

NUTRIÇÃO DE MUDAS DE *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. SOB DIFERENTES DOSES DE N, P, K, Ca E Mg

SEEDLING NUTRITION OF *Mimosa Caesalpiniaefolia* Benth. UNDER DIFFERENT DOSES OF N, P, K, Ca AND Mg

Elzimar de Oliveira Gonçalves¹ Haroldo Nogueira de Paiva² Júlio César de Lima Neves³
José Mauro Gomes⁴

RESUMO

Neste trabalho, objetivou-se verificar o teor e o conteúdo de N, P, K, Ca e Mg, em razão da aplicação de crescentes doses de fertilizantes e determinar o nível crítico desses nutrientes no solo e na planta, em mudas de *sansão-do-campo* (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) produzidas em três classes de solo (Argissolo Vermelho-Amarelo mesotrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo álico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico). As mudas foram plantadas em vasos com capacidade de 2,1 dm³. O experimento foi conduzido no período de dezembro de 2004 a abril de 2005, em Viçosa, MG. Os tratamentos foram delimitados segundo uma matriz baconiana, onde variou os macronutrientes em três doses diferentes e dois tratamentos adicionais (zero e base), com quatro repetições. As mudas de *sansão-do-campo*, em geral, apresentaram maior conteúdo dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg à medida que a disponibilidade destes aumentava no solo. Tal fato refletiu em maiores teores dos nutrientes em todas as partes da planta. Entretanto, em alguns casos, não houve resposta em crescimento correspondente a esse aumento. Em termos de nível crítico, os valores que proporcionaram melhor crescimento da planta foram: N (16 a 17,3 g kg⁻¹ na parte aérea), P (77 a 110 mg dm⁻³ no solo e 1 a 1,5 g kg⁻¹ na parte aérea), K (51 a 86,5 mg dm⁻³ no solo e 5,7 a 7,1 g kg⁻¹ na parte aérea), Ca (0,8 a 2,2 cmol_c dm⁻³ no solo e 10 a 14,4 g kg⁻¹ na parte aérea) e Mg (0,2 a 0,25 cmol_c dm⁻³ no solo 1,3 a 2,4 g kg⁻¹ na parte aérea). Contudo, para o K e o Ca, sugerem-se estudos com doses dentro dessa faixa de valores encontrados, para melhor definição do nível crítico. Dentre os solos estudados, os Latossolos se mostraram mais exigentes de adição de nutrientes, sobretudo para N e P, para uma adequada produção de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*.

Palavras-chave: nível crítico; produção de mudas; macronutriente; *sansão-do-campo*.

ABSTRACT

This work aimed to verify the concentration and accumulation of N, P, K, Ca and Mg, due to the application of increasing doses of fertilizers and to determine the critical level of these nutrients in the soil and in the plant, in seedlings of 'sansão-do-campo' (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) produced in three types of soil (mesotrophic Ultisol, allic Oxisol and dystrophic Oxisol). The seedlings were planted in pots with a capacity of 2.1 dm³. The experiment was conducted from December 2004 to April 2005, in Viçosa, in Minas Gerais state. The treatments were defined according to a Baconian matrix, where the macronutrients varied in three different doses and two additional treatments (zero and base), with four replications. The seedlings of 'sansão-do-campo' had generally a higher content of N, P, K, Ca and Mg as their availability in the soil increased. This fact was reflected in a higher content of nutrients in all parts of the plant. However, in some cases, there

1. Engenheira Florestal, Dra., Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, Caixa postal 16, CEP 29500-000, Alegre (ES). elzimarog@yahoo.com.br
2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, s/n, CEP 36571-000, Viçosa (MG). hnpaiva@ufv.br
3. Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, s/n, CEP 36571-000, Viçosa (MG). julio_n2003@yahoo.com.br
4. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, s/n, CEP 36571-000, Viçosa (MG). jmgomes@ufv.br

Recebido para publicação em 13/11/2009 e aceito em 5/04/2012

was no evidence of any correspondent increase for this increase. In terms of critical level, the values that provided better growth of the plant were: N (16 to 17.3 g kg⁻¹ in the shoot), P (77 to 110 mg dm⁻³ in the soil and 1 to 1.5 g kg⁻¹ in the shoot), K (51 to 86.5 mg dm⁻³ in the soil and from 5.7 to 7.1 g kg⁻¹ in the shoot), Ca (0.8 to 2.2 cmol_c dm⁻³ in the soil and from 10 to 14.4 g kg⁻¹ in the shoot) and Mg (0.2 to 0.25 cmol_c dm⁻³ soil from 1.3 to 2.4 g kg⁻¹ in the shoot). However, for K and Ca, studies with doses are suggested within this range of values found for better definition of the critical level. Among the soils that were studied, the Oxisol showed to be more demanding of adding nutrients, especially N and P, for an adequate production of *Mimosa caesalpiniaefolia* seedlings.

Keywords: critical level; production of seedlings; macronutrients; sansão-do-campo.

INTRODUÇÃO

O conhecimento das necessidades nutricionais para produção de mudas e o estabelecimento destas no local definitivo são fundamentais para o sucesso de qualquer programa de plantio de espécies florestais.

Há muitas pesquisas, e muito conhecimento já consolidado, sobre a nutrição de plantas de espécies florestais dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que são muito atrativas, devido a características como rápido crescimento e madeira com potencialidade de uso para diversos fins.

Todavia, a utilização de espécies florestais nativas, seja para produção de madeira 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. Portanto, para que haja sucesso na implantação dos povoamentos com espécies nativas é de fundamental importância utilizar mudas com qualidade (CALDEIRA et al., 2008), ou seja, plantas que apresentem certas características, como uma parte aérea e sistema radicular bem formado e um bom estado nutricional (FONSECA, 2005), que possam oferecer resistência às condições adversas que poderão ocorrer posteriormente, mesmo tendo sido o plantio efetuado em período de condições favoráveis (CARNEIRO, 1995).

Dentre as espécies de interesse cita-se o sansão-do-campo, também conhecida como sabiá, pertencente da família Mimosaceae. A mesma possui altura máxima variando de 5 a 8 m e tronco com 20 a 30 cm de diâmetro quando adulta, sendo de ampla ocorrência nas regiões Nordeste e Sudeste. Espécie decídua, heliófita, pioneira, seletiva xerófila, característica da caatinga. Ocorre preferencialmente em solos profundos, tanto em formações primárias como secundárias. É de rápido crescimento,

sendo ideal para reflorestamentos mistos destinados à recomposição de áreas. Suas flores são melíferas. Sua madeira é apropriada para usos externos, como moirões, estacas, postes etc., e para lenha e carvão. A folhagem constitui valiosa forragem para o gado durante longa estiagem. Sua árvore possui ainda características ornamentais, principalmente pela forma entouceirada com que geralmente se apresenta, podendo ser empregada no paisagismo em geral e como cerca viva (LORENZI, 2000).

