

Crescimento e qualidade de mudas de Fedegoso cultivadas em latossolo vermelho-amarelo em resposta a macronutrientes

Growth and quality of *Senna macranthera* seedlings cultivated in an alic red yellow latosol in response to macronutrients

Cezar Augusto Fonseca e Cruz¹, Haroldo Nogueira de Paiva²,
Ana Catarina Monteiro Carvalho Mori da Cunha³ e Júlio César Lima Neves⁴

Resumo

O fedegoso (*Senna macranthera*) tem grande ocorrência natural, com potencial uso na recuperação de áreas degradadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de N, P, K, Ca, Mg e S sobre o crescimento e características de qualidade de mudas e; determinar a dose recomendada dos mesmos para estabelecer um adequado programa de adubação. No trabalho, conduzido em casa de vegetação, foi utilizado latossolo Vermelho-Amarelo álico como substrato. Delimitou-se o experimento por meio de matriz baconiana, avaliando-se três doses dos seis macronutrientes e dois tratamentos adicionais, um com doses de referência e outro sem adição de nutrientes. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Verificou-se, através de análise dos contrastes ortogonais, resposta significativa de todas as variáveis estudadas à aplicação dos macronutrientes, exceto para a relação H/D (com exceção do S). A espécie mostrou-se mais exigente em P, K e S em comparação aos demais macronutrientes. Recomendam-se estudos adicionais com os nutrientes N, Ca e Mg, com doses inferiores às menores doses testadas, tendo em vista que, a melhor dose constatada desses nutrientes encontra-se entre os teores originais do solo e a menor dose aplicada.

Palavras-chave: nutrição de plantas, características morfológicas, *Senna macranthera*.

Abstract

Senna macranthera (fedegoso) has a natural occurrence and the potential to be used in the recovery of degraded areas. The objective of this work was to evaluate the effect of N, P, K, Ca, Mg and S doses on the growth and quality characteristics of the fedegoso seedlings; and to determine the recommended doses of the mentioned nutrients in order to establish a suitable fertilization program. In the work, carried out under greenhouse conditions, an alic Red Yellow Latosol (Oxisol) was used as substratum. The experiment was designed in a Baconian Matrix, evaluating three doses of the six macronutrients plus two additional treatments; one as a reference dosage and the other without the addition nutrients. The entirely randomly design was applied, with four replications. Through the orthogonal contrasts, a significant response of all the studied variables related to the macronutrients was found, except for the H/D ratio (but not for S). The species was more demanding in P, K and S in comparison to other macronutrients. It is recommended that further studies with the nutrients N, Ca and Mg be carried out, with lower dosages than the tested ones, since the best dosage of these nutrients lies between the original soil level and the lowest dosage applied.

Keywords: plant nutrition, morphologic characteristics, *Senna macranthera*.

INTRODUÇÃO

A *Senna macranthera* (fedegoso) é uma Caesalpiniaceae, bastante ornamental, quando em flor, atinge de 6 a 8 metros de altura e 20 a 30cm de diâmetro à altura do peito. É uma

espécie semidecídua ou decídua durante o inverno, heliófila, indiferente às características físicas do solo, e é muito frequente em formações secundárias de regiões de altitude, desde o Ceará até São Paulo e Minas Gerais (Lorenzi, 1992).

¹Engenheiro Florestal, MS, Instituto Estadual de Florestas Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Florestal, 36570-000 Viçosa, MG, Brasil - E-mail: ceaufoc1@yahoo.com.br

²Engenheiro Florestal, DS, Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Florestal, 36570-000 Viçosa, MG, Brasil - E-mail: hnpaiva@ufv.br

³Engenheira Florestal, DS, Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Av. Dr. José Sebastião da Paixão, S/N, Lindo Vale, 36180-000, Rio Pomba, MG, Brasil - E-mail: catarina_mori@yahoo.com.br

⁴Engenheiro Agrônomo, DS, Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Solos, 36570-000 Viçosa, MG, Brasil - E-mail: julio_n2003@yahoo.com.br

Devido à adaptação a diversos tipos de solos, essa espécie é indicada para utilização em programas de revegetação em áreas degradadas e matas ciliares, como também para a arborização urbana (Lorenzi, 1992), podendo ainda ser indicada para arborização de pastagens, formação de pasto apícola e fins ornamentais. No entanto, quando plantadas em solos com baixa fertilidade, a espécie não se desenvolve de forma satisfatória (Faria, 1996).

Correções de solo, seguidas de adubações com alta carga de fertilizantes, têm sido práticas comuns, visando aumento da produtividade das culturas. No entanto, segundo Fernandes e Carvalho (2001) para que se faça uma correta adubação, deve-se conhecer melhor a dinâmica dos nutrientes no solo e na planta, as exigências nutricionais das espécies e os fatores que afetam o equilíbrio dentro do complexo solo-planta.

As leguminosas arbóreas têm se destacado nos estudos de recuperação de solos degradados, isto porque essas espécies são pioneiras e agressivas, com elevada produção de biomassa e ocorrência em diferentes condições climáticas (Balieiro *et al.*, 2001).

A utilização de leguminosas arbóreas em programas de recuperação de áreas degradadas é uma técnica que vem apresentando bons resultados (Renó *et al.*, 1993). No entanto, para a maioria dessas espécies são desconhecidas as exigências nutricionais, o que tem conduzido à adoção de adubações padronizadas, desconsiderando as exigências de cada espécie, impossibilitando assim a obtenção do potencial máximo de crescimento e a otimização dos insumos (Fernández *et al.*, 1996).

A espécie estudada, por se tratar de uma leguminosa arbórea, tem potencialidade para recuperar solos de pastagens degradados pelo manejo inadequado. Além de atuar no controle da erosão e aumentar a retenção de água no solo, o que pode levar a um aumento na disponibilidade de diversos nutrientes no solo, especialmente o nitrogênio (Carvalho *et al.*, 1999), por se associar com bactérias fixadoras de N₂ atmosférico.

De acordo com Neves (1983), as diferentes condições e hábitos de crescimento das espécies vegetais, bem como suas exigências nutricionais, são fatores que explicam o frequente insucesso das recomendações de adubação para determinada cultura, baseadas em resultados experimentais obtidos em diferentes condições de solo e planta. Assim sendo, Gonçalves *et al.* (1986) destacam que, para uma adubação racional, é necessário o preenchimento da lacuna existen-

te sobre a quantidade dos vários nutrientes, em relação à exigência nutricional de cada espécie, a serem aplicados no solo como um dos passos iniciais para formação de uma recomendação de adubação eficiente para as distintas espécies.

Estudos relacionados à fertilização do fedegoso têm sido conduzidos, visando à melhoria das mudas produzidas. Entre esses estudos, citam-se os de Silva *et al.* (1997), que verificaram que a espécie é responsiva ao K. Em relação à elevação de saturação por bases, Souza *et al.* (2010) concluíram que as características morfológicas e os índices de qualidade de mudas não foram influenciadas quando as mudas foram cultivadas em um Argissolo. Estudando o fedegoso cultivado em Latossolo, Pereira *et al.* (1996a) observaram efeito negativo da adição de N; o contrário foi verificado em cultura com areia lavada, em que se verificaram efeitos positivos da adição de N no crescimento, o que evidencia sua demanda pela espécie (Pereira *et al.*, 1996b). Já Paron *et al.* (1997) não verificaram efeito da adição de N no crescimento das mudas cultivadas em um Latossolo, enquanto a adição de P promoveu significativo aumento no crescimento das plantas.

