com maior frequência em Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro, na floresta pluvial atlântica, ocorrendo geralmente em terrenos elevados, em matas mais ou menos secas, principalmente no interior da mata densa (LORENZI, 2002).

A utilização de espécies florestais nativas para fins madeireiros ou para enriquecimento de matas e recuperação de áreas degradadas é ainda dificultada, em grande parte, pela carência de informações sobre as exigências nutricionais dessas espécies para produção de mudas e para o estabelecimento e desenvolvimento das plantas no campo (GONÇALVES et al., 2010).

Mudas de boa qualidade são fundamentais para o sucesso de projetos de reflorestamento, uma vez que apresentam maior resistência às condições adversas do meio ambiente e menor tempo para seu estabelecimento (CRUZ et al., 2004). Para que as mudas no viveiro consigam crescer adequadamente tanto em altura, diâmetro

e em produção de massa é indispensável que o substrato contenha disponíveis todos os nutrientes que as mudas necessitam (CECONI et al., 2006).

Todavia, para a produção de mudas de espécies nativas têm sido utilizadas recomendações de adubação de outras espécies de maior interesse econômico, devido ao desconhecimento e falta de informações sobre suas exigências nutricionais.

A nutrição fosfatada tem elevada relação com os índices que expressam a qualidade das mudas, proporcionando maior taxa de sobrevivência das mudas no campo (CAIONE et al., 2012), e conseqüentemente, minimizando as perdas pós-plantio. O fósforo é constituinte dos ácidos nucléicos, fosfolipídios, proteínas, éster fosfato e adenosina trifosfato (ATP), fazendo parte da maioria dos processos metabólicos como fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia (DECHEN e NACHTIGALL, 2007). Entretanto, os solos tropicais normalmente apresentam baixa disponibilidade de P às plantas, devido ao elevado poder de adsorção/fixação deste nutriente (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Em Minas Gerais, muitos dos subsolos apresentam alta saturação por Al e baixa percentagem de saturação por Ca no complexo de troca, o que limita a exploração do solo pelas raízes na busca por umidade e nutrientes (VALE et al., 1996). Nesse sentido, são necessárias práticas que corrijam essas propriedades do solo, possibilitando o desenvolvimento das espécies cultivadas.

A correção do pH do solo, por meio da calagem, corresponde a um acréscimo na capacidade de troca catiônica, que é importante para manutenção dos cátions que são nutrientes para as plantas (CARNEIRO, 1995). A aplicação de corretivos tem como objetivo diminuir as concentrações tóxicas de Al e Mn, proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos decompositores da matéria orgânica, nitrificadores e fixadores de N, aumentar a disponibilidade de P e Mo, e fornecimento de Ca e Mg (MALAVOLTA, 1980).

Diante o exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de *Plathymenia foliolosa* Benth. sob influência da adubação fosfatada e da saturação por bases do substrato.

Material e métodos

O estudo foi conduzido entre outubro de 2012 e março de 2013, no município de Viçosa-MG, localizado a 20° 45' de latitude Sul, 46° 51' de longitude Oeste, e 689 metros de altitude, no Viveiro de Pesquisa do Departamento de Engenharia Florestal, pertencente à Universidade Federal de Viçosa. Segundo a classificação de Köppen, o clima na região de Viçosa é do tipo Cwb, mesotérmico com verões quentes e chuvosos, e invernos frios e secos. A temperatura e a precipitação pluviométrica média anual são de 19,4 °C e 1.221 mm, respectivamente (DNMET, 1992).

O substrato utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa, retirado de uma área da Dendrologia, também pertencente à Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa, MG, na camada de 20-50 cm de profundidade. Posteriormente, o solo foi peneirado (malha de 4 mm de diâmetro) e destinado ao enchimento dos vasos. Desse solo, foi coletada amostra para caracterização física (argila = 570 g kg⁻¹, silte = 110 g kg⁻¹, areia grossa = 190 g kg⁻¹ e areia fina = 130 g kg⁻¹) e química (Tabela 1).

Tabela 1 - Características químicas da amostra de solo utilizado para a produção de mudas de vinhático-da-mata (*Plathymenia foliolosa* Benth.)

pH	P	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	MO
H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³							(%)		dag kg ⁻¹
4,79	0,7	6	0,92	0,11	0,01	3,93	0,14	1,06	4,04	3,5	86,8	1,66

pH em água - Relação 1: 2,5; P e K - Extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; H + Al - Extrator CaOAc 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; SB = Soma de bases; CTC(t) = Capacidade de troca catiônica efetiva; CTC(T) = Capacidade de troca catiônica, pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; Matéria orgânica (MO) = C. org. x 1,724 - Método Walkley-Black.

Os tratamentos foram representados por um fatorial de seis níveis de P (0, 120, 240, 360, 480 e 600 mg dm⁻³) por cinco níveis de saturação por bases do substrato (3,5, original, 25, 40, 55 e 70%), sendo dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída por um vaso de polietileno rígido, contendo 1,8 dm³ de solo.

O solo recebeu cinco níveis de calagem, de acordo com o método de elevação da saturação por bases, ou seja, 3,5% (saturação por bases em condições naturais), e

elevação da saturação por bases para 25, 40, 55 e 70%, utilizando-se da seguinte fórmula para cálculo:

$$NC \text{ (t/ha)} = (V2 - V1) \text{ CTC(T)}/100$$

Em que:

NC = necessidade de calagem (toneladas/hectare);

V2 = porcentagem de saturação por bases desejada;

V1 = porcentagem de saturação por bases do solo, conforme análise;

CTC(T) = Capacidade de troca catiônica a pH 7,0.

O corretivo consistiu de mistura de CaCO_3 e MgCO_3 , na relação estequiométrica de 4:1. Após a aplicação do corretivo, o solo foi incubado durante 30 dias, com o teor de umidade mantido próximo à capacidade de campo, incluindo a porção que não recebeu calcário.

A fonte de P utilizada foi o fosfato de sódio monobásico-monohidratado ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) aplicado por solução antes da repicagem. A adubação básica foi aplicada, por solução, 15 dias após a repicagem e consistiu de 100 mg dm^{-3} de N, 100 mg dm^{-3} de K e 40 mg dm^{-3} de S, pelo emprego de NH_4NO_3 , KCl e K_2SO_4 , respectivamente, conforme sugerido por Passos (1994). Foi realizada adubação de cobertura de 50 mg dm^{-3} de N e 25 mg dm^{-3} de K, em duas aplicações, intercaladas em um intervalo de aproximadamente 30 dias. Juntamente a primeira aplicação foi realizada a adubação com uma solução de micronutrientes, nas seguintes doses: $0,81 \text{ mg dm}^{-3}$ de B (H_3BO_3), $1,33 \text{ mg dm}^{-3}$ de Cu ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), $3,66 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mn ($\text{MnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), $4,00 \text{ mg dm}^{-3}$ de Zn ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), e $0,15 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mo($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), de acordo com Alvarez V. et al. (2006).