Em face dessas características apresentadas e da tolerância da espécie para cultivo em áreas degradadas, tornam-se relevantes trabalhos que elucidem melhor seu desenvolvimento tanto em nível de produção de mudas como seu comportamento no campo. Visto que o Brasil possui grandes áreas com essas características, sobretudo quando se trata de pastagens.

Sabendo-se que mudas de qualidade são um dos principais fatores de sucesso no plantio de árvores no campo, é importante utilizar técnicas adequadas na sua produção, com o uso de substratos, recipientes, irrigação e fertilização adequada (CALDEIRA et al., 2000; 2007). A fertilização é de extrema importância, por garantir o fornecimento de nutrientes que são essenciais às plantas, por fazerem parte de compostos orgânicos ou enzimas necessárias ao metabolismo delas. Partindo dessa premissa, Marques et al. (2006) estudaram o desenvolvimento dessa espécie sob doses e fontes diferenciadas de N e concluíram que a espécie respondeu à adubação nitrogenada, sendo o sulfato de amônio a fonte de N mais efetiva, com dose recomendada de 176 mg dm⁻³ para um Argissolo Vermelho-Amarelo. Resende et al. (1999) verificaram que a espécie é altamente responsiva à aplicação de P, sendo a dose de 378 mg dm⁻³ a que garantiu maior valor de massa seca total, tendo como base um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico.

Entretanto, estudos mais completos envolvendo a influência dos macronutrientes no cresci-

mento e desenvolvimento das plantas é necessário, para que a produção de mudas com qualidade e o sucesso de sua implantação no campo sejam efetivos.

Com base nesses argumentos, os objetivos deste trabalho foram verificar o teor e o conteúdo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas raízes e na parte aérea, em razão da aplicação de crescentes doses de fertilizantes contendo os macronutrientes e determinar o nível crítico dos macronutrientes no solo e na planta, que garanta o melhor crescimento e desenvolvimento desta.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no viveiro de pesquisas florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, no período de dezembro de 2004 a abril de 2005, com temperatura média diária de 21,11 °C, média das máximas de 26,52 °C e média das mínimas de 17,68 °C. As médias diárias de precipitação e umidade relativa do ar foram de 7,5 mm e 76,66 %, respectivamente.

Utilizou-se como substrato na produção das mudas, amostras de três classes de solos, Argissolo Vermelho-Amarelo mesotrófico (PVAm), Latossolo Vermelho-Amarelo álico (LVAa) e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd), predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais, segundo Resende et al. (2002). Estas foram retiradas cerca de 0,30 m abaixo da camada superficial, nas quais se determinou as características físicas e químicas (Tabela 1).

Os tratamentos foram definidos segundo

uma matriz baconiana (TURRENT, 1979), onde se avaliou cinco nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) em três diferentes doses, e ainda, dois tratamentos adicionais, sendo um com doses de referência, e outro sem adição de nutrientes, totalizando 17 tratamentos (Tabela 2), que foram dispostos em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Dessa forma, obtiveram-se, ao final, 68 unidades amostrais para cada classe de solo.

As amostras dos solos foram secas ao ar e passadas em peneiras de malha de 5 mm. Em seguida, porções de 2,1 dm³ de cada solo foram colocadas em sacos de polietileno de capacidade aproximada de 5 kg. Posteriormente, os sais fornecedores de Ca e Mg (CaCO₃ e MgCO₃) em forma de pó, foram adicionados nas quantidades definidas nos tratamentos (Tabela 2) e homogeneizados. Adicionou-se água até a capacidade de campo e esse teor de umidade foi mantido por 20 dias com monitoramento diário por pesagens do solo mais água. Logo após esse período, a irrigação foi suspensa até os 30 dias, para que o solo secasse, possibilitando a adição dos demais nutrientes.

Prepararam-se soluções aquosas com os demais nutrientes que foram adicionadas ao solo seco, com auxílio de pipetas graduadas de mL. O N, o K e o S foram parcelados em quatro vezes (0, 30, 60, 90 dias) após a semeadura. Os sais usados para formulação das soluções foram: NH₂PO₄.H₂O, NH₄NO₃, (NH₄)₂SO₄, K₂SO₄, e KCl. Adicionou-se também, antes da semeadura, uma solução de micronutrientes, nas seguintes doses: B = 0,81 mg dm⁻³ (H₃BO₃), Cu = 1,33 mg dm⁻³ (CuSO₄.5H₂O), Mo = 0,15 mg dm⁻³ [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O], Mn = 3,66 mg dm⁻³ (MnCl₂.H₂O) e Zn = 4,0 mg dm⁻³ (ZnSO₄.7H₂O) (ALVAREZ V., 1974).

TABELA 1: Análise química e física do solo utilizado na produção das mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. antes da aplicação dos tratamentos.

TABLE 1: Chemical and physical analysis of the soil used in the production of *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. seedlings before the application of the treatments.

Tipo de Solo	Classe textural	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(T)	V	m
		(H ₂ O)	(mg dm ⁻³)				(cmol _c dm ⁻³)				(%)	
Argissolo Vermelho-Amarelo mesotrófico (PVAm)	Franco-argilosa	6,00	2,10	14	1,60	0,10	0,00	3,63	1,74	5,37	32	0
Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVAa)	Argilosa	4,80	1,40	32	0,20	0,00	0,80	3,96	0,28	4,24	7	74
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd)	Muito argilosa	5,20	0,80	49	0,30	0,00	0,00	1,82	0,43	2,25	19	0

Em que: pH em água, relação 1:2,5; P e K - extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - extrator: KCl 1 mol/L; H + Al - extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0.

TABELA 2: Descrição dos tratamentos, obtidos pela matriz baconiana, com doses de macronutrientes a serem aplicadas nos três substratos utilizados na produção das mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*.

TABLE 2: Description of treatments, obtained by a Baconian matrix, with doses of nutrients to be applied in the three substrates used in the production of seedlings of *Mimosa caesalpiniaefolia*.

Tratamento	Nutrientes					
	N (mg dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Ca (cmol _c dm ⁻³)	Mg (cmol _c dm ⁻³)	S (mg dm ⁻³)
1	100	300	100	1	0,4	40
2	0	0	0	0	0	0
3	50	300	100	1	0,4	40
4	150	300	100	1	0,4	40
5	200	300	100	1	0,4	40
6	100	150	100	1	1	40
7	100	450	100	1	1	40
8	100	600	100	1	1	40
9	100	300	50	1	1	40
10	100	300	150	1	1	40
11	100	300	200	1	1	40
12	100	300	100	0,8	1	40
13	100	300	100	1,2	1	40
14	100	300	100	1,4	1	40
15	100	300	100	1	0,2	40
16	100	300	100	1	0,6	40
17	100	300	100	1	0,8	40

Após a adubação e devida homogeneização, os solos foram acondicionados em vasos de polipropileno rígido, com dimensões aproximadas de 19 cm de altura, 14 cm para o diâmetro maior e 11 cm para o diâmetro menor, e capacidade de 2,1 dm³. O qual, juntamente com uma muda, consistiu na parcela experimental.