Apesar de esses estudos indicarem algumas tendências da fertilização para produção de mudas de fedegoso, pouco se sabe sobre o comportamento das plantas quando da aplicação de doses crescentes de macronutrientes. Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da aplicação de doses de macronutrientes sobre o crescimento e qualidade das mudas dessa espécie cultivada em Latossolo Vermelho-Amarelo álico e; determinar a dose recomendada dos mesmos para a produção de mudas da espécie estudada.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa de vegetação no viveiro de pesquisa do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, MG, no período de janeiro a junho de 2006.

Para a realização do estudo, foram usadas amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo álico (argila 51 %; silte 8 %; areia fina 16 %; areia grossa 21 %) retiradas da camada abaixo de 20 cm de profundidade, secas ao ar, e peneiradas em malha de 4 mm de diâmetro para então, serem devidamente caracterizadas quimicamente (pH=4,80; P=1,40 mg dm⁻³; K=32,00 mg dm⁻³; Ca²⁺=0,20 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺=0,00 cmol_c dm⁻³; Al³⁺=0,80 cmol_c dm⁻³; H+Al=3,96 cmol_c dm⁻³; SB=0,28 cmol_c dm⁻³; (T)=4,24 cmol_c dm⁻³; V=7% e m=74%).

As amostras de solo utilizadas neste estudo foram provenientes de áreas próximas à Viçosa, com ocorrência predominante na região da Zona da Mata mineira, motivo pelo qual foi escolhido para a realização do experimento.

Os tratamentos foram obtidos segundo matriz baconiana (Turrent, 1979), na qual um dos nutrientes é fornecido em quantidades variáveis, enquanto os outros são mantidos em um nível referencial. Com esta matriz pretendeu-se avaliar seis nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) em três diferentes doses e, ainda dois tratamentos adicionais, sendo um com doses de referência e outro sem adição de nutrientes, totalizando 20 tratamentos, que foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram delimitados de maneira que, quando a quantidade de um nutriente estivesse variando, as doses dos demais estariam fixas, sendo que a variação das doses e nutrientes em cada tratamento pode ser visualizada na Tabela 1.

Sementes foram adquiridas junto ao setor de silvicultura do Departamento de Engenharia Florestal da UFV. O solo usado como substrato na produção de mudas foi medido na quantidade de 2,1 dm³ e, em seguida, acondicionado em saco plástico. Posteriormente, os sais fornecedores de Ca e Mg (CaCO₃ e MgCO₃) foram adicionados, nas quantidades definidas pelos tratamentos da Tabela 2 e homogeneizados. Feito isto, colocou-se água até a capacidade de campo, e os sacos foram levados para casa de vegetação, onde permaneceram por 30 dias, com manutenção do teor de água na capacidade de campo.

Decorrido este período, o substrato foi transferido para vasos de polietileno rígido

com capacidade de 2,1 dm³ de solo, sendo a unidade experimental constituída por um vaso e uma muda. Em seguida, foram adicionados os demais nutrientes, de acordo com as quantidades definidas na Tabela 2, sendo a aplicação de nitrogênio e potássio parcelada em 0, 30, 50, 70 e 90 dias após a semeadura. Os sais usados utilizados foram: NH₄H₂PO₄, NH₄NO₃, (NH₄)₂SO₄, K₂SO₄ e KCl.

Aplicou-se uma solução de base, em mistura ao substrato, de micronutrientes composta por: boro (0,81 mg dm⁻³), cobre (1,33 mg dm⁻³), molibdênio (0,15 mg dm⁻³), manganês (3,66 mg dm⁻³) e zinco (4,0 mg dm⁻³), usando como fontes H₃BO₃, CuSO₄.5H₂O, (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O, MnCl₂.H₂O, ZnSO₄.7H₂O, respectivamente, como indicado por Alvarez V. (1974).

A seguir, procedeu-se a semeadura de 10 sementes diretamente nos vasos. O primeiro raleio foi realizado 15 dias após a emergência das plântulas, deixando-se duas plântulas por vaso, e o segundo aos 30 dias, permanecendo, então, apenas uma plântula por vaso, sendo a unidade experimental constituída por um vaso. A umidade do solo foi mantida próximo de 60% da capacidade de campo, mediante monitoramento diário com base na pesagem de conjunto de vasos de plantas, para verificação de água a ser colocada.

Aos 120 dias após a semeadura, realizou-se a medição da altura (H), utilizando-se régua graduada em centímetros, e do diâmetro do coleto (DC) das mudas, com paquímetro com precisão de 0,01 mm. Em seguida, as plantas foram colhidas e subdivididas em raiz e parte aérea, lavadas em água destilada e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65° C, até que atingissem peso constante.

Tabela 1. Tratamentos, obtidos pela matriz baconiana, com as doses dos nutrientes aplicadas no substrato utilizado para a produção das mudas.

Table 1. Treatments obtained through the Baconian Matrix, with the dosages of nutrients applied to the substratum used for seedlings growth.

Tratamentos	Unidades	Tratamentos	Unidades
DR *	mg dm ⁻³ cmol _c dm ⁻³	K = 200 **	mg dm ⁻³
Solo sem correção	-	Ca = 0,8 **	cmol _c dm ⁻³
N = 50 **	mg dm ⁻³	Ca = 1,2 **	cmol _c dm ⁻³
N = 150 **	mg dm ⁻³	Ca = 1,4 **	cmol _c dm ⁻³
N = 200 **	mg dm ⁻³	Mg = 0,2 **	cmol _c dm ⁻³
P = 150 **	mg dm ⁻³	Mg = 0,6 **	cmol _c dm ⁻³
P = 450 **	mg dm ⁻³	Mg = 0,8 **	cmol _c dm ⁻³
P = 600 **	mg dm ⁻³	S = 20 **	mg dm ⁻³
K = 50 **	mg dm ⁻³	S = 60 **	mg dm ⁻³
K = 150 **	mg dm ⁻³	S = 80 **	mg dm ⁻³

* Valores da dose de referência: N = 100 mg dm⁻³; P = 300 mg dm⁻³; K = 100 mg dm⁻³; Ca = 1 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,4 cmol_c dm⁻³; S = 40 mg dm⁻³.

** Em cada tratamento apenas o nutriente indicado tem a dose variando, permanecendo as doses dos demais nutrientes iguais à dose de referência.