As sementes de vinhático-da-mata foram tratadas com ácido sulfúrico por 10 minutos para quebra de dormência, semeadas em canteiro de areia, e repicadas após 32 dias, quando as mudas apresentavam dois pares de folhas. Cada vaso recebeu duas mudas, e após a repicagem as mesmas permaneceram por 15 dias em casa de sombra (sombrite 50%). Em seguida, as mudas foram colocadas em casa de vegetação e raleadas, deixando apenas uma muda por vaso.

Durante o período experimental, a umidade do solo foi mantida próxima de 60% da capacidade de campo, procedendo-se o monitoramento diário para esse controle.

Aos 118 dias após a repicagem, foram feitas medições da altura e diâmetro do coleto de todas as plantas utilizando régua graduada em centímetros e paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, respectivamente. As plantas foram separadas em raiz e parte aérea, lavadas e secas em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura próxima a 70 °C, até peso constante. Posteriormente, as partes constituintes das plantas foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g. Através dos dados de altura (H), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), de raiz (MSRA) e total (MST), foram calculados as relações de qualidade de mudas: H/DC, H/MSPA, MSPA/MSRA, e Índice de Qualidade de Dickson ($IQD = \frac{MST}{[(H/DC) + (MSPA/MSRA)]}$). Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de variância e análise de regressão ($p < 0,05$). Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes da regressão e no coeficiente de determinação (R^2).

Resultados e discussão

A adubação fosfatada teve efeito significativo para todas as características e relações avaliadas, exceto para H/DC (Tabela 1). O efeito da saturação por bases do substrato também foi significativo, exceto para H/DC e MSPA/MSRA. Não foi observada interação significativa entre saturação por bases e adubação fosfatada.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância das características morfológicas e suas relações para mudas de vinhático-da-mata, aos 118 dias após a repicagem, em resposta a doses de fósforo e saturação por bases do substrato

FV	GL	Quadrado médio								
		H	DC	MSPA	MSRA	MST	H/DC	H/MSPA	MSPA/MSRA	IQD
Bloco	3	342,99*	6,03	13,86*	1,11	22,74	3,66	18,23	0,62	0,23
V	4	398,73**	20,43**	39,90**	4,88**	72,52**	1,39	385,64**	0,08	1,45**
P	5	396,20**	21,98**	52,80**	4,50**	87,52**	2,21	381,93**	3,16*	1,49**
PxV	20	115,23	2,96	7,28	0,78	12,62	1,23	62,77	0,78	0,20
Resíduo	87	88,94	2,75	5,01	0,68	9,00	0,98	57,64	1,10	0,18
CV %		34,56	29,86	58,18	65,35	58,70	20,04	64,96	33,66	65,40

** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

H – altura da parte aérea; D – diâmetro do coleto; MSPA – massa de matéria seca da parte aérea; MSRA – massa de matéria seca da raiz; MST – massa de matéria seca total; H/DC – relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto; H/MSPA – relação entre altura e massa de matéria seca da parte aérea; MSPA/MSRA – relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca da raiz; IQD – índice de qualidade Dickson.

A elevação da saturação por bases influenciou negativamente o crescimento e a qualidade das mudas. As características avaliadas e o IQD apresentaram resposta linear (Figura 1). Valeri et al. (1985) também observaram resposta negativa da aplicação de Ca na forma de carbonato de cálcio sobre o crescimento em altura, diâmetro das plantas e teor de K nas folhas de *Eucalyptus grandis*.

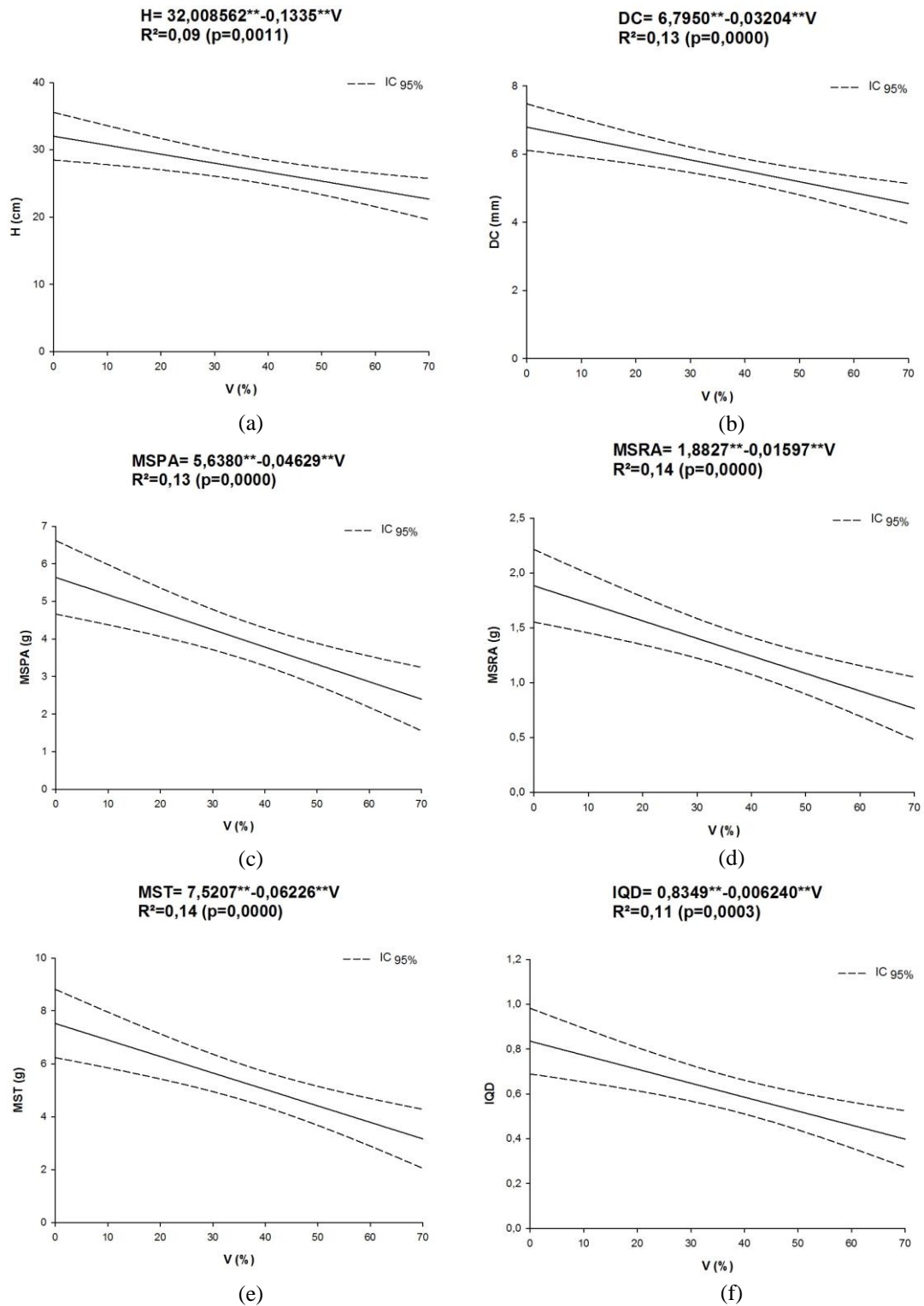


Figura 1- Altura da parte aérea (H) (a), diâmetro do coleto (DC) (b), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) (c), massa de matéria seca da raiz (MSRA) (d), massa de matéria seca total (MST) (e), e índice de qualidade Dickson (IQD) (f) de mudas de vinhático-da-mata, aos 118 dias após a repicagem, em resposta à saturação por bases do substrato, com os respectivos intervalos de confiança.