As sementes de sansão-do-campo foram adquiridas do setor de sementes do IPEF/ESALQ. Para quebra de dormência, fez-se um tratamento com agitação delas em ácido sulfúrico PA, durante um minuto, sendo em seguida lavadas em água destilada. Antes do plantio, fez-se inoculação com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium*, fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia/EMBRAPA, Seropédica (RJ).

Cada vaso plástico recebeu 10 sementes, efetuando-se o primeiro desbaste aos 15 dias após a emergência, deixando-se duas plantas por vaso. Após 30 dias da semeadura, um segundo desbaste foi realizado, deixando-se apenas uma planta por vaso.

Durante o período experimental, a umidade do solo foi mantida próxima de 60 % da capacidade de campo (CC). Para cálculo da CC foram utilizados os valores da densidade de partículas e

da densidade dos solos em questão. A partir delas, estimou-se o volume total de poros presente nesses solos e, posteriormente, calculou-se a adição da quantidade de água, para ocupar 60 % dos poros que foram estimados, tendo como base o peso seco do solo utilizado. Para manutenção da CC ao longo do experimento, procedeu-se um monitoramento diário por pesagem, tendo como base a massa de solo e água.

Medições de altura e diâmetro do coleto das mudas foram realizadas 120 dias após a semeadura. Em seguida as plantas foram colhidas e subdivididas em raízes e parte aérea, lavadas em água destilada e postas a secar em estufa a 45 °C com circulação forçada de ar até peso constante. Depois de secas, foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g para determinação da massa seca parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR).

Para avaliar os teores de nutrientes, o material obtido (raiz e parte aérea) foi moído em moinho tipo Willey, com peneira de 2 mm de abertura de malha. Em seguida esse material foi acondicionado em sacos de papel e em embalagens plásticas e de papelão, e enviados para o laboratório de análises de alimento da Embrapa Gado de Leite, situado em Juiz de Fora, MG, para serem analisado quimica-

mente, para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg, segundo métodos descritos por EMBRAPA (1997). O conteúdo foi calculado multiplicando-se a massa seca (raiz ou parte aérea), pelo teor encontrado nas respectivas partes.

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de contrastes, análises de variância e regressão utilizando-se o programa SAEG (Sistema de Análises Estatística e Genética) (EUCLYDES, 1997).

Para obtenção das equações, utilizaram-se quatro pontos, sendo três referentes às doses testadas para cada nutriente e um referente ao tratamento adicional de referência que foi utilizado para todos os nutrientes.

As curvas de respostas à adição de doses de cada nutriente resultaram de modelos de regressão (linear, quadrático e de raiz quadrada) nos quais os coeficientes foram testados com base nos valores do quadrado médio do resíduo da ANOVA conjunta, sendo analisada a 1 %, 5 % e 10 % de probabilidade. Adicionalmente, observou-se o R^2 , a significância dos betas da equação e o significado biológico dos modelos.

A partir das equações, no caso de modelos quadráticos e de raiz quadrada, foram determinadas as doses recomendadas de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, para obtenção de 90 % dos valores máximos estimados para as diversas características estudadas.

Os níveis críticos foram estimados tendo como base a massa seca total (MST). Essa característica foi escolhida por representar bem o crescimento das mudas como um todo.

No solo, o nível crítico para o K, o Ca e o Mg foi estimado por:

$$NC = X \text{ existente originalmente} + (X \text{ adicionado} * 0,75) = X \text{ no solo, em mg dm}^{-3}$$

Em que:

X adicionado = valores de K, Ca ou Mg, definidos como a dose recomendada calculada para produzir 90 % do peso da matéria seca total. No caso em que não houve efeito sobre a MST, ou seja, seu valor foi a média, utilizou-se a menor dose testada. O coeficiente de 0,75, utilizado na fórmula, refere-se à porcentagem recuperável do nutriente em questão após ser aplicado, considerando os diversos métodos de extração deles.

X existente originalmente = valores existentes inicialmente no solo, segundo a análise deste.

Para o P, ajustou-se uma equação a partir dos valores dos teores extraídos (Mehlich 1) desse nutriente no solo após a aplicação do mesmo, utilizando três valores, referentes às doses aplicadas (150, 450 e 600 mg dm⁻³).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito do nitrogênio

Em geral, as médias dos valores de teor e conteúdo nas raízes e parte aérea das plantas aumentaram em razão do aumento das doses de N aplicadas nos três solos estudados (Tabela 3). Da mesma forma que, na ausência dos nutrientes, nem foi possível obter material para análise nutricional, o que evidencia a necessidade de se fazer fertilizações adequadas às mudas, para garantir seu crescimento.

Contudo, embora os valores tenham aumentado, em razão de doses crescentes de N, o teor deste nutriente presente nos tecidos das mudas de sansão-do-campo nos três solos estudados não apresentou efeitos significativos (Tabela 4).

Em relação aos conteúdos, os maiores valores foram observados nas mudas cultivadas no LVAA, sendo o efeito de ordem linear, tanto na parte aérea quanto nas raízes. No solo LVAd, os conteúdos observados na parte aérea das mudas também seguiram tendência de aumento linear em razão do aumento de doses adicionadas ao substrato, enquanto nas raízes o efeito foi de ordem raiz quadrada. Já as mudas cultivadas no PVAm não tiveram seus conteúdos influenciados significativamente.

Os conteúdos observados seguiram uma relação proporcional à quantidade de biomassa produzida pelas plantas. Isso quer dizer que, quanto mais se produziu em termos de matéria seca, maiores conteúdos foram encontrados, sendo os valores mais expressivos na parte aérea.

Uma vez que o nitrogênio é o nutriente mais abundante nas plantas apresentando-se, de maneira geral, em teores que variam de 20 a 50 g kg⁻¹ da matéria seca (MARSCHNER, 1995), os valores encontrados nesse trabalho se encontram um pouco abaixo, variando entre 12 e 19 g kg⁻¹, aproximadamente, tanto na raiz quanto na parte aérea.

No entanto, resultados abaixo dessa faixa tida como ideal também já foram observados por outros autores, como os encontrados por Malavolta (1987) para o gênero *Eucalyptus* spp., que variou de 14 a 16 g kg⁻¹; Venturin et al. (1999), para *Peltophorum dubium*, constataram teor de nitrogênio na matéria seca da parte aérea de 16,2 g kg⁻¹;

TABELA 3: Valores médios dos teores na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR) em mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, aos 120 dias após a semeadura em razão da aplicação de diferentes doses de N, P, K, Ca e Mg.