A determinação do peso de massa seca de raiz (MSR) e peso de massa seca da parte aérea (MSPA) foi realizada em balança analítica com precisão de 0,01 g, e o peso de massa seca total (MST) foi obtido pela soma da MSR e da MSPA. Com esses dados, foram calculadas as características indicadoras de qualidade de mudas: altura de parte aérea por diâmetro do coleto (H/D), altura de parte aérea por peso de massa seca de parte aérea (H/MSPA), peso de massa seca de parte aérea por peso de massa seca de raiz (MSPA/MSR), bem como o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), de acordo com a fórmula mostrada a seguir (DICKSON *et al.*, 1960):

$$IQD = MST / (H/D + MSPA/MSR)$$

Onde:

MST - Peso de massa seca total (g);

H - Altura de parte aérea (cm);

D - Diâmetro do coleto (mm);

MSR - Peso de massa seca de raiz (g) e;

MSPA - Peso de massa seca da parte aérea (g).

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de contrastes ortogonais, análises de variância e regressão, utilizando-se o programa SAEG (Sistema de Análises Estatística e Genética) e o Statistica. A partir das análises de variância individuais estimaram-se os erros experimental e de regressão e; procedeu-se a escolha do modelo com melhor ajuste aos dados, com base no coeficiente de determinação (R²). O ajuste das equações de regressão foi feito, testando-se os respectivos coeficientes pelo teste "t" de Student, com base no quadrado médio do resíduo da ANOVA, em níveis de 1, 5 e 10% de probabilidade. Diante de dois ou mais modelos com coeficientes significativos, optou-se por aquele de maior R² e, com essas equações, determinaram-se as doses recomendadas dos macronutrientes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de contrastes ortogonais indicou que os tratamentos com fertilizações foram superiores aos tratamentos sem fertilização em todas as combinações de tratamentos e características avaliadas, à exceção da relação H/D, nos tratamentos N, P, K, Ca e Mg, inferindo-se que a aplicação de fertilizantes contendo macronutrientes possibilitou significativo aumento do crescimento e qualidade de mudas de fedegoso.

As baixas médias de crescimento verificadas em todas as características estudadas, no tratamento sem adição de nutrientes, indicam que os teores de macronutrientes originalmente existentes no solo utilizado como substrato para a produção de mudas de fedegoso são baixos. Pequenas médias de crescimento das plantas, nesse caso, podem ser explicadas pela lei do Mínimo de Liebig, segundo a qual o crescimento da planta é limitado pelo nutriente que apresenta menor disponibilidade no solo, mesmo que os demais ocorram em níveis ótimos para as plantas.

A aplicação de doses crescentes de N, P, K, Ca, Mg e S, em geral, proporcionou ganhos nos valores médios observados nas diversas características avaliadas (Tabela 2). Essa resposta era esperada, tendo em vista que os nutrientes desempenham diversas funções na planta e, conseqüentemente, a omissão ou o fornecimento em quantidade insuficiente de qualquer um deles acarreta diminuição no crescimento, bem como pode ser prejudicial à qualidade das mudas produzidas.

Altura da parte aérea (H)

Por ser de fácil medição e não ser um método destrutivo, esta característica é amplamente utilizada para estimar o padrão de qualidade de mudas de espécies florestais nos viveiros (GOMES, 2001); ainda, é considerada uma característica importante para estimar o crescimento no campo (REIS *et al.*, 1991).

Para todos os macronutrientes, as mudas referentes ao tratamento controle (sem aplicação de fertilizantes) apresentaram crescimento em H inferior, em média, de 2 a 3 vezes, comparativamente às maiores médias observadas para cada nutriente isoladamente (Tabela 2).

Observou-se efeito significativo do crescimento em H em resposta à aplicação de doses crescentes dos macronutrientes N, K e S (Tabela 3), sendo o efeito de ordem quadrática, em que o aumento das doses favoreceu o aumento dos valores dessa característica, até um ponto máximo, que foi observado nas doses de 110, 159,2 e 53,8 mg dm⁻³ de N, K e S, respectivamente.

Respostas significativas, em crescimento em H, à aplicação de N também foram observadas por Cruz *et al.* (2006), os quais obtiveram efeito positivo do N em plantas de *Samanea inopinata*. Em condições experimentais iguais às testadas neste experimento, Gonçalves *et al.* (2008) obtiveram respostas semelhantes com mudas de *Anadenathera macrocarpa*.

Tabela 2. Médias das características das mudas de fedegoso em razão da aplicação de N, P, K, Ca, Mg e S: altura (H), diâmetro do coleto (DC), peso de massa seca da parte aérea (MSPA), peso de massa seca de raiz (MSR), peso de massa seca total (MST), relação H/D, quociente H/MSPA, quociente MSPA/MSR e Índice de Qualidade de Dickson (IQD), aos 120 dias após a semeadura, cultivadas em latossolo Vermelho-Amarelo álico

Table 2. Mean values of the *Senna macranthera* (fedegoso) seedlings characteristics after application of N, P, K, Ca, Mg and S: height (H), collar diameter (DC), stem dry weight (MSPA), root dry weight (MSR), total dry weight (MST), H/D ratio, H/MSPA ratio, MSPA/MSR ratio and Dickson Quality Index (IQD), at 120 days after sowing, grown in alic red yellow latosol.

Nutriente	Dose	H (cm)	DC (mm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	H/D	H/MSPA	MSPA/MSR	IQD
N	0	4,90	2,04	0,19	0,39	0,57	2,46	26,22	0,51	0,20
N	50	12,98	5,21	2,90	3,35	6,26	2,47	4,64	0,87	1,87
N	100	12,95	5,21	2,74	2,55	5,28	2,45	4,63	1,17	1,53
N	150	13,60	5,18	2,57	2,69	5,26	2,63	5,51	0,95	1,62
N	200	10,35	4,60	2,25	2,12	4,37	2,30	5,10	1,12	1,34
P	0	4,90	2,04	0,19	0,39	0,57	2,46	26,22	0,51	0,20
P	150	9,13	4,07	1,53	2,00	3,53	2,26	6,37	0,83	1,21
P	300	12,95	5,21	2,74	2,55	5,28	2,45	4,63	1,17	1,53
P	450	10,28	4,55	2,17	2,11	4,27	2,31	4,98	1,08	1,29
P	600	14,98	4,74	2,91	2,17	5,07	3,15	5,01	1,49	1,26
K	0	4,90	2,04	0,19	0,39	0,57	2,46	26,22	0,51	0,20
K	50	10,10	5,32	2,67	2,90	5,57	1,97	3,84	0,98	2,10
K	100	12,95	5,21	2,74	2,55	5,28	2,45	4,63	1,17	1,53
K	150	13,20	5,43	2,71	2,76	5,46	2,51	4,95	1,01	1,58
K	200	12,93	5,43	2,65	3,89	6,54	2,39	5,16	0,68	2,12
Ca	0	4,90	2,04	0,19	0,39	0,57	2,46	26,22	0,51	0,20
Ca	0,8	13,00	5,49	3,29	3,58	6,87	2,43	4,03	0,93	2,16
Ca	1,0	12,95	5,21	2,74	2,55	5,28	2,45	4,63	1,17	1,53
Ca	1,2	12,55	5,74	3,16	3,20	6,36	2,20	4,00	1,00	2,01
Ca	1,4	14,48	5,06	2,77	2,66	5,43	2,86	5,23	1,07	1,44
Mg	0	4,90	2,04	0,19	0,39	0,57	2,46	26,22	0,51	0,20
Mg	0,2	14,93	6,05	3,52	3,41	6,94	2,46	4,22	1,02	2,00
Mg	0,4	12,95	5,21	2,74	2,55	5,28	2,45	4,63	1,17	1,53
Mg	0,6	12,50	5,31	2,99	3,47	6,46	2,42	4,07	0,87	2,13
Mg	0,8	13,13	5,57	3,54	3,16	6,70	2,34	3,68	1,17	1,96
S	0	4,90	2,04	0,19	0,39	0,57	2,46	26,22	0,51	0,20
S	20	12,73	5,59	3,09	3,67	6,76	2,28	4,05	0,85	2,21
S	40	12,95	5,21	2,74	2,55	5,28	2,45	4,63	1,17	1,53
S	60	14,90	5,33	3,46	3,35	6,81	2,83	4,48	1,07	1,83
S	80	12,68	6,67	3,39	3,54	6,93	1,93	3,76	0,99	2,48