Resposta contrária foi encontrada por Tucci et al. (2010) em que a calagem favoreceu a produção de mudas de qualidade de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw.). Esses mesmos autores não observaram efeitos significativos para absorção de fósforo em nenhuma das doses, concluindo que a calagem, neste caso, não contribuiu com o acúmulo desse nutriente. As espécies florestais respondem de forma diferenciada à aplicação de corretivos, de acordo com a tolerância a solos ácidos.

Os maiores valores para todas as características morfológicas (H = 31,54 cm, DC = 6,68 mm, MSPA = 5,48 g, MSRA = 1,83 g, MST = 7,30 g) e índice de qualidade de Dickson (0,83), foram observados na saturação por bases original do solo. Isso pode ser explicado pelo mecanismo de adaptação da espécie a solos ácidos, e que o Ca e Mg disponíveis no solo são suficientes para a demanda da planta na fase inicial de crescimento. Como mecanismo de adaptação, espécies tolerantes à toxidez por Al podem reduzir sua absorção através da diminuição do pH da rizosfera ou excluí-lo do tecido (VALE et al., 1996).

A altura da parte aérea e o diâmetro do coleto se enquadram no intervalo, altura entre 20 a 35 cm e diâmetro do coleto entre 5 e 10 mm, estabelecido por Gonçalves et al. (2005), para mudas de boa qualidade. A altura das mudas e o diâmetro do coleto são as características mais avaliadas para classificar a qualidade das mudas em viveiros, devido à facilidade de visualizar, por não serem destrutivas, e por correlacionarem com o crescimento e sobrevivência no campo após o plantio (CARNEIRO, 1995). Quanto à produção de massa pelas plantas, essa é muito importante, pois se correlaciona com o vigor e capacidade fotossintética, podendo inferir que o desejável para essa variável se encontra no seu máximo (CRUZ et al., 2011).

Apesar da altura, diâmetro do coleto e massa de matéria seca serem bons indicadores da qualidade das mudas, não devem ser utilizados isoladamente, a fim de que não ocorram erros na seleção das mudas. Fonseca et al. (2002) observaram que mudas de *Trema micrantha* desenvolvidas sob maiores períodos de sombreamento, embora tenham alcançado maiores alturas da parte aérea e área foliar, apresentaram as piores qualidades, com redução do diâmetro do coleto, da massa de matéria seca do sistema radicular e do índice de qualidade de Dickson, e aumento da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto e da relação parte aérea/sistema radicular.

O índice de qualidade de Dickson é um bom indicador da qualidade das mudas, pois no seu cálculo são considerados a robustez e o equilíbrio da distribuição

de massa na muda, ponderando os resultados de várias características importantes empregadas para a avaliação da qualidade (FONSECA et al., 2002), sendo quanto maior esse índice melhor a qualidade das mudas.

A relação entre altura e massa de matéria seca da parte aérea é relacionada com a sobrevivência pós-plantio, de modo que quanto menor o quociente obtido pela divisão mais lenhificada será a muda e maior deverá ser sua sobrevivência no campo (GOMES e PAIVA, 2012). Nesse estudo, o valor mínimo para essa relação, equivalente a 7,62, também foi observado na saturação por bases original do solo (Figura 2-a). Para a adubação fosfatada o valor mínimo para H/MSPA (7,71) foi obtido na dose de 357,80 mg dm⁻³ de P (Figura 2-b).

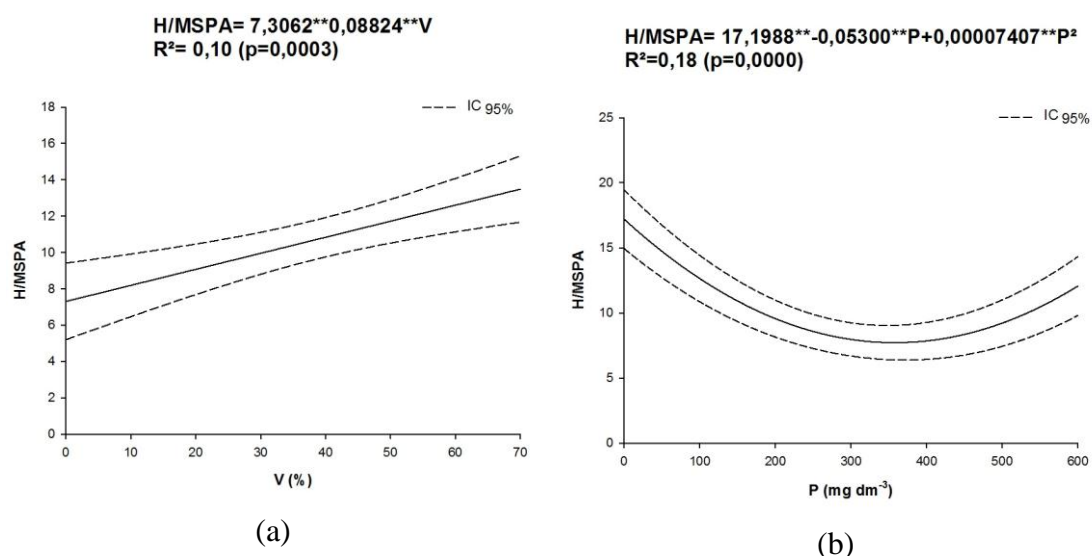


Figura 2- Relação entre altura e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) de mudas de vinhático-da-mata, aos 118 dias após a repicagem, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato (a) e doses de fósforo (b), com os respectivos intervalos de confiança.

A adubação fosfatada proporcionou ganhos no crescimento e qualidade das mudas de vinhático-da-mata. Todas as variáveis dependentes observadas tiveram comportamento quadrático para as doses de fósforo (Figura 3). Os valores máximos para H (31,50 cm), DC (6,42 mm), MSPA (5,10 g), MSRA (1,60 g), MST (6, 73 g) e IQD (0,77) foram obtidos entre as doses de 275 e 315 mg dm⁻³ de P.