TABLE 3: Average values of the levels in the shoot (TPA), content in the shoot (CPA), level in the root (TR) and content in the root (CR) in seedlings of *Mimosa caesalpiniaefolia* at 120 days after sowing due to the application of different doses of N, P, K, Ca and Mg.

Solo	N (mg dm ⁻³)	TPA (g kg ⁻¹)	CPA (mg planta ⁻¹)	TR (g kg ⁻¹)	CR (mg planta ⁻¹)
	0	-	-	-	-
LVAd	50	15,90	76,09	15,23	71,89
	100	18,55	100,01	11,48	70,28
	150	14,90	117,72	13,73	93,46
	200	16,85	179,20	15,38	142,69
	0	-	-	-	-
PVAm	50	17,75	161,78	15,05	83,48
	100	12,68	115,85	12,68	76,98
	150	15,60	163,31	14,95	69,15
	200	12,63	155,29	17,07	89,70
	0	-	-	-	-
LVAA	50	16,10	151,72	12,23	87,27
	100	16,25	204,26	11,98	103,76
	150	14,55	152,90	12,28	103,63
	200	16,98	335,98	13,10	126,97
Solo	P (mg dm ⁻³)	TPA (g kg ⁻¹)	CPA (mg planta ⁻¹)	TR (g kg ⁻¹)	CR (mg planta ⁻¹)
	0	-	-	-	-
LVAd	150	1,30	4,94	2,05	6,46
	300	0,83	4,57	2,10	12,58
	450	1,03	10,86	2,18	16,15
	600	1,23	13,78	2,30	17,39
	0	-	-	-	-
PVAm	150	1,60	10,24	1,93	6,86
	300	1,53	14,87	1,95	10,47
	450	1,38	15,30	2,60	12,46
	600	1,80	11,78	2,93	9,98
	0	-	-	-	-
LVAA	150	1,23	12,73	1,30	11,33
	300	1,48	17,50	1,03	8,78
	450	1,43	25,04	1,08	11,12
	600	1,43	23,34	1,28	11,26
Solo	K (mg dm ⁻³)	TPA (g kg ⁻¹)	CPA (mg planta ⁻¹)	TR (g kg ⁻¹)	CR (mg planta ⁻¹)
	0	-	-	-	-
LVAd	50	7,13	57,27	7,60	42,50
	100	7,80	42,79	9,43	56,66
	150	7,85	49,61	8,00	46,62
	200	8,95	64,40	7,63	46,97
	0	-	-	-	-
PVAm	50	5,78	56,33	7,60	42,60
	100	7,38	69,55	8,95	47,22
	150	8,13	97,58	9,03	55,56
	200	8,85	108,78	15,35	102,08
	0	-	-	-	-
LVAA	50	5,75	71,79	10,18	91,53
	100	7,15	88,04	16,03	138,05
	150	8,28	121,56	16,83	174,50
	200	7,40	99,29	18,28	150,72

Continua ...

TABELA 3: Continuação ...

TABLE 3: Continued ...

Solo	Ca (cmol _c dm ⁻³)	TPA (g kg ⁻¹)	CPA (mg planta ⁻¹)	TR (g kg ⁻¹)	CR (mg planta ⁻¹)
	0	-	-	-	-
LVAd	0,8	14,75	107,20	2,60	17,96
	1	12,77	70,78	2,65	15,54
	1,2	14,23	106,54	2,55	16,17
	1,4	15,80	115,36	2,98	19,95
	0	-	-	-	-
PVAm	0,8	10,15	105,42	3,00	13,51
	1	12,58	119,01	3,20	18,47
	1,2	10,33	111,94	2,60	12,09
	1,4	11,68	103,57	2,70	15,79
	0	-	-	-	-
LVAA	0,8	9,88	136,72	3,03	29,30
	1	9,40	108,97	3,53	30,85
	1,2	8,63	113,19	3,25	23,52
	1,4	11,95	182,44	3,40	29,80
Solo	Mg (cmol _c dm ⁻³)	TPA (g kg ⁻¹)	CPA (mg planta ⁻¹)	TR (g kg ⁻¹)	CR (mg planta ⁻¹)
	0	-	-	-	-
LVAd	0,2	1,73	14,87	0,93	6,72
	0,4	1,63	9,01	1,05	6,47
	0,6	2,00	12,06	1,20	8,97
	0,8	2,10	11,29	0,85	4,37
	0	-	-	-	-
PVAm	0,2	1,38	17,75	1,25	8,57
	0,4	1,95	18,27	0,95	5,03
	0,6	1,60	15,54	1,55	6,94
	0,8	1,70	15,62	1,58	7,32
	0	-	-	-	-
LVAA	0,2	1,20	16,29	1,33	13,39
	0,4	1,30	15,11	1,63	14,48
	0,6	1,45	23,35	2,13	17,02
	0,8	1,30	20,65	2,25	21,18

Duboc et al. (1996), em mudas de *Hymenaea courbaril* encontraram valores de 15,2 g kg⁻¹ do nutriente na matéria seca da parte aérea; e Marques et al. (2004), em mudas de *Schizolobium amazonicum*, verificaram teores de nitrogênio nas folhas de 24,80 g kg⁻¹ no tratamento completo.

Em relação aos níveis críticos observados, os valores variaram de 16 a 17,3 g kg⁻¹, sendo o maior valor requerido quando o solo utilizado foi o PVAm (Tabela 5).

Comparando os valores do sansão-do-campo, verifica-se comportamento semelhante com outra espécie perene, como o *Eucalyptus sp.*, cujos níveis críticos nos tecidos das plantas variaram de 14 a 16 g kg⁻¹ (MARTINEZ et al., 1999). Gonçalves et al. (2008), para *Anadenanthera macrocarpa*, observaram valores de 14,4 a 26,8 g kg⁻¹, sendo a maior exigência no solo LVAd – contrário ao sansão-do-campo, em que o maior nível crítico foi encontrado para o cultivo no PVAm.

Efeito do fósforo

As médias dos valores de teor e conteúdo aumentaram à medida que houve acréscimo das doses de P, exceto na dose de 450 mg dm⁻³ na parte aérea das mudas cultivadas no PVAm (Tabela 3).

A aplicação de P influenciou positivamente os teores observados nos tecidos da parte aérea das mudas de sansão-do-campo, nas plantas cultivadas no LVAd e PVAm. Contudo, no LVAA não se observaram efeitos (Tabela 4).

As médias dos teores na parte aérea de mudas cultivadas no PVAm foram maiores, variando de 1,3 a 1,8 g kg⁻¹, e no LVAd, de 0,8 a 1,30 g kg⁻¹. Já no LVAA, foi de 1,2 a 1,5 g kg⁻¹.