Apesar de não ter sido observado efeito significativo da aplicação de P sobre o crescimento em H das mudas de fedegoso, pode-se verificar que existe tendência de maiores taxas de crescimento em razão da aplicação de doses superiores às maiores doses testadas (600 mg dm⁻³ de P). Alta exigência por P já foi observada por outros autores, como Reis *et al.* (1997), Resende *et al.* (1999), Fernandes *et al.* (2002) e Gonçalves *et al.* (2008), para mudas de *Dalbergia nigra*, *Schinus terebinthifolius*, *Cordia goeldiana* e *Anadenanthera macrocarpa*, respectivamente.

Dias *et al.* (1992) observaram resposta positiva das mudas de *Sclerolobium paniculatum* à adubação com K sobre o crescimento em H. Em contrapartida, Balieiro *et al.* (2001) verificaram, em mudas de *Acacia auriculiformis*, ausência de

efeito da aplicação de K. A dose de K recomendada para fedegoso é bem maior do que a recomendada por Reis *et al.* (1997) para mudas de *Dalbergia nigra*, estando os dados obtidos por esse autor de acordo com relatos de Dias *et al.* (1991), que mencionam que a maioria da espécies florestais exige a dose de 50 mg dm⁻³ de K. Isto implica que a espécie em estudo é altamente exigente em K, conforme relatado por Silva *et al.* (1997) para a mesma espécie.

Quanto à aplicação de Ca e Mg no substrato, Cruz *et al.* (2004), verificaram, ausência de efeito sobre o crescimento em H de mudas de *Tabebuia impetiginosa*, resultado semelhante ao verificado no presente estudo. Já Venturin *et al.* (1999) observaram, para *Peltophorum dubium*, que na ausência destes nutrientes o crescimento em H das mudas foi limitado.

Tabela 3. Estimativas geradas em razão da aplicação de doses crescentes de N, P, K e S em mg dm⁻³ e Ca e Mg em cmol_c dm⁻³, das seguintes características em mudas de fedegoso: altura (H), diâmetro do coleto (DC), peso de massa seca da parte aérea (MSPA), peso de massa seca de raiz (MSR), peso de massa seca total (MST), aos 120 dias após a semeadura, cultivadas em latossolo Vermelho-Amarelo álico.

Table 3. Generated estimates related to the application of increasing dosages of N, P, K, and S in mg dm⁻³ and Ca and Mg in cmol_c dm⁻³, of the following characteristics in *Senna macranthera* seedlings: height (H), collar diameter (DC), stem dry weight (MSPA), root dry weight (MSR), total dry weight (MST), at 120 days after sowing, grown in alic red yellow latosol.

Característica	Nutriente	Equação	R ²	Dose recomendada
H	N	$\hat{Y} = -0,0003 * X^2 + 0,066 * X + 10,255$	83,25	110
	P	$\hat{Y} = \bar{Y} = 11,83$		150
	K	$\hat{Y} = -0,0003 * X^2 + 0,0955 * X + 6,21$	96,66	159,2
	Ca	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,25$		0,8
	Mg	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,38$	48,67	0,2
	S	$\hat{Y} = -0,0015 * X^2 + 0,1615 * X + 9,815$		53,8
DC	N	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,38$	50,28	50
	P	$\hat{Y} = -1,0479 + 0,6178 * \sqrt{X} - 0,0158 * X$		380,6
	K	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,35$	50	50
	Ca	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,38$		0,8
	Mg	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,34$	97,90	0,2
	S	$\hat{Y} = 0,001 ** X^2 - 0,0912 ** X + 7,0219$		42
MSPA	N	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,62$	61,37	50
	P	$\hat{Y} = -1,6907 + 0,3621^{19,59} * \sqrt{X} - 0,0074^{25,88} * X$		592,8
	K	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,69$	50	50
	Ca	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,99$		0,8
	Mg	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,20$	20	0,2
	S	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,17$		20
MSR	N	$\hat{Y} = 3,5663 - 0,0071 ** X$	80,76	50
	P	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,21$		150
	K	$\hat{Y} = 2,2288 - 0,0064 * X$	47,22	50
	Ca	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,00$		0,8
	Mg	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,15$	20	0,2
	S	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,28$		20
MST	N	$\hat{Y} = 6,7138 - 0,0114 * X$	90,77	50
	P	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,54$		150
	K	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,71$	50	50
	Ca	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,99$		0,8
	Mg	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,35$	0,2	0,2
	S	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,45$		20

***Significativo a 1% de probabilidade, **significativo a 5% de probabilidade e *significativo a 10% de probabilidade

Balieiro *et al.* (2001), também observaram para *Acacia holosericea* resposta positiva à aplicação de S sobre o crescimento em H, assim como Fernández *et al.* (1996) para *Mimosa tenuiflora*. No entanto, Dias *et al.* (1992) e Duboc *et al.* (1996a) não verificaram efeito da aplicação de S sobre o crescimento em H em mudas de *Sclerolobium paniculatum* e *Hymenaea courbaril*, respectivamente. Enquanto Reis *et al.* (1997) e Balieiro *et al.* (2001) verificaram para *Dalbergia nigra* e *Acacia auriculiformis*, respectivamente, resposta negativa à aplicação do nutriente ao substrato, sendo o crescimento das mudas prejudicado.

De acordo com Paiva e Gomes (2000), mudas de espécies arbóreas estão aptas ao plantio no campo quando a H estiver entre 15 e 30 cm. Ao final desse experimento, na maioria dos trata-

mentos nos quais foram aplicadas as doses crescentes de nutrientes, verificou-se que os valores médios de H encontram-se abaixo dos valores supramencionados, podendo-se inferir, assim, que as mudas de fedegoso, segundo esse critério, não estariam aptas ao plantio no campo.

Diâmetro do coleto (DC)

Segundo Souza *et al.* (2006), a avaliação do DC é de fundamental importância na avaliação do potencial da muda para sobrevivência e crescimento após o plantio, sendo que, de acordo com Carneiro (1983), plantas com maior DC apresentam maior sobrevivência, especialmente pela maior capacidade de formação e crescimento das novas raízes.