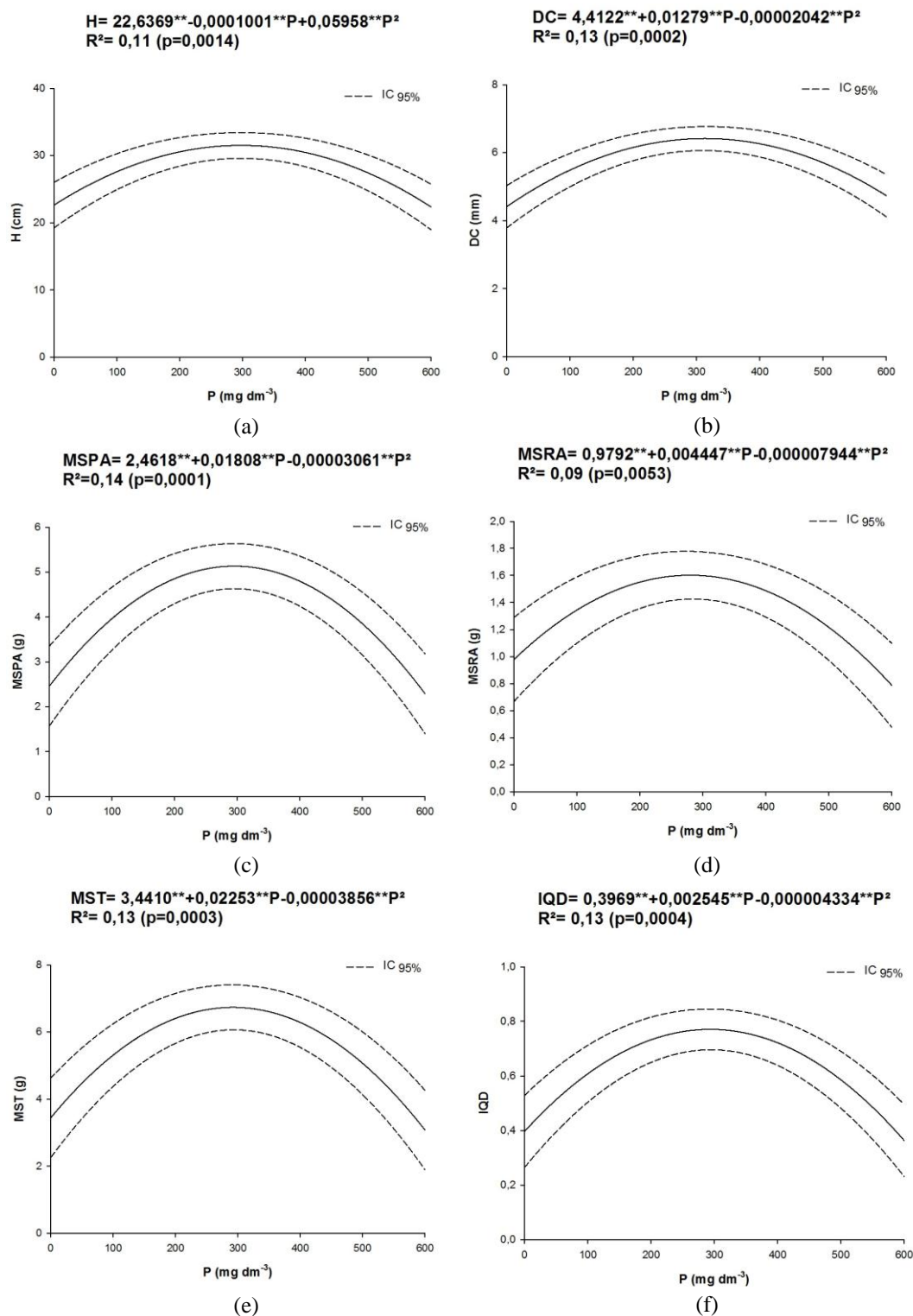


Figura 3- Altura da parte aérea (H) (a), diâmetro do coleto (DC) (b), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) (c), massa de matéria seca da raiz (MSRA) (d), massa de matéria seca total (MST) (e), e índice de qualidade Dickson (IQD) (f) de mudas de vinhático-da-mata, aos 118 dias após a repicagem, em resposta à adubação fosfatada, com os respectivos intervalos de confiança.

Nesse experimento não foi observado resultado da relação MSPA/MSRA igual a 2,0, o que é indicado para mudas de boa qualidade (GOMES e PAIVA, 2012). O ponto máximo para essa relação, equivalente a 3,47, foi obtido na dose de 370,33 mg dm⁻³ de P, e o tratamento sem a aplicação de P foi o que possibilitou o mais próximo do indicado (2,23) (Figura 4). Isso se deve ao fato que em condições de baixa disponibilidade deste nutriente, a planta destina maior potencial de crescimento para o sistema radicular (SOARES et al., 2007). Fernandes et al. (2000) observaram que ao aumentar o fornecimento de fósforo, ocorreu sensível aumento na produção de MSPA em relação à MSRA das plantas de aroeirinha (*Schinus terebinthifolius*), paineira (*Chorisia speciosa*) e jambolão (*Syzygium jambolanum*).

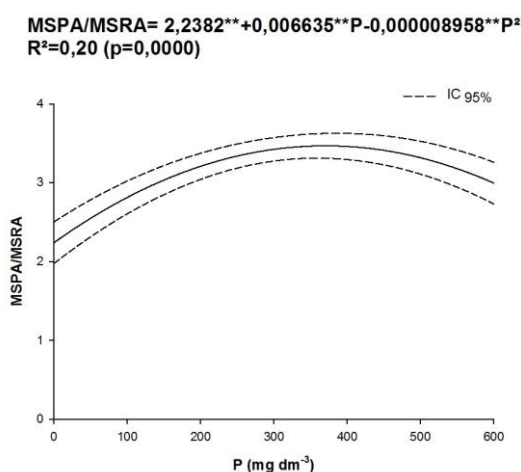


Figura 4- Relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca da raiz (MSPA/MSRA) de mudas de vinhático-da-mata, aos 118 dias após a repicagem, em resposta à adubação fosfatada, com o respectivo intervalo de confiança.

A adubação fosfatada influencia positivamente a qualidade das mudas de diversas espécies florestais nativas, sendo recomendadas 300 g m⁻³ de P para paricá (*Schizolobium amazonicum*) (CAIONE et al., 2012); 312 mg dm⁻³ a 600 mg dm⁻³ de P, dependendo do tipo de solo, para sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia*) (GONÇALVES et al., 2010); 360 mg kg⁻¹ de P para angico-amarelo (*Peltophorum dubium*) (SCHUMACHER et al., 2003); 250 mg dm⁻³ de P para pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*) (BRONDANI et al., 2008); 222,36 a 335,00 mg dm⁻³ de P para fedegoso (*Senna macranthera*) (CRUZ et al., 2011); 360 mg kg⁻¹ de P para açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) (CECONI et al., 2006); 150 a 250 mg dm⁻³ de P para

angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) (GONÇALVES et al., 2008), corroborando com os resultados do presente estudo.

Conclusões

A adubação fosfatada influencia positivamente o crescimento e a qualidade das mudas de vinhático-da-mata nas condições estudadas. O contrário é observado para a elevação da saturação por bases do substrato, que influencia negativamente todas as características e relações estudadas.