Na parte aérea, o efeito foi de raiz quadrada, com um ponto de mínimo aproximadamente na dose de 300 mg dm⁻³, quando então aumentou em razão do aumento das doses aplicadas nas mudas cultivadas no LVAd. Comportamento similar ocorreu no PVAm, porém, o modelo que melhor se ajustou

tou foi o quadrático. Entretanto para ambos os casos, a dose que proporcionou maior teor foi a maior dose aplicada.

Na raiz, só foi observado efeito (linear) nas mudas cultivadas no PVAm, com aumento dos teores em razão do aumento de doses aplicadas. No LVAA e no LVAd não se observaram efeitos significativos.

Quanto aos conteúdos observados na parte aérea, efeitos de ordem linear foram notados nas plantas cultivadas no LVAA, e de raiz quadrada no

LVAd, sendo os maiores valores de conteúdos alcançados nas maiores doses. Já no PVAm, o valor médio foi de 13,05 mg planta⁻¹.

Nas raízes, não houve diferenças significativas nos valores dos conteúdos observados quando as plantas foram cultivadas no LVAA e no PVAm; os valores, nos dois casos, foram bem próximos de 10,62 e 9,94 mg planta⁻¹. Entretanto, quando se avaliou o conteúdo no LVAd, observou-se efeito linear positivo e maior acúmulo de P nos tecidos das plantas, em comparação aos outros solos.

TABELA 4: Resumo das estimativas geradas do efeito das doses aplicadas de N, P, K, Ca, Mg sobre o seu teor e conteúdo na parte aérea e na raiz de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, aos 120 dias após a semeadura em três classes de solo.

TABLE 4: Summary of the estimates generated from the effect of applied doses of N, P, K, Ca, Mg on its content and substance in shoots and roots of *Mimosa caesalpiniaefolia* seedlings at 120 days after sowing in three classes of soil.

	Característica	Solo	Equação	R ²	Dose Recomendada (mg dm ⁻³)	
N	Teor PA (g kg ⁻¹)	LVAd	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,55$	-	50	
		PVAm	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,66$	-	50	
		LVAA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,97$	-	50	
	Conteúdo PA (mg planta ⁻¹)	LVAd	$\hat{Y} = 36,48879^* + 0,654131^{***}X$		0,92	200
		PVAm	$\hat{Y} = \bar{Y} = 149,06$		-	50
		LVAA	$\hat{Y} = 85,8641^* + 1,00282^{***}X$		0,56	200
	Teor R (g kg ⁻¹)	LVAd	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,95$		-	50
		PVAm	$\hat{Y} = 35,5871^{***} - 4,54659^{***}X^{0,5} + 0,229982^{***}X$		0,62	200
		LVAA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,39$		-	50
	Conteúdo R (mg planta ⁻¹)	LVAd	$\hat{Y} = 99,2387^{**} - 0,799843^{ns}X + 0,00508390^*X^2$		0,64	200
		PVAm	$\hat{Y} = \bar{Y} = 79,82$		-	50
		LVAA	$\hat{Y} = 75,6588^{***} + 0,237985^*X$		0,89	200
P	Teor PA (g kg ⁻¹)	LVAd	$\hat{Y} = 4,45909^{***} - 0,387393^{***}X^{0,5} + 0,0104723^{***}X$		0,43	600
		PVAm	$\hat{Y} = 2,08750^{***} - 0,00386667^{ns}X + 0,000006^*X^2$		0,77	600
		LVAA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,39$		-	150
	Conteúdo PA (mg planta ⁻¹)	LVAd	$\hat{Y} = 18,9627^{ns} - 2,15078^{ns}X^{0,5} + 0,0801398^{**}X$		0,77	600
		PVAm	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,05$		-	150
		LVAA	$\hat{Y} = 9,81075^{**} + 0,026238^{**}X$		0,81	600
	Teor R (g kg ⁻¹)	LVAd	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,16$		-	150
		PVAm	$\hat{Y} = 1,44167^{***} + 0,0024333^{***}X$		0,91	600
		LVAA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,17$		-	150
	Conteúdo R (mg planta ⁻¹)	LVAd	$\hat{Y} = 4,05713^{ns} + 0,0242428^{***}X$		0,92	600
		PVAm	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,94$		-	150
		LVAA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10,62$		-	150

Continua ...

TABELA 4: Continuação ...

TABLE 4: Continued ...

	Característica	Solo	Equação	R ²	Dose Recomendada (mg dm ⁻³)
K	Teor PA (g kg ⁻¹)	LVA _d	$\hat{Y} = 6,550*** + 0,01105**X$	0,89	200,00
		PVAm	$\hat{Y} = 5,0375*** + 0,01995***X$	0,96	200,00
		LVA _a	$\hat{Y} = 2,78125** + 0,0690251***X - 0,0002275** X^2$	0,95	92,52
	Conteúdo PA (mg planta ⁻¹)	LVA _d	$\hat{Y} = 189,129** - 28,533**X^{0,5} + 1,39524**X$	0,28	200,00
		PVAm	$\hat{Y} = 36,7129** + 0,370768***X$	0,97	200,00
		LVA _a	$\hat{Y} = 66,1632*** + 0,232036*X$	0,51	200,00
	Teor R (g kg ⁻¹)	LVA _d	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,16$	-	50,00
		PVAm	$\hat{Y} = 4,4** + 0,04665***X$	0,75	200,00
		LVA _a	$\hat{Y} = 9,05*** + 0,0502***X$	0,83	200,00
	Conteúdo R (mg planta ⁻¹)	LVA _d	$\hat{Y} = \bar{Y} = 48,19$	-	50,00
		PVAm	$\hat{Y} = 67,5355* - 0,673791nsX + 0,00418938**X^2$	0,97	200,00
		LVA _a	$\hat{Y} = 85,1938*** + 0,428029**X$	0,63	200,00
	Característica	Solo	Equação	R ²	Dose Recomendada (cmol _c dm ⁻³)
Ca	Teor PA (g kg ⁻¹)	LVA _d	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,39$	-	0,80
		PVAm	$\hat{Y} = \bar{Y} = 11,18$	-	0,80
		LVA _a	$\hat{Y} = 34,5156 - 49,5262*X + 23,7505*X^2$	0,84	1,88
	Conteúdo PA (mg planta ⁻¹)	LVA _d	$\hat{Y} = 1447,79** - 2685,25**X^{0,5} + 1321,47**X$	0,33	1,40
		PVAm	$\hat{Y} = \bar{Y} = 109,99$	-	0,80
		LVA _a	$\hat{Y} = 760,831^{ns} - 1263,09*X + 606,271*X^2$	0,98	1,40
	Teor R (g kg ⁻¹)	LVA _d	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,69$	-	0,80
		PVAm	$\hat{Y} = 3,7* - 0,75*X$	0,49	0,80
		LVA _a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,3$	-	0,80
	Conteúdo R (mg planta ⁻¹)	LVA _d	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,41$	-	0,80
		PVAm	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,96$	-	0,80
		LVA _a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 28,37$	-	1,20
	Característica	Solo	Equação	R ²	Dose Recomendada (cmol _c dm ⁻³)
Mg	Teor PA (g kg ⁻¹)	LVA _d	$\hat{Y} = 1,5*** + 0,733333**X$	0,74	0,80
		PVAm	$\hat{Y} = -1,16490^{ns} + 8,42716**X^{0,5} - 5,93953**X$	0,34	0,50
		LVA _a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,31$	-	0,20
	Conteúdo PA (mg planta ⁻¹)	LVA _d	$\hat{Y} = 41,6718** - 88,3677*X^{0,5} + 61,7184*X$	0,30	0,20
		PVAm	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,80$	-	0,20
		LVA _a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 18,85$	-	0,80
	Teor R (g kg ⁻¹)	LVA _d	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,01$	-	0,20
		PVAm	$\hat{Y} = 0,9375*** + 0,7875**X$	0,48	0,80
		LVA _a	$\hat{Y} = 1,0125*** + 1,6375***X$	0,96	0,80
	Conteúdo R (mg planta ⁻¹)	LVA _d	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,64$	-	0,20
		PVAm	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,96$	-	0,20
		LVA _a	$\hat{Y} = 10,0431*** + 12,9468***X$	0,93	0,80