Não foi verificado efeito da adição de macronutrientes quanto ao crescimento em DC pelas

mudas de fedegoso, exceto para o P e S, sendo obtida reposta de ordem raiz quadrada para P e do tipo quadrática para o S (Tabela 3).

As mudas devem apresentar DC maiores para exprimir um melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea (CARNEIRO, 1995), principalmente quando se exige maior endurecimento delas (GOMES, 2001). No entanto, a definição de um valor de DC que exprima com fidelidade o real padrão de qualidade das mudas para o plantio em local definido depende da espécie, do local, do método e das técnicas de produção (GOMES, 2001). Neste trabalho, observaram-se valores de DC mínimo de 4,07 e máximo de 6,67 mm (Tabela 2), com maior parte dos valores observados entre 4,0 e 5,0 mm.

Duboc *et al.* (1996a) e Gonçalves *et al.* (2008), como constatado neste experimento, verificaram que mudas de *Hymenaea courbaril* e *Anadenanthera macrocarpa*, respectivamente, não tiveram seu crescimento em DC afetado, em razão da adição de N. Contudo, efeito significativo para o DC quando da adição de N foi observado por Cruz *et al.* (2006) para mudas de *Samanea inopinata* e Marques *et al.* (2006a,b, 2009), para *Mimosa caesalpiniaeifolia*, *Dalbergia nigra* e *Piptadenia gonoacantha*.

Respostas significativas à adubação fosfatada sobre o DC de mudas de diferentes espécies florestais são encontradas com frequência na literatura. Reis *et al.* (1997), Venturin *et al.* (1999), Fernandes *et al.* (2002) e Gonçalves *et al.* (2008), também destacaram a importância da presença de P no meio de crescimento para o crescimento de mudas de *Dalbergia nigra*, *Peltophorum dubium*, *Cordia goeldiana* e *Anadenanthera macrocarpa*, respectivamente, sendo as espécies muito exigentes em P, e afirmaram que sua ausência é prejudicial ao adequado crescimento em DC das mudas. As doses recomendadas por esses pesquisadores são bem maiores do que a verificada para a espécie em estudo, permitindo inferir que a mesma não é altamente exigente em P, entretanto, o nutriente é essencial para produzir mudas de boa qualidade e dentro de padrões necessários para garantir sua sobrevivência pós plantio.

Balieiro *et al.* (2001) também verificaram para *Acacia auriculiformis* e *A. holosericea* que o crescimento em DC não foi afetado pela aplicação de K. Já para *Dalbergia nigra* e *Anadenanthera macrocarpa*, Reis *et al.* (1997) e Gonçalves *et al.* (2008), respectivamente, verificaram efeito positivo da aplicação de K sobre o crescimento em DC das mudas.

Duboc *et al.* (1996a) e Gonçalves *et al.* (2008) obtiveram respostas semelhantes às observadas nas mudas de fedegoso em relação ao crescimento em DC, não tendo observado efeito significativo da aplicação de Ca sobre as mudas de *Hymenaea courbaril* e *Anadenanthera macrocarpa*, respectivamente. Já, Venturin *et al.* (1999) observaram, para *Peltophorum dubium* menor crescimento em DC devido à omissão de Ca no meio de crescimento.

De modo análogo ao observado neste estudo, Gonçalves *et al.* (2008) não verificaram efeito do Mg sobre o crescimento em DC das mudas de *Anadenanthera macrocarpa*, sendo as condições experimentais semelhantes às de fedegoso neste estudo.

Souza *et al.* (2010) também não verificaram efeito da elevação de saturação por bases para as características morfológicas e os índices de qualidade em mudas cultivadas em Argissolo.

Ao contrário do verificado neste trabalho, a aplicação S não promoveu efeito significativo para o crescimento em DC em mudas de *Copaifera langsdorffii* (DUBOC *et al.*, 1996b) e de *Myracrodruon urundeuva* (MENDONÇA *et al.*, 1999).

Carniel *et al.* (1993) verificaram, para a mesma espécie utilizada neste estudo, diminuição no crescimento em DC devido à redução do suprimento de S, destacando que o fedegoso é bastante exigente pelo nutriente. Segundo os mesmos pesquisadores, para mudas de *Myracrodruon urundeuva*, a omissão do nutriente, apesar de levar a uma resposta de menor DC, não promoveu diferença significativa, comparativamente ao tratamento completo.

Produção de massa seca

De acordo com Gomes *et al.* (1990), embora a H das mudas e o DC sejam parâmetros importantes para as análises do padrão de qualidade de mudas, outros autores também recomendam que sejam analisados os pesos de massa seca de parte aérea e de raiz. A produção de massa seca tem sido considerada um dos melhores parâmetros para caracterizar a qualidade de mudas, apresentando, porém, o inconveniente de ser um método destrutivo, o que inviabiliza seu uso na maioria dos viveiros (GOMES, 2001).

A aplicação de doses crescentes de macronutrientes não acarretou efeito sobre a produção de massa seca das plantas, tanto de massa seca da parte aérea quanto de massa seca da raiz e total. À exceção da MSPA para P, da MSR para N e K e da MST para N, com efeitos que resultaram em modelos raiz quadrada (no caso do P) e linear decrescente (N e K) (Tabela 3).

Contrariando as respostas observadas para mudas de fedegoso, Cruz *et al.* (2006) observaram efeito significativo da adubação nitrogenada sobre a MSPA de *Samanea inopinata*. Entretanto, respostas análogas às observadas para o fedegoso, foram observadas por Nicoloso *et al.* (2001) em mudas de *Apuleia leiocarpa*. No que tange à MSR e MST, Dias *et al.* (1991), Dias *et al.* (1992), Venturin *et al.* (1999) e Cruz *et al.* (2006), observaram resposta significativa da aplicação de N para *Acacia mangium*, *Sclerobium paniculatum*, *Peltophorum dubium* e *Samanea inopinata*, respectivamente, sobre a produção de MSR. Cabe ressaltar que esses autores verificaram efeito positivo da aplicação de N sobre a produção de massa seca das plantas, e no presente estudo o efeito foi negativo. Isto indica que a dose que irá proporcionar maiores taxas de massa seca em plantas de fedegoso está entre zero e 50 mg dm⁻³ (menor dose testada).

Em todos os casos, as doses de N recomendadas para a obtenção de maiores valores de peso de massa seca estão acima do que indica a tendência observada para fedegoso, demonstrando que essa espécie é pouco exigente em N, se comparada com as espécies anteriormente citadas.

Resultados similares aos observados nesse trabalho foram obtidos por Fernandes *et al.* (2002), Ceconi *et al.* (2006), Ceconi *et al.* (2007), Fernandes *et al.* (2007) e Gomes *et al.* (2008) com mudas de *Cordia goeldiana*, *Luehea divaricata*, *Ilex paraguariensis*, *Cordia goeldiana* e *Apuleia leiocarpa*, respectivamente, ou seja, a aplicação de P resultou em incremento significativo na produção de MSPA das plantas.