A dose de fósforo que proporciona o melhor crescimento e qualidade de mudas de vinhático-da-mata é de 300 mg dm⁻³, na saturação por bases média.

Referências bibliográficas

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

BRONDANI, G. E.; SILVA, A. J. C.; ARAUJO, M. A.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; CARPANEZZI, A. A. Phosphorus nutrition in the growth of *Bauhinia forficata* L. seedlings. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.5, p.665-671, 2008.

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 213-221, jun. 2012.

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

CECONI, D. E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292-299, jul./set. 2006.

COSTA, G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N.; FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n.5, p.919-927, 2004.

CRUZ, C.A.F.; PAIVA, H.N; GOMES, K.C.O.; GUERRERO, C.R.A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.66, p.100-107, dez. 2004.

CRUZ, C.A.F.; PAIVA, H. N.; CUNHA, A. C. M. C. M.; NEVES, J. C. L. Crescimento e qualidade de mudas de Fedegoso cultivadas em latossolo vermelho-amarelo em resposta a macronutrientes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 89, p.21-03, mar. 2011.

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

DNMET - DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992.

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

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012.116p.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 309-350.

GONÇALVES, E.O.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.6, p.1029-1040, 2008.

GONÇALVES, E.O.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M. Crescimento de mudas de sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) sob diferentes doses de macronutrientes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 599-609, dez. 2010.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. v.1. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 368p.

MALAVOLTA, E. 1980. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 399p.

PASSOS, M. A. A. **Efeito da calagem e de fósforo no crescimento inicial da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC)**. 1994. 57f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SCHUMACHER, M.V.; CECON, D.E.; SANTANA, C.A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de plantas de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.47, p.99-114, jul./dez. 2003.

SILVA, A. F.; OLIVEIRA, R. V.; SANTOS, N. R. S.; PAULA, A. Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de floresta semidecídua submontana da fazenda São Geraldo, Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.3, p.311-319, maio/jun. 2003.

SOARES, I.; LIMA, S.C.; CRISÓSTOMO, L.A. Crescimento e composição mineral de mudas de gravioleira em resposta a doses de fósforo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.4, p.343-349, out./dez. 2007.

TUCCI, C.A.F.; LIMA, H. N.; GAMA, A.S.; COSTA, H.S.; SOUZA, P. A. Efeitos de doses crescentes de calcário em solo Latossolo Amarelo na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* sw., Bombacaceae). **Acta Amazonica**, Manaus, v.40, n.3, p.543-548, 2010.

VALE, F. R.; FURTINI NETO, A.E.; RENÓ, N.B.; FERNANDES, L. A.; RESENDE, A. V. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.9, p.609-616, set. 1996.

VALERI, S.V.; AGUIAR, I.B.; CORRADINI, L.; SOUZA, E.C.A.; BANZATTO, D.A. Efeito do fósforo e cálcio no desenvolvimento e na composição química foliar de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em casa de vegetação. **IPEF**, Piracicaba, n.29, p.47-54, abr. 1985.

4. CAPÍTULO 3: Crescimento e qualidade de mudas de *Dipteryx alata* Vogel em resposta à adubação fosfatada e saturação por bases do substrato

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de *Dipteryx alata* Vogel, popularmente conhecido como baru, em função da adubação fosfatada e da saturação por bases do substrato. Os tratamentos foram representados por um fatorial de seis níveis de P (0, 120, 240, 360, 480 e 600 mg dm⁻³) por cinco níveis de saturação por bases do substrato (3,5 (original), 25, 40, 55, 70 %), sendo dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Aos 150 dias após a semeadura, foram medidas a altura da parte aérea (H), o diâmetro do coleto (DC), a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSRA) e total (MST), e calculadas as relações H/MSPA, H/DC, MSPA/MSRA, e o índice de qualidade de Dickson (IQD). A adubação fosfatada não apresentou efeito significativo para as características e relações avaliadas, exceto para H/DC. Apenas a MSRA, MST e IQD tiveram resposta significativa à elevação da saturação por bases do substrato. Nenhuma característica e relação apresentaram interação significativa entre a adubação fosfatada e saturação por bases.

Palavras-chave: Fósforo, baru, calagem.

Introdução

O crescimento populacional e a exploração desordenada dos recursos naturais culminaram na degradação ambiental e aumento do número de espécies ameaçadas de extinção. Entre os biomas brasileiros, o Cerrado é o que sofre as maiores intervenções em termos de aberturas de novas áreas para atividades agropecuárias (SANO et al., 2001). Estima-se que 49% de sua área tenha sido desmatada e que cerca de 131 espécies da flora estejam ameaçadas de extinção (IBGE, 2012). Entre os principais fatores que ocasionam a redução da biodiversidade do Cerrado destacam-se a erosão dos solos, a degradação das áreas e a invasão biológica causada por gramíneas exóticas (KLINK e MACHADO, 2005).

Para a recuperação de áreas com alto nível de degradação e predomínio de invasoras agressivas, o plantio de mudas de espécies arbóreas apresenta maior eficácia no estabelecimento das plantas, e com o passar do tempo proporciona o desenvolvimento de espécies de outros níveis de sucessão. As espécies frutíferas nativas se destacam no processo de recuperação, uma vez que atraem os animais frugívoros dispersores de sementes. Silva et al. (1994) ressaltam que o plantio de frutíferas do Cerrado, além de proporcionar a preservação dessas espécies, apresenta-se como potencial para exploração agroindustrial, uma vez que a maioria dos frutos possuem elevados teores de açúcares, vitaminas e sais minerais.

A *Dipteryx alata* Vogel (baru) é uma espécie secundária, pertencente à família Fabaceae e subfamília Faboideae, que ocorre no Cerrado (CARVALHO 1994) e se destaca pelo potencial alimentício. Suas sementes constituem uma fonte significativa de proteínas e fibras, além do alto grau de insaturação do óleo, favorecendo seu uso para fins comestíveis ou como matéria-prima para as indústrias farmacêutica e oleoquímica (TAKEMOTO et al., 2001). A polpa do fruto pode ser consumida “in natura” ou na forma de doces e geleias, e a amêndoa pode ser consumida crua, torrada ou processada na forma de doces e paçoquinha (SILVA et al., 1994).

A espécie é comum no Cerrado, com 15 a 25% de frequência relativa, com base nas 190 listagens que compõem o inventário florestal de Minas Gerais (OLIVEIRA FILHO, 2006), e pode ser utilizada para diversos fins. O baru pode ser usado no paisagismo e para fins madeireiros, na construção naval e civil (LORENZI, 2002), produção de mourões (SANO et al., 1999), utilização da celulose na

confeção de papéis para rápida impressão, de embrulho e embalagens (ANDRADE e CARVALHO, 1996), e para recuperação de áreas degradadas em solos com boa drenagem (CARVALHO, 1994).