Em que: *** = Significativo a 1 % de probabilidade; ** = Significativo a 5 % de probabilidade; * = Significativo a 10 % de probabilidade; ns = não significativo.

TABELA 5: Estimativas e valores de dose recomendada do efeito das doses aplicadas de N, P, K, Ca, Mg para obtenção de 90 % da produtividade máxima de matéria seca total das plantas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, em função das diferentes doses dos macronutrientes aplicadas em três classes de solos diferentes.

TABLE 5: Estimates and values of recommended dose of N, P, K, Ca, and Mg in order to obtain 90 % of the maximum productivity of total dry matter of *Mimosa caesalpiniaefolia* plants, due to different doses of macronutrients applied in three different soil classes.

Nutriente	Solo	Equação	R ²	Dose recomendável	Nível crítico	
					no solo	na parte aérea (g kg ⁻¹)
N (mg dm ⁻³)	LVA _d	$\hat{Y} = 5,38^{***} + 0,069^{***}X$	0,74	200,00	-	16,60
	PVA _m	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,64$	-	50,00	-	17,30
	LVA _a	$\hat{Y} = 12,353^{***} + 0,0745^{***}X$	0,96	200,00	-	16,00
P (mg dm ⁻³)	LVA _d	$\hat{Y} = -1,325^{ns} + 0,058^{***}X - 0,00004^{***}X^2$	0,97	503,07	77,10	1,00
	PVA _m	$\hat{Y} = -0,9588^{ns} + 0,0905^{**}X - 0,0001^{**}X^2$	0,99	312,97	79,30	1,50
	LVA _a	$\hat{Y} = 16,995^{***} + 0,0167^{**}X$	0,65	600,00	110,20	1,40
K (mg dm ⁻³)	LVA _d	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,68$	-	50,00	86,50	7,10
	PVA _m	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,22$	-	50,00	51,50	6,00
	LVA _a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 22,32$	-	50,00	69,50	5,70
Ca (cmol _c dm ⁻³)	LVA _d	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,35$	-	0,80	0,90	14,40
	PVA _m	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,11$	-	0,80	2,20	11,10
	LVA _a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 22,15$	-	0,80	0,80	10,10
Mg (cmol _c dm ⁻³)	LVA _d	$\hat{Y} = 9,5625^{***} + 1,3044^{**}X^{-1}$	0,34	0,20	0,30	1,60
	PVA _m	$\hat{Y} = 20,33^{***} - 9,1612^{*}X$	0,83	0,20	0,20	2,40
	LVA _a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 23,77$	-	0,20	0,20	1,30

Em que: *** = Significativo a 1 % de probabilidade; ** = Significativo a 5 % de probabilidade; * = Significativo a 10 % de probabilidade; ^{ns} = não significativo.

Os valores de níveis críticos no solo e na planta de *sansão-do-campo* variaram entre 77 e 110 mg dm⁻³, conforme mostrado na Tabela 5. Tais valores encontrados são bem maiores que os dos de Gomes et al. (2004) para *Anadenanthera Colubrina*, em que o nível crítico de P no solo variou de 12,87 a 13,88 mg dm⁻³. Outros valores observados para espécies florestais são: eucalipto (60 mg dm⁻³) (GOMES et al., 1982), *Prosopis Juliflora* (37,9 mg dm⁻³) (PASSOS, 1994) e, para outras leguminosas, como *Sclerobium paniculatum* (26,1 mg dm⁻³), *Mimosa tenuiflora* (49,5 mg dm⁻³) e *Apuleia leiocarpa* (16 mg dm⁻³) (DIAS et al., 1991; FERNÁNDEZ et al., 1996; MISSIO et al., 2004); em todos os casos, foi utilizado o extrator Mehlich 1 para extração do P.

Observa-se que as doses recomendadas variaram de 312,97 a 600 mg de P dm⁻³. Para *Anadenanthera colubrina*, Gomes (2004) encontrou valores variando de 127 mg dm⁻³ a 191 mg dm⁻³. Balieiro et al. (2001) para *Acacia holocercea* ve-

rificaram valores variando de 98 a 209 mg dm⁻³ e Fernández et al. (1996) para *Mimosa tenuiflora*, encontraram o valor de 224 mg dm⁻³. Portanto, os dados encontrados para essa espécie sugerem que ela é exigente quanto à adubação fosfatada.

Na planta, os níveis críticos variaram de 1 a 1,5 g kg⁻¹, que são muito parecidos com os encontrados por Gomes et al. (2004) para *Anadenanthera colubrina*, cujos valores foram de 1,2 a 1,4 g kg⁻¹, e também com os obtidos para *Mimosa tenuiflora* (1 g kg⁻¹) (FERNÁNDEZ et al., 1996).

Efeito do potássio

Para os teores e conteúdos, foram observadas variações nos valores (Tabela 3), o que, em alguns casos, refletiram em diferenças significativas (Tabela 4).

A aplicação de crescentes doses de K refletiu, de maneira geral, em aumento nos teores desse nutriente nos tecidos das plantas, à exceção dos

teores na raiz das plantas cultivadas no LVAd, cuja média foi de 8,16 g kg⁻¹ (Tabela 4).

Os maiores teores de K observados na parte aérea se encontram no LVAd, substrato em que as plantas apresentaram menor crescimento, com efeito linear. Esse mesmo efeito foi percebido com o aumento de doses aplicadas no PVAm. Já para as plantas cultivadas no LVAA, o efeito da aplicação de crescentes doses de K foi de ordem quadrática.

Na raiz, houve aumento dos teores de K, de ordem linear, quando as plantas foram cultivadas no LVAA e PVAm, já no LVAd não houve resposta significativa.