Fernández *et al.* (1996) determinaram para *Mimosa tenuiflora* dose crítica de P de 224,0 mg dm⁻³ e Fernandes *et al.* (2000) para *Ceiba speciosa* 267,0 mg dm⁻³ de P, para MSPA. Esses resultados são bem inferiores à dose recomendada para fedegoso, que se apresenta mais exigente nutricionalmente em P do que as espécies anteriores no que se refere à MSPA. No entanto, para MSR e MST não foi verificado efeito significativo da adição de P, contrariando as respostas observadas por Fernandes *et al.* (2002) em *Cordia goeldiana*, os quais verificaram respostas lineares crescentes à aplicação de doses crescentes de P ao substrato.

Duboc *et al.* (1996b) também verificaram para plantas de *Copaifera langsdorffii* que a omissão de K não afetou a MSPA. Entretanto, Venturin *et al.* (1999) com *Peltophorum dubium* e Fernández *et al.* (1996) com *Mimosa tenuiflora*

afirmaram que a adubação potássica é importante para uma adequada produção de MSPA.

Venturin *et al.* (1999) ressaltaram que para *Peltophorum dubium* a omissão de K do meio de crescimento não afetou a MSR das plantas, contrariando as respostas observadas em fedegoso (Tabela 2). No entanto, para mudas de *Myracrodruon urundeuva*, Mendonça *et al.* (1999) observaram que a omissão de K proporcionou menor MSR, sendo esse feito semelhante ao verificado neste estudo. A aplicação de doses crescentes de K resultou em modelo linear negativo, indicando que a concentração ideal de K está entre os teores originais do nutriente no solo e a menor dose testada, tendo em vista que a ausência de aplicação de K gerou menor incremento de MSR, já a aplicação de doses crescentes efeito negativo.

Em relação a MST, respostas significativas à aplicação de K foram observadas por Dias *et al.* (1992) para mudas de *Sclerobium paniculatum*, sendo essa resposta contrária à obtida para as mudas de fedegoso.

Não se verificou efeito da adição de doses crescentes de Ca e Mg sobre a produção de massa seca das mudas de fedegoso, resposta semelhante à obtida por Duboc *et al.* (1996a) e Reis *et al.* (1997) em mudas de *Hymenaea courbaril* e *Dalbergia nigra*, respectivamente. Em contrapartida, Mendonça *et al.* (1999) verificaram efeito significativo da aplicação de Ca sobre a produção de massa seca em mudas de *Myracrodruon urundeuva*. De modo similar ao observado para fedegoso, Duboc *et al.* (1996a,b) relataram ausência de resposta à aplicação de Mg em mudas de *Hymenaea courbaril* e *Copaifera langsdorffii*, respectivamente. Entretanto, Cruz *et al.* (2004) observaram efeitos significativos sobre a produção de massa seca em mudas de *Tabebuia impetiginosa* sob influência da elevação de saturação por bases.

Venturin *et al.* (1999) verificaram que mudas de *Peltophorum dubium* apresentam elevada exigência nutricional em Mg, sendo essa resposta contrária à observada no presente estudo, tendo em vista a ausência de efeito das doses de Mg pelas mudas de fedegoso em relação à produção de massa seca. Isto pode indicar que a dose ideal para a produção de mudas de boa qualidade de fedegoso está situada entre a dose zero (concentração original do nutriente no substrato) e a menor dose testada.

Dias *et al.* (1992) também observaram para *Sclerobium paniculatum* ausência de resposta à

aplicação de S sobre a produção de massa seca, assim como Duboc *et al.* (1996b) e Mendonça *et al.* (1999) com mudas de *Copaifera langsdorffii* e *Myracrodruon urundeuva*, respectivamente. Entretanto, respostas significativas à aplicação de S sobre a produção de massa seca também foram observadas por Fernández *et al.* (1996), Venturin *et al.* (1999) e Balieiro *et al.* (2001) em mudas de *Mimosa tenuiflora*, *Peltophorum dubium* e *Acacia holosericea*, respectivamente.

Relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D)

De acordo com Gomes (2001), em razão da facilidade de medição, tanto da H quanto do DC, e por ser um método não destrutivo, a relação entre esses parâmetros pode ser considerada e aplicada para muitas das espécies florestais, constituindo-se num dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo. Ainda, de acordo com esse autor, o valor resultante da divisão da altura da parte aérea da

muda pelo seu respectivo diâmetro do coleto exprime um equilíbrio de crescimento.

Quanto à relação H/D, somente observaram-se respostas significativas para S (Tabela 4), sendo o efeito explicado por um modelo raiz quadrada, no qual o aumento das doses de S favoreceu o incremento desta relação até um ponto máximo quando então, as médias diminuíram.

Ausência de efeito para a relação H/D também foi observada por Cruz *et al.* (2004), Bernardino *et al.* (2007) e Souza *et al.* (2008) para *Tabebuia impetiginosa*, *Dalbergia nigra* e *Macharium nictitans*, respectivamente, submetidas à elevação da saturação por bases, bem como para *Samanea inopinata* submetidas à adubação nitrogenada (CRUZ *et al.*, 2006). No entanto, Chaves *et al.* (2006) e Marques *et al.* (2006b e 2009) observaram resposta significativa para a relação H/D em mudas de *Anadenanthera macrocarpa*, *Dalbergia nigra* e *Piptadenia gonoacantha*, respectivamente, produzidas em substrato fertilizado com N.

Tabela 4. Estimativas geradas em razão da aplicação de doses crescentes de N, P, K e S em mg dm⁻³ e Ca e Mg em cmol_c dm⁻³, das seguintes características em mudas de fedegoso: relação H/D, quociente H/MSPA, quociente MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD), aos 120 dias após a semeadura, cultivadas em latossolo Vermelho-Amarelo álico.

Table 4. Generated estimates related to the application of increasing dosages of N, P, K, and S in mg dm⁻³ and Ca and Mg in cmol_c dm⁻³, of the following characteristics in *Senna macranthera* seedlings: H/D ratio, H/MSPA ratio, MSPA/MSR ratio and Dickson Quality Index (IQD), at 120 days after sowing, grown in alic red yellow latosol.