Para o sucesso de projetos de recuperação ambiental, além da escolha de espécies adaptadas às condições edafoclimáticas do local, devem ser utilizadas mudas de boa qualidade, com nutrição e substratos adequados (GONÇALVES et al., 2005), ocasionando a maior sobrevivência e crescimento pós-plantio e, conseqüentemente, redução da necessidade de replantio e frequência dos tratamentos culturais (CARNEIRO, 1995).

A terra de subsolo é um dos substratos mais utilizados nos viveiros para produção de mudas de espécies arbóreas nativas. Entretanto, a maioria dos solos do Cerrado possui elevada acidez e baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente fósforo, que pode ser responsável pelo menor desenvolvimento das plantas (FURTINI NETO et al., 1999). A calagem em solos ácidos é a maneira mais eficiente para aumentar a disponibilidade de fósforo, elevando o pH e conseqüentemente a densidade de cargas negativas, acarretando maior repulsão entre o fósforo e a superfície adsorvente, reduzindo a capacidade máxima de adsorção de P do solo (NOVAIS et al., 2007).

Para a otimização dos insumos e produção de mudas de qualidade é necessário conhecer as exigências nutricionais das espécies, uma vez que estas são variáveis. A demanda de fósforo pelas espécies está associada a diversos fatores, como tamanho e teor de P das sementes, grau de desenvolvimento do sistema radicular, dependência micorrízica, taxa de crescimento e estágio de desenvolvimento da planta (SANTOS et al., 2008). Esses mesmos autores ressaltam que maior resposta ao fornecimento de fósforo é esperada em espécies de sementes pequenas e com baixos teores desse nutriente, sistema radicular pouco desenvolvido, maior capacidade micotrófica, maior taxa de crescimento e na fase inicial de desenvolvimento.

Em função da grande variabilidade das espécies e heterogeneidade dos solos das regiões tropicais, são ainda incipientes as informações disponíveis sobre o comportamento das espécies florestais no que diz respeito aos requerimentos nutricionais e a sua capacidade de adaptação a condições ambientais distintas (FURTINI NETO et al., 1999).

Diante o exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de *Dipteryx alata* Vogel sob influência da adubação fosfatada e da saturação por bases do substrato.

Material e métodos

O estudo foi conduzido entre janeiro e junho de 2013 no município de Viçosa-MG, localizado a 20° 45' de latitude Sul, 46° 51' de longitude Oeste, e 689 metros de altitude, no Viveiro de Pesquisa do Departamento de Engenharia Florestal, pertencente à Universidade Federal de Viçosa. Segundo a classificação de Köppen, o clima na região de Viçosa é do tipo Cwb, mesotérmico com verões quentes e chuvosos, e invernos frios e secos. A temperatura e a precipitação pluviométrica média anual são de 19,4 °C e 1.221 mm, respectivamente (DNMET, 1992).

O substrato utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa, retirado de uma área da Dendrologia, também pertencente à Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa, MG, na camada de 20-50 cm de profundidade. Posteriormente, o solo foi peneirado (malha de 4 mm de diâmetro) e destinado ao enchimento dos vasos. Desse solo, foi coletada amostra para caracterização física (argila = 570 g kg⁻¹, silte = 110 g kg⁻¹, areia grossa = 190 g kg⁻¹ e areia fina = 130 g kg⁻¹) e química (Tabela 1).

Tabela 1 - Características químicas da amostra de solo utilizado para a produção de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vogel)

pH	P	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	MO
H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol dm ⁻³						---		(%)	dag kg ⁻¹
4,79	0,7	6	0,92	0,11	0,01	3,93	0,14	1,06	4,04	3,5	86,8	1,66

pH em água - Relação 1: 2,5; P e K - Extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; H + Al - Extrator CaOAc 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; SB = Soma de bases; CTC(t) = Capacidade de troca catiônica efetiva; CTC(T) = Capacidade de troca catiônica, pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; Matéria orgânica (MO) = C. org. x 1,724 - Método Walkley-Black.

Os tratamentos foram representados por um fatorial de seis níveis de P (0, 120, 240, 360, 480 e 600 mg dm⁻³) por cinco níveis de saturação por bases do substrato (3,5 (original), 25, 40, 55 e 70%), sendo dispostos no delineamento em

blocos ao acaso, com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída por um vaso de polietileno rígido, contendo 1,5 dm³ de solo.

O solo recebeu cinco níveis de calagem, de acordo com o método de elevação da saturação por bases, ou seja, 3,5% (saturação por bases em condições naturais), e elevação da saturação por bases para 25, 40, 55 e 70%, utilizando-se da seguinte fórmula para cálculo:

$$NC \text{ (t/ha)} = (V2 - V1) \text{ CTC(T)}/100$$

Em que:

NC = necessidade de calagem (toneladas/hectare);

V2 = porcentagem de saturação por bases desejada;

V1 = porcentagem de saturação por bases do solo, conforme análise;

CTC(T) = Capacidade de troca catiônica a pH 7,0.

O corretivo consistiu de mistura de CaCO₃ e MgCO₃, na relação estequiométrica de 4:1. Após a aplicação do corretivo, o solo foi incubado durante 30 dias, com o teor de umidade mantido próximo à capacidade de campo, incluindo a porção que não recebeu calcário.

A fonte de P utilizada foi o fosfato de sódio monobásico-monohidratado (NaH₂PO₄.H₂O) aplicado por solução antes da semeadura. A adubação básica foi aplicada por solução após 30 dias do início da germinação das sementes e consistiu de 100 mg dm⁻³ de N, 100 mg dm⁻³ de K e 40 mg dm⁻³ de S, pelo emprego de NH₄NO₃, KCl e K₂SO₄, respectivamente, conforme sugerido por Passos (1994). Foi realizada adubação de cobertura de 50 mg dm⁻³ de N e 25 mg dm⁻³ de K, em duas aplicações, intercaladas em um intervalo de aproximadamente 30 dias. Juntamente a primeira aplicação foi realizada a adubação com uma solução de micronutrientes, nas seguintes doses: 0,81 mg dm⁻³ de B (H₃BO₃), 1,33 mg dm⁻³ de Cu (CuSO₄.5H₂O), 3,66 mg dm⁻³ de Mn (MnCl₂.H₂O), 4,00 mg dm⁻³ de Zn (ZnSO₄.7H₂O), e 0,15 mg dm⁻³ de Mo((NH₄)₆ Mo₇O₂₄.4H₂O), de acordo com Alvarez V. et al. (2006).

Antes da semeadura, a parte carnosa dos frutos foi retirada com auxílio de uma peneira, após os mesmos permanecerem por 48 horas em água. Foram semeados três frutos em cada vaso e realizado o raleio conforme necessário, deixando apenas uma muda por vaso.

Durante o período experimental, a umidade do solo foi mantida próxima de 60% da capacidade de campo, procedendo-se o monitoramento diário para esse controle.