Com relação ao conteúdo, os maiores valores foram observados na parte aérea das plantas cultivadas no LVAA, seguido do PVAm, ambos com efeito linear. Já no solo LVAd, o efeito foi de raiz quadrada, porém, o comportamento da curva indica um ponto de mínimo, na dose de 100 mg dm⁻³.

Na raiz aconteceu o mesmo comportamento anterior, porém, no PVAm o efeito foi de ordem raiz quadrada, mas com tendência de aumento dos conteúdos em razão do aumento das doses. No LVAd, os conteúdos observados não sofreram influência do aumento das doses, sendo a média de 48,19 mg planta⁻¹.

Os teores encontrados neste estudo estão abaixo da faixa de 20 a 50 g kg⁻¹ na matéria seca, que, segundo Marschner (1995), é o requerimento de K para um ótimo crescimento das plantas, e esses teores variam de acordo com a espécie e o órgão analisado. Portanto, é possível inferir que a espécie possui baixo requerimento para o K.

Se forem comparados aos níveis citados por Taiz e Zeiger (2004) e Epstein e Bloom (2006), cujo nível adequado de K nos tecidos requeridos pelas plantas é em torno de 10 g kg⁻¹, os dados deste trabalho estão compatíveis. Além disso, outros autores também encontraram resultados abaixo de 20 g kg⁻¹, como Duboc et al. (1996) em plantas de *Hymenaea courbaril* e *Copaifera langsdorffii*, que apresentaram teores do nutriente na matéria seca de parte aérea de 7,7 e 10,5 g kg⁻¹, respectivamente. Maffei et al. (2000), em mudas de *Eucalyptus citriodora*, encontraram teores de 13 g kg⁻¹, e Venturin et al. (1999), em mudas de *Peltophorum dubium*, de 5,5 g kg⁻¹ na matéria seca da raiz.

Os valores de níveis críticos de K no solo variaram de 51 a 86 mg dm⁻³ (Tabela 5). Tais valores são bem maiores do que os verificados por Fernández et al. (1996), cujo valor foi de 16,6 mg dm⁻³ para espécie *Mimosa tenuiflora*; da

mesma forma, Dias et al. (1991), para mudas de taxi-branco, encontraram valores de 27,4 mg dm⁻³.

Em relação ao nível crítico na planta, que variaram de e 5,7 a 7,1 g kg⁻¹, os valores encontrados são menores do que os de Fernández et al. (1996) para *Mimosa tenuiflora*, que foi de 11 g kg⁻¹, e também em relação aos obtidos para eucalipto (10 a 12 g kg⁻¹) por Martinez et al. (1999).

Efeito do Cálcio

O não suprimento de Ca implicou em pouco crescimento das plantas, em comparação com os tratamentos em que ele foi adicionado. Entretanto, as médias observadas com a aplicação não variaram muito entre si, dentro das diversas características estudadas (Tabela 3).

A adição de crescentes doses de cálcio nos substratos implicou efeitos significativos nos teores dos tecidos da parte aérea das plantas cultivadas no solo LVAA, com efeito quadrático. Nas raízes, observou-se efeito linear negativo no PVAm. Em relação aos conteúdos do nutriente, foram observados efeitos apenas na parte aérea: no LVAd o efeito foi de raiz quadrada, e no LVAA, quadrático (Tabela 4).

Os maiores teores foram encontrados na parte aérea dos tecidos das plantas cultivadas no LVAd, que mostraram menor crescimento, e o acréscimo das doses não implicou em aumentos significativos, sendo a média de 14,39 g kg⁻¹; em seguida, o maior teor médio foi observado no PVAm: 11,18 g kg⁻¹. No LVAA, o efeito observado foi quadrático, porém, com tendência de aumento de teores em razão do aumento de doses.

Em relação aos teores encontrados nas raízes, que foram menores em comparação aos da parte aérea, efeitos significativos só foram observados nas plantas cultivadas no PVAm, sendo linear e negativo.

O conteúdo da parte aérea foi o mais influenciado, surtindo efeitos nas plantas cultivadas no LVAA (raiz quadrada) e LVAd (quadrático), sendo o primeiro o que apresentou os maiores valores. Contudo, a curva gerada pelo modelo ajustado indica um ponto de mínimo, mas sugere uma tendência de aumento dos conteúdos nas maiores doses aplicadas.

No conteúdo da raiz, não ocorreu influência da aplicação de doses crescentes de Ca, sendo as médias observadas de 17,41 mg planta⁻¹ no LVAd, 14,96 mg planta⁻¹ no PVAm e 28,37 mg planta⁻¹ no LVAA.

A aplicação de Ca foi mais significativa no aumento dos teores na parte aérea, sendo os maiores valores encontrados nas plantas cultivadas no LVAd, que mostraram o menor crescimento; logo, o nutriente concentrou mais. Para conteúdo o resultado foi inverso, sendo o maior acúmulo encontrado no LVAA, onde ocorreu maior crescimento das plantas.

Os teores de Ca nas plantas, que garante seu pleno desenvolvimento, variam de 1 a 50 g kg⁻¹, dependendo da espécie, segundo Marschner (1995); já Taiz e Zeiger (2004) e Epstein e Bloom (2006) limitam mais essa faixa e apontam 5 g kg⁻¹ como o teor ideal. Pela análise da Tabela 4, observa-se que os teores de Ca nas plantas variaram de 8 a 15 g kg⁻¹ na parte aérea e de 2,6 a 3,4 g kg⁻¹ na raiz, estando, portanto, de acordo com os dos autores supracitados.

Outros autores também chegaram a concentrações parecidas estudando outras espécies, entre eles, Marques et al. (2004), em mudas de *Schizolobium amazonicum* cultivadas em solução nutritiva, encontraram valores de teores foliares de Ca de 39,77 g kg⁻¹, bem maiores que o deste estudo.

O nível crítico no solo variou de 0,8 a 2,2 cmol_c dm⁻³ enquanto na planta ele variou de 10 a 14,4 g kg⁻¹ (Tabela 5).

Os valores do solo foram bem altos, sobretudo para o solo PVAm. Em termos comparativos, Dias et al. (1991), em mudas de *Sclerolobium paniculatum*, encontraram valores de 0,37 cmol_c dm⁻³. Já na planta, o nível crítico de Ca requerido pelo sansão-do-campo é parecido com o de outra espécie bem rústica, como o eucalipto, cujos valores variaram de 8 a 12 g kg⁻¹ (MARTINEZ et al., 1999).

Efeito do magnésio

Os valores médios observados para as diversas características avaliadas do sansão-do-campo em razão da aplicação de Mg são apresentados na Tabela 3.

Os teores e conteúdos foram, de maneira geral, afetados pelo aumento de doses de Mg, ou seja, a planta absorveu o Mg, mas a quantidade aumentada desse elemento em seus tecidos não resultou em crescimento significativo (Tabela 4).