Característica	Nutriente	Equação	R ²	Dose recomendada
H/D	N	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,46$		50
	P	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,54$		150
	K	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,33$		50
	Ca	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,49$		0,8
	Mg	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,42$		0,2
	S	$\hat{Y} = -2,077 + 1,4586 * \sqrt{X} - 0,1115 * X$	75,95	20
H/MSPA	N	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,97$		50
	P	$\hat{Y} = -0,00002 * X^2 - 0,0172 * X - 8,3925$	83,59	150
	K	$\hat{Y} = 3,5779 + 0,0085**X$	91,22	50
	Ca	$\hat{Y} = 2,8344 + 1,4873*X$	43,38	0,8
	Mg	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,15$		0,2
	S	$\hat{Y} = -1,7159 + 1,9569 * \sqrt{X} - 0,15 * X$	99,96	20
MSPA/MSR	N	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,03$		50
	P	$\hat{Y} = 0,6731 + 0,0012***X$	80,24	600
	K	$\hat{Y} = -1,2804 + 0,5007 * \sqrt{X} - 0,0256 * X$	99,56	95,56
	Ca	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,04$		0,8
	Mg	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,06$		0,2
	S	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,02$		20
IQD	N	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,59$		50
	P	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,32$		150
	K	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,83$		50
	Ca	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,79$		0,8
	Mg	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,91$		0,2
	S	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,01$		20

***Significativo a 1% de probabilidade, **significativo a 5% de probabilidade e *significativo a 10% de probabilidade

De acordo com Carneiro (1983), este índice de qualidade de mudas é muito importante e, quanto menor for o seu valor, maior será a capacidade de sobrevivência e estabelecimento das mudas após seu plantio definitivo no campo. Nesse sentido, observa-se que o S exerceu efeito negativo sobre a referida característica, sendo recomendada a menor dose testada deste nutriente.

Relação entre altura e peso de massa seca da parte aérea (H/MSPA)

A relação H/MSPA não é, comumente, uma característica usada para avaliar qualidade de mudas, mas pode ser de grande valia, principalmente para predizer o potencial de sobrevivência da muda no campo (GOMES, 2001). De acordo com este autor, quanto menor for esse índice, mais lignificada está a muda e maior a sua capacidade de sobrevivência no campo.

Para a relação H/MSPA, observou-se que os tratamentos com doses crescentes de K e Ca proporcionaram resposta explicada por modelo linear positivo, enquanto para P o efeito foi explicado por modelo quadrático e, para S, o modelo foi raiz quadrada (Tabela 4). Para os demais macronutrientes, não foi observado efeito da aplicação dos mesmos ao substrato sobre a relação H/MSPA.

Neste trabalho, verificaram-se, respostas significativas para os tratamentos com doses crescentes de P, K, Ca e S. Considerando que quanto menor essa relação mais adaptada para ir ao campo está a muda, as médias que proporcionaram os menores valores desta relação estão entre a dose zero e menor dose testada de cada um desses nutrientes.

Trabalhando com *Tabebuia impetiginosa*, Cruz *et al.* (2004) observaram resposta significativa da elevação da saturação por bases sobre a relação H/MSPA, enquanto Bernardino *et al.* (2007) não observaram efeito da elevação de saturação por bases sobre esta relação em mudas de *Dalbergia nigra*. Respostas significativas para este quociente de qualidade de mudas foram encontrados em mudas de *Samanea inopinata*, *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Dalbergia nigra* submetidas à adubação nitrogenada por Cruz *et al.* (2006) e Marques *et al.* (2006a,b), respectivamente.

Relação entre peso de massa seca da parte aérea e peso de massa seca de raiz (MSPA/MSR)

A relação entre o peso de massa seca da parte aérea e o do respectivo sistema radicular das mudas é considerada como um quociente eficiente

e seguro para expressar o padrão de qualidade destas (GOMES, 2001).

Observaram-se respostas significativas da relação MSPA/MSR somente para os tratamentos com doses crescentes de P e K, sendo obtido efeito linear positivo para P e do tipo raiz quadrada para K (Tabela 4).

Brissette (1984) menciona que em um encontro de pesquisadores ficou estabelecido que um valor igual a 2,0 seria a melhor relação de MSPA/MSR para considerar a muda apta ao plantio. De forma geral, pode-se observar que os valores médios para as maiores doses de cada nutriente (Tabela 2) encontram-se menores do que o valor tido como recomendável (2,0), permitindo inferir que por esta característica, e para essas doses, as mudas de fedegoso, para alcançarem um bom padrão de qualidade, devam permanecer por um maior tempo no viveiro, gerando mudas maiores e com maior capacidade de sobrevivência e estabelecimento no campo.

Índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD)

O IQD é uma fórmula balanceada onde estão incluídos as relações das características morfológicas (GOMES, 2001), e que foi desenvolvido estudando o comportamento de mudas de *Picea glauca* e *Pinus monficola* por Dickson *et al.* (1960). Segundo Gomes (2001), quanto maior o valor deste quociente, melhor o padrão de qualidade das mudas.

A aplicação de tratamentos com doses crescentes de macronutrientes não resultou em resposta significativa para o índice IQD, em nenhum dos macronutrientes (Tabela 4). Essas respostas são semelhantes às encontradas por Bernardino *et al.* (2007) em mudas de *Dalbergia nigra* submetidas à elevação do nível de saturação por bases. Em contrapartida, Marques *et al.* (2006a, b e 2009) observaram efeito significativo da aplicação de N sobre o referido quociente em mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Dalbergia nigra* e *Piptadenia gonoacantha*, respectivamente.

CONCLUSÕES

A aplicação de fertilizantes à base de macronutrientes, comparados com a não adição de nutrientes, levou a ganhos significativos no crescimento e qualidade das mudas de fedegoso.

Houve efeito da aplicação de doses crescentes de K, P e S. Assim, com base nos resultados obtidos pode-se recomendar aplicação de 160

mg dm⁻³ de K, 400 mg dm⁻³ de P e 50 mg dm⁻³ de S, utilizando Latossolo Vermelho-Amarelo álico como substrato, com características químicas semelhantes às deste estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos e pela bolsa de produtividade em pesquisa, e ao Projeto PRODETAB 130-02/01, pelo financiamento do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V.H. Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois Latossolos de Minas Gerais. 1974. 125p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1974.

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. Influência da saturação por bases e da relação Ca:Mg do substrato sobre o crescimento inicial de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.). *Revista Árvore*, Viçosa, v.31, n.4, p.567-573, 2007.

BRISSETTE, J.C. Summary of discussions about seedling quality. In SOUTHERN NURSERY CONFERENCES, 1984, Alexandria. *Proceedings...* New Orleans: USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station, 1984. p.127-128.

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

CARNEIRO, J.G.A. Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam os parâmetros morfofisiológicos que indicam a sua qualidade. *Série Técnica FUPEF*, Curitiba, n.12, p.1-40, 1983.

CARNIEL, T.; LIMA, H.N.; VALE, F.R.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N. Resposta à adubação no campo de cinco espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. *Resumos...* Goiânia: SBCS, 1993. p.211-212.

CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; XAVIER, D.F. Comportamento de cinco leguminosas arbóreas exóticas em pastagem formada em Latossolo Vermelho-amarelo de baixa fertilidade. *Revista Árvore*, Viçosa, v.23, n.2, p.187-192, 1999.

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

CECONI, D.E.; POLLETO, I.; LOVATO, T.; MUNIZ, M.F.B. Exigência nutricional de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) à adubação fosfatada. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.17, n.1, p.25-32, 2007.

CHAVES, L.L.B.; CARNEIRO, J.G.A.; BARROSO, D.G. Crescimento de mudas de *Andenathera macrocarpa* (Benth) *Brenan* (angico-vermelho) em substrato fertilizado e inoculado com rizóbio. *Revista Árvore*, Viçosa, v.30, n.6, p.911-919, 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, 2004.