Aos 150 dias após a semeadura, foram feitas medições da altura e diâmetro do coleto de todas as plantas utilizando régua graduada em centímetros e paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, respectivamente. As plantas foram separadas em raiz e parte aérea, lavadas e secas em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura próxima a 70 °C, até peso constante. Posteriormente, as partes constituintes das plantas foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g. Através dos dados de altura (H), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), de raiz (MSRA) e total (MST), foram calculadas as relações de qualidade de mudas: H/DC, H/MSPA, MSPA/MSRA, e Índice de Qualidade de Dickson ($IQD = MST / [(H/DC) + (MSPA/MSRA)]$). Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de variância e análise de regressão ($p < 0,05$). Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes da regressão e no coeficiente de determinação (R^2).

Resultados e discussão

A adubação fosfatada não apresentou efeito significativo para as características e relações avaliadas, exceto para H/DC (Tabela 1). Apenas a MSRA, MST e IQD tiveram resposta significativa para a saturação por bases do substrato. Nenhuma característica e relação apresentaram interação significativa entre a adubação fosfatada e saturação por bases.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância das características morfológicas e suas relações para mudas de baru, aos 150 dias após a semeadura, em resposta ao fósforo e saturação por bases do substrato

FV	GL	Quadrado médio								
		H	DC	MSPA	MSRA	MST	H/DC	H/MSPA	MSPA/MSRA	IQD
Bloco	3	19,82	2,52	1,29	0,75	2,01	0,21	4,22	4,68	0,24
V	4	2,44	0,88	1,58	1,07*	4,93*	0,15	7,21	2,99	0,38**
P	5	10,94	1,17	0,69	0,17	1,04	0,63**	4,20	1,21	0,06
PxV	20	7,98	1,10	0,63	0,38	1,73	0,26	8,25	1,71	0,14
Resíduo	87	8,96	1,18	0,75	0,32	1,51	0,18	6,87	2,19	0,10
CV %		17,13	16,97	29,08	36,17	26,98	15,55	40,57	65,71	33,05

** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

H – altura da parte aérea; DC – diâmetro do coleto; MSPA – massa de matéria seca da parte aérea; MSRA – massa de matéria seca da raiz; MST – massa de matéria seca total; H/DC – relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto; H/MSPA – relação entre altura e massa de matéria seca da parte aérea; MSPA/MSRA – relação entre massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca da raiz; IQD – índice de qualidade Dickson.

A falta de resposta para a adubação fosfatada pode ser justificada, uma vez que, o baru é pouco exigente quanto à fertilidade do solo (CARVALHO, 1994). De modo geral, as espécies pioneiras são mais exigentes nutricionalmente, mostrando-se bastante responsivas à fertilização, ao passo que com o avanço do grupo sucessional o estímulo ao crescimento proporcionado pela adubação é menos pronunciado ou inexistente; tendência, em parte, atribuída ao crescimento mais lento (FURTINI NETO et al., 2005; SANTOS et al., 2008). Esses mesmos autores estudaram o crescimento de espécies florestais e observaram que as espécies pioneiras foram mais eficientes em produzir massa da parte aérea e na absorção de P que as clímax.

Entretanto, para mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw.), espécie pioneira, Tucci et al. (2010) não observaram efeitos significativos para absorção de fósforo. Estes resultados evidenciam a variabilidade das espécies florestais quanto à resposta à adubação fosfatada, que pode estar relacionada às suas características genéticas, independente das características ecológicas.

O mesmo pode ser observado para a resposta à calagem, em que o esperado é que espécies pioneiras sejam mais responsivas à correção da acidez, e com o avanço do grupo sucessional (espécies secundárias e clímax), o estímulo ao crescimento proporcionado pela calagem seja menos pronunciado (FURTINI NETO et al., 1999),

como o observado no presente estudo, em que a correção do solo não influenciou o crescimento em altura, diâmetro do coleto e produção de massa das mudas.

Todavia, diferentes respostas e independentes do grupo sucessional são obtidas por diversos autores. A calagem teve influência positiva na produção de mudas de *Machaerium nictitans* (SOUZA et al., 2008), *Senna multijuga*, *Stenolobium stans*, *Anadenanthera falcata* e *Cedrela fissilis* (FURTINI NETO et al., 1999). Ao passo que, muitas espécies não responderam à aplicação de corretivos ao substrato, como observado para *Anadenanthera colubrina* (GOMES et al., 2004); *Tabebuia impetiginosa* (CRUZ et al., 2004); *Astronium fraxinifolium*, *Guazuma ulmifolia*, *Anadenanthera macrocarpa* e *Inga edulis* (SILVA et al., 2011).

A H/DC teve seu valor mínimo (2,58) na dose de 366,27 mg dm⁻³ de P (Figura 1-a). A relação entre a altura e massa de matéria seca da parte aérea, também conhecida como quociente de robustez, além de ser de fácil obtenção e não destrutiva, indica o equilíbrio de crescimento, e quanto menor o seu resultado maior a sobrevivência das mudas após o plantio (GOMES e PAIVA, 2012).