Na parte aérea foram observados os maiores valores nas plantas cultivadas no LVAd, cujo aumento das doses favoreceu um aumento de ordem linear positivo nos teores. Em seguida, no PVAm, o efeito observado foi de raiz quadrada, com ponto de máximo teor em 1,84 g kg⁻¹, alcançado na dose de, aproximadamente, 0,5 cmol_c dm⁻³. No LVAA, onde

se observaram os menores teores, a média foi de 1,31 g kg⁻¹.

Os efeitos nos conteúdos na parte aérea só foram significativos no LVAd (raiz quadrada), no entanto, o modelo ajustado indicou um ponto de mínimo próximo à dose de 0,4 cmol_c dm⁻³. Em relação às plantas cultivadas no LVAA, a aplicação de doses crescentes de Mg não surtiu efeito, sendo a média de 18,85 mg planta⁻¹, e, no PVAm, de 16,80 mg planta⁻¹.

Nas raízes, o efeito observado nas plantas cultivadas no LVAA foi linear positivo, sendo o maior conteúdo encontrado na maior dose. Nos demais solos, que não tiveram efeito significativo, as médias foram muito próximas: 6,64 e 6,96 mg planta⁻¹ no LVAd e PVAm, respectivamente.

Os teores de Mg nos tecidos das plantas nos três solos estudados variaram de 1,2 a 2,1 g kg⁻¹ na parte aérea e de 0,93 a 2,25 g kg⁻¹ nas raízes, apresentando-se, dessa forma, bem parecidos em termos de partição.

Os teores ideais de Mg para o pleno desenvolvimento das plantas estão, em geral, na faixa de 2 a 4 g kg⁻¹, segundo Marschner (1995), Taiz e Zeiger (2004) e Epstein e Bloom (2006); portanto, os valores observados se encontram na faixa adequada.

Os valores encontrados neste trabalho são menores do que os observados no *Schizolobium amazonicum*, estudado por Marques et al. (2004), cujo valor foi de 3,9 g kg⁻¹. Da mesma forma, em *Eucalyptus citriodora*, Maffei et al. (2000) obtiveram teores foliares de Mg de 2,58 g kg⁻¹. Já Mendonça et al. (1999), em mudas de *Myracrodruon urundeuva*, encontraram valores de 6,2 g kg⁻¹,

No solo, o nível crítico de Mg para melhor crescimento do sansão-do-campo foi de aproximadamente 0,2 cmol_c dm⁻³, para os três solos. Na planta, a variação foi de 1,3 a 2,4 g.g kg⁻¹ (Tabela 5).

Comparando com outra espécie perene, verificou-se que os valores estimados são inferiores aos considerados adequados para o eucalipto, segundo Martinez et al. (1999), que é de 4 a 5 g kg⁻¹.

CONCLUSÕES

As mudas de sansão-do-campo, em geral, absorveram maior quantidade dos macronutrientes N, P, K, Ca, e Mg à medida que a disponibilidade destes aumentava no solo. Essa maior absorção se refletiu em maior concentração dos nutrientes aplicados em todas as partes da planta. Entretanto, em alguns casos, não houve resposta em crescimento correspondente a esse aumento.

Em termos de nível crítico, os valores que proporcionaram maior matéria seca total da planta foram: N (16 a 17,3 mg dm⁻³ no solo), P (77 a 110 mg dm⁻³ no solo e 1 a 1,5 g kg⁻¹ na parte aérea), K (51 a 86,5 mg dm⁻³ no solo e 5,7 a 7,1 g kg⁻¹ na parte aérea), Ca (0,8 a 2,2 cmol_c dm⁻³ no solo e 10 a 14,4 g kg⁻¹ na parte aérea) e Mg (0,2 a 0,25 cmol_c dm⁻³ no solo 1,3 a 2,4 g kg⁻¹ na parte aérea). Contudo, para o K e o Ca sugerem-se estudos com doses dentro dessa faixa de valores encontrados, para melhor definição do nível crítico.

Dentre os solos estudados, os Latossolos se mostraram mais exigentes de adição de nutrientes, sobretudo para N e P, para adequada produção de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ V., V. H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois Latossolos de Minas Gerais**. 1974. 125 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 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, MG, v. 25, n. 2, p. 183-191, 2001.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.1, p.27-33, 2008.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Influência do resíduo da indústria do algodão na formulação de substrato para produção de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Archontophoenix alexandrae* Wendl. et Drude e *Archontophoenix cunninghamiana* Wendl. et Drude. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Irati, v. 3, n. 3, p.311-323, Set./Dez. 2007.
- CALDEIRA, M. V.W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia forestalis**, n. 57, p. 161-170, jun. 2000.
- CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.
- DIAS, L. E. et al. Formação de mudas de táxi-branco (*Sclerobium paniculatum* Voguel) I. Resposta a calcário e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 69-76, 1991.
- DUBOC, E. et al. Nutrição do jatobá (*Hymenaea coubaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang). **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 31-47, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1997. 212 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Trad. Maria Edina Tenório Nunes. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.
- EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG** (Sistema para análises estatísticas e genéticas). Viçosa, MG: UFV, 1997. 59 p.
- FERNANDES, L. A. et al. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, 2000.
- FONSECA, F. A. **Produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. E *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula, em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas**. 2005. 74 f.. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ.
- GOMES, J. M. et al. Métodos de aplicação de adubo em diferentes solos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 52-63, 1982.
- GOMES, K.C.O. et al. Influência da saturação por bases e do P no crescimento de angico-branco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 785-792, 2004.
- GONÇALVES, E.O. et al.. 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.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2000. v. 1. 352 p.
- MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes

- e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 87-98, 2000.
- MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Editora Ceres, 1987. 495 p.
- MARQUES, T. C. L. L. S. M. et al. Exigências nutricionais do paricá (*Schizolobium amazonicum*, Herb.) na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 167-183, 2004.
- MARQUES, V. B. et al. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 71, p. 77-85, 2006.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª aproximação)**. Viçosa, MG, CFSEMG, 1999. p. 143-168.
- MENDONÇA, A. V. R. et al. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (aroeira do sertão). **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 65-75, 1999.
- MISSIO, E. L. et al. Exigências nutricionais da grápia ao fósforo e enxofre em Argissolo Vermelho distrófico arênico: efeito da adubação no crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000400013&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 28 Abr 2007. Pré-publicação.
- 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, 1994.
- RESENDE, A. V. et al. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 11, p. 2071-2081, 1999.
- RESENDE, M. et al. **Pedologia: base para distinções de ambientes**. 4.ed. Viçosa: Neput, 2002. 338 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. Eliane Romanato Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- 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. 65 p. (Boletim técnico, 6)
- VENTURIN, N. et al. Adubação mineral do angico amarelo, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 441-448, 1999.