CRUZ, C.A.F.; PAIVA, H.N.; GUERRERO, C.R.A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-casas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke) *Revista Árvore*, Viçosa, v.30, n.4, p.537-546, 2006.

DIAS, L.E.; ALVAREZ V, V.H.; BRIENZA JUNIOR, S. Formação de mudas de *Acacia mangium* Willd: 2. Resposta a nitrogênio e potássio. *Revista Árvore*, Viçosa, v.15, n.1, p.11-22, 1991.

DIAS, L.E.; JUCKSCH, I.; ALVAREZ V, V.H.; BARROS, N.F.; BRIENZA JUNIOR, S. Formação de mudas de táxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): II. Resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. *Revista Árvore*, Viçosa, v.16, n.2, p.135-143, 1992.

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

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

- DUBOC, E.; VENTURIN, N.; VALE, F.R. do; DAVIDE, A.C. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo copaíba). *Revista Cerne*, Lavras, v.2, n.2, p.1-12, 1996b.
- FARIA, J.M.R. **Comportamento de espécies florestais em diferentes sítios e adubações de plantio**. 1996. 108p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.
- FERNANDES, A.R.; CARVALHO, J.G. Crescimento de pupunheira (*Bactris gasipaes* H. B. K.) em função de relações de K com o Ca e o Na, em solução nutritiva. *Cerne*, Lavras, v.7, n.1, p.84-89, 2001.
- FERNANDES, A.R.; CARVALHO, J.G.; PAIVA, H.N.; MIRANDA, J.R.P. Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas de freijó (*Cordia goeldiana* Huber.). *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, n.37, p.123-131, 2002.
- FERNANDES, A.R.; PAIVA, H.N.; CARVALHO, J.G.; MIRANDA, J.R.P. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) em função de doses de fósforo e zinco. *Revista Árvore*, Viçosa, v.31, n.4, p.599-608, 2007.
- 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, 2000.
- FERNÁNDEZ, J.Q.P.; RUIVO, M.L.P.; DIAS, L.E.; COSTA, J.P.V.; DIAZ, R.R. Crescimento de mudas de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de calagem e doses de fósforo, potássio e enxofre. *Revista Árvore*, Viçosa, v.20, n.4, p.425-431, 1996.
- GOMES, J.M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 2001. 126p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- GOMES, J.M.; COUTO, L.; BORGES, R.C.G.; FREITAS, S.C. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de ipê (*Tabebuia serratifolia*) de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e de angico vermelho (*Piptadenia peregrina*). *Revista Árvore*, Viçosa, v.14, n.1, p.26-34, 1990.
- GOMES, K.C.O.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; SILVA, S.R. Crescimento de mudas de garapa em reposta à calagem e ao fósforo. *Revista Árvore*, Viçosa, v.32, n.3, p.387-394, 2008.
- 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, J.L.M.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Níveis críticos de fósforo no solo e na parte aérea de eucalipto na presença e ausência da calagem. *Revista Árvore*, Viçosa, v.10, n.1, p.91-104, 1986.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 352p.
- MARQUES, L.S.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; SOUZA, P.H. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J. F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. *Revista Árvore*, Viçosa, v.33, n.1, p.81-91, 2009.
- MARQUES, V.B.; PAIVA, H.N.; GOMES, J.M.; NEVES, J.C.L. Efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). *Scientia Forestalis*, n.71, p.77-85, 2006a.
- MARQUES, V.B.; PAIVA, H.N.; GOMES, J.M.; NEVES, J.C.L.; BERNARDINO, D.C.S. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.). *Revista Árvore*, Viçosa, v.30, n.5, p.725-735, 2006b.
- MENDONÇA, A.V.R.; NOGUEIRA, F.D.; VENTURIN, N. SOUZA, J.S. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (Aroeira do Sertão). *Revista Cerne*, Lavras, v.5, n.2, p.65-75, 1999.
- NEVES, J.C.L. **Aspectos nutricionais em mudas de *Eucalyptus* spp – Tolerância ao alumínio e níveis críticos de fósforo no solo**. 1983. 83p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1983.
- NICOLOSO, F.T.; FOGAÇA, M.A.F.; ZANCHETTI, F.; MISSIO, E. Nutrição mineral de mudas de

- grápia (*Apuleia leiocarpa*) em Argissolo Vermelho Distrófico Arênico: (1) Efeito da adubação NPK no crescimento. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v.31, n.6, p.1-8, 2001.
- PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. **Viveiros florestais**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2000. 69p. (Cadernos didáticos; 72).
- PARON, M.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N. Fundo micorrízico, fósforo e nitrogênio no crescimento inicial da trema do fedegoso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, p.567-574, 1997.
- PEREIRA, E.G.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S.; PURCINO, A.A.C. Efeitos da micorriza e do suprimento de fósforo na atividade enzimática e na resposta de espécies arbóreas ao nitrogênio. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Campinas, v.8, n.1, p.59-65, 1996a.
- PEREIRA, E.G.; SIQUEIRA, J.O.; VALE, F.R.; MOREIRA, F.M.S. Influência do nitrogênio mineral no crescimento e colonização micorrízica de mudas de árvores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.31, n.9, p.653-662, 1996b.
- REIS, M.G.F.; REIS, G.G.; LELES, P.S.S.; NEVES, J.C.L.; GARCIA, N.C.P. Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (Jacarandá-da-Bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. *Revista Árvore*, Viçosa, v.21, n.4, p.463-471, 1997.
- REIS, M.G.F.; REIS, G.G.; REGAZZI, A.J.; LELES, P.S.S. Crescimento e forma de fuste de mudas de jacarandá da bahia (*Dalbergia nigra* Fr. Allem) sob diferentes níveis de sombreamento e tempo de cobertura. *Revista Árvore*, Viçosa, v.15, n.1, p.23-34, 1991.
- RENÓ, N.B.; VALE, F.R.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O. Requerimentos nutricionais de quatro espécies florestais nativas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993, p.209-210.
- RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; MUNIZ, J.A.; CURI, N.; FAQUIN, V. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.11, p.2071-2081, 1999.
- SILVA, I.R. FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; VALE, F.R. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, n.2, p.205-212, 1997.
- SOUZA, C.A.M.; OLIVEIRA, R.B.; MARTINS FILHO, S.; 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. Crescimento e qualidade de mudas de *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. em reposta à calagem. *Revista Árvore*, Viçosa, v.34, n.2, p.233-240, 2010.
- 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.
- TURRENT, F.A. **Uso de una matriz mixta para la optimización de cinco a ocho factores controlables de la producción**. Chapingo-México: Rama de Suelos, Colégio de Postgraduados, 1979. 65p. (Boletim técnico, 6).
- VENTURIN, N.; DUBOC, E.; VALE, F.R.; DAVIDE, A.C. Adubação mineral do Angico-Amarelo (*Peltophorum dubium* (SPRENG.) TAUB.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.3, p.441-448, 1999.

Recebido em 31/07/2009

Aceito para publicação em 02/02/2011