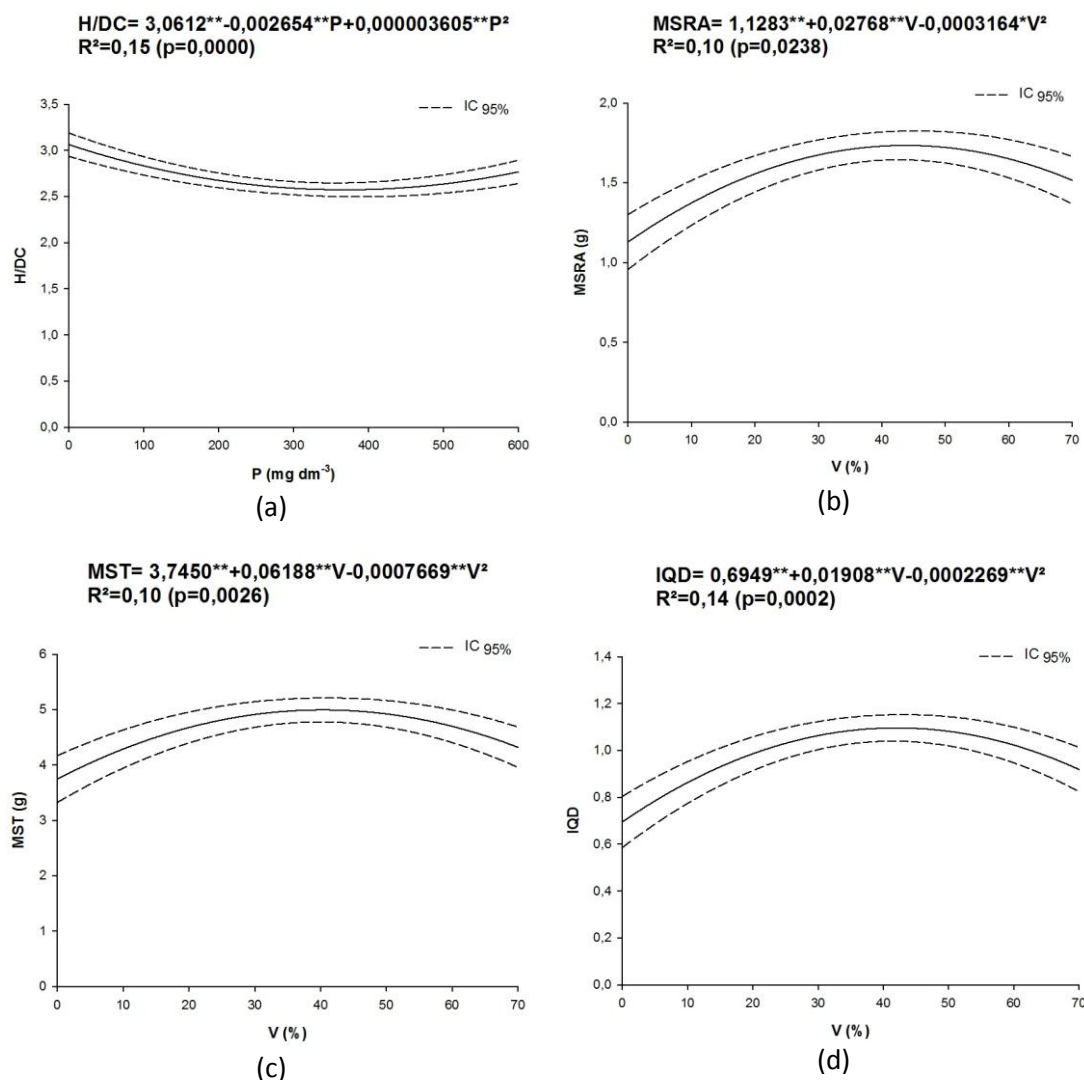


Figura 1 – Relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC) (a) em resposta à adubação fosfatada; massa de matéria seca da raiz (MSRA) (b), massa de matéria seca total (MST) (c), e índice de qualidade de Dickson (IQD) (d) de mudas de baru, aos 150 dias após a semeadura, em resposta à elevação da saturação por bases do substrato, com os respectivos intervalos de confiança.

Os pontos de máxima produção para MSRA (1,73 g) e MST (4,99 g), e máximo IQD (1,10) foram obtidos nas saturações por bases de 43,74, 40,34, e 42,04 %, respectivamente. A matéria seca total é a característica que melhor reflete a produção (GONÇALVES et al., 2008). Em solos ácidos, com elevada saturação por alumínio, a calagem promove a precipitação do Al tóxico do solo, aumentando a distribuição e desenvolvimento do sistema radicular, que é fundamental na fase pós-

plantio no campo, podendo aumentar a taxa de pegamento e estabelecimento mais rápido (CALDEIRA JÚNIOR et al., 2007).

O índice de qualidade de Dickson é um bom indicador da qualidade das mudas, pois no seu cálculo são considerados a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de várias características importantes empregadas para avaliação da qualidade (FONSECA et al., 2002), e quanto maior esse índice melhor a qualidade das mudas.

Conclusões

Para as condições deste estudo, a adubação fosfatada não influencia o crescimento e a qualidade das mudas de baru, embora a MSRA, MST e o IQD sejam influenciados positivamente pela elevação da saturação por bases.

Referências bibliográficas

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

ANDRADE, A.M.; CARVALHO, C.J. Produção de celulose e de papel Kraft da madeira de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.3, n.2, p. 28-35, 1996.

CALDEIRA JÚNIOR, C.F.; FERNANDES, L.A.; MARTINS, E.R.; SANTOS, A.M.; DE PAULA, T.O.M.; ALVARENGA, I.C.A. Níveis de saturação por bases para a produção de mudas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.9, n.4, p.80-85, 2007.

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

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

CRUZ, C.A.F.; PAIVA, H.N; GOMES, K.C.O.; GUERRERO, C.R.A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.66, p.100-107, dez. 2004.

DNMET - DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84 p.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; VALDEMAR FAQUINI, FERNANDES, L. A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v.5, n.2, p.01-12, 1999.

FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O., CURI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilização em reflorestamentos com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 351-384.

GOMES, K. C. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C.L.; BARROS, N.F.; SILVA., S.R. Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.785-792, 2004.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. 116p.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 309-350.

GONÇALVES, E.O.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.6, p.1029-1040, 2008.

IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – IDS 2012**. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/indicadores_desenvolvimento_sustentavel/2012/ids2012.pdf > Acesso em: 11 jul. 2013.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v.1, n.1, p.147-155, jul. 2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4.ed. v.1. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 368p.

NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.133-204.

OLIVEIRA FILHO, A.T. **Catálogo das árvores nativas de Minas Gerais: mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 423 p.

PASSOS, M. A. A. **Efeito da calagem e de fósforo no crescimento inicial da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC)**. 1994. 57f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SANO, S.M.; VIVALDI, L.J.; SPEHAR, C.R. Diversidade morfológica de frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 14, p. 13-518, abr. 1999.

SANO, E. E.; JESUS, E. T.; BEZERRA, H. S. **Uso de um sistema de informações geográficas para quantificação de áreas remanescentes do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 4 p. (Comunicado Técnico, 62).

SANTOS, D.R.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.2, p.576-586, mar./abr. 2008.

SILVA, J.A.; SILVA, D.J. da; JUNQUEIRA, N.T.V.; ANDRADE, L.R.M. de. **Frutas nativas dos cerrados**. Brasília: EMBRAPA-CPAC/SPI, 1994. 166p.

SILVA, A.H.; PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S.C. Desenvolvimento inicial de espécies exóticas e nativas e necessidade de calagem em área degradada do Cerrado no triângulo mineiro (Minas Gerais, Brasil). **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v.29, n.2, p. 287-292, 2011.

SOUZA, P.H.; PAIVA, H. N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; MARQUES, L. S. Influência da saturação por bases do substrato no crescimento e qualidade de mudas de *Machaerium nictitans* (Vell.) Benth. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.2, p.193-201, 2008.

TAKEMOTO, E.; OKADA, I. A.; GARBELOTTI, M. L.; TAVARES, M.; AUED-PIMENTEL, S. Composição química da semente e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do Município de Pirenópolis, Estado de Goiás. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.60, n.2, p. 113-117, 2001.

TUCCI, C.A.F.; LIMA, H. N.; GAMA, A.S.; COSTA, H.S.; SOUZA, P. A. Efeitos de doses crescentes de calcário em solo Latossolo Amarelo na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* sw., Bombacaceae). **Acta Amazonica**, Manaus, v.40, n.3, p.543-548, 2010.

5. CONCLUSÕES GERAIS

A elevação da saturação por bases influencia o crescimento e a qualidade das mudas de *Plathymenia foliolosa* e *Dipteryx alata*, não sendo observada resposta pela *Cassia grandis*.

A adubação fosfatada contribui para o crescimento e a qualidade das mudas de cássia-rosa e vinhático-da-mata. O mesmo não é observado para o baru, se mostrando potencial para o plantio em solos com baixos teores de fósforo.