

Enxofre no crescimento e qualidade de mudas de cedro australiano

Sulfur effects on the development and quality of Australian cedar seedlings

Marilena de Melo BRAGA^{1;2}; Antonio Eduardo FURTINI NETO³; Anna Hoffmann OLIVEIRA⁴; Raquel Oliveira BATISTA⁵

¹ Parte da dissertação do primeiro autor apresentada à Universidade Federal de Lavras (UFLA), como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

² Engenheira Agrônoma, Mestre em Ciência do Solo. Departamento de Ciência do Solo/DCS da Universidade Federal de Lavras/UFLA, Cx. P.: 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG, marilenabraga@hotmail.com

³ Autor para correspondência. Engenheiro Agrônomo, Professor Dr., Universidade Federal de Lavras/UFLA, afurtini@dcs.ufla.br

⁴ Engenheira Florestal, Doutora em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras/UFLA, anna.ufla@gmail.com

⁵ Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras/UFLA, batista.raqueloliveira@gmail.com

Recebido em: 07-03-2012; Aceito em: 05-09-2013

Resumo

Neste estudo, objetivou-se avaliar o efeito de doses de enxofre no crescimento inicial e na qualidade das mudas de cedro australiano, além de estimar o nível crítico de enxofre na parte aérea das plantas. As parcelas experimentais foram constituídas de vasos com capacidade de 3,5 dm³ com Latossolo Vermelho distroférrico típico, e quatro mudas, sob condições de casa de vegetação. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com dez repetições e cinco doses de enxofre (0; 15; 30; 60 e 120 mg dm⁻³). Aos 120 dias após o transplante, determinaram-se a altura, o diâmetro do coleto, a matéria seca das raízes, parte aérea e total. Avaliaram-se, ainda, as relações altura/diâmetro do coleto, altura/matéria seca da parte aérea, matéria seca da parte aérea/matéria seca das raízes, índice de qualidade de Dickson e o nível crítico de enxofre na parte aérea das mudas. As características das mudas de cedro australiano foram influenciadas pela aplicação de enxofre.

Palavras-chave adicionais: adubação de espécies florestais; índice de qualidade de Dickson; nível crítico de enxofre.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects of doses of sulfur on the initial growth and quality of cedar seedlings and also to estimate the critical level of that element in the plant aerial part. The experimental plots were formed by 3.5 dm³ vases filled with typical red dystrophic latosol where four seedlings developed under greenhouse conditions. The treatments in the greenhouse were distributed according to a randomized complete block design with ten repetitions and five doses of S (0, 15, 30, 60, and 120 mg dm⁻³). 120 days after transplantation, plant height, stem diameter, root, aerial part and total dry matter, aerial part dry matter/root dry matter, the Dickson quality index, and sulfur critical MSR (B) were influenced by sulfur.

Additional keywords: Dickson's quality index; forest species fertilization; sulphur critical level.

Introdução

Os programas de implantação, revitalização e formação de florestas de alta produção somente obterão êxito quando os métodos e sistemas empregados pelos viveiristas priorizarem a qualidade das mudas a serem plantadas (GOMES et al., 1991). Estas deverão apresentar resistência às condições adversas que podem ocorrer após o plantio.

Vários fatores afetam a qualidade das mudas, como a qualidade das sementes, tipo de recipiente, substrato e adubação. O bom entendimento da nutrição mineral das mudas e o uso de substratos de cultivo apropriados são fatores essenciais para uma adequada

recomendação de adubação (GONÇALVES et al., 2000).

O aspecto nutricional na produção de mudas deve ser considerado criteriosamente para que o crescimento das mudas não seja prejudicado pelo desequilíbrio nutricional (GONÇALVES et al., 2000). De modo geral, os estudos sobre o efeito da adubação de enxofre (S) em espécies florestais são relativamente escassos. Dessa forma, há necessidade de realizar ensaios para melhorar a definição dos níveis críticos e das respostas das plantas à adubação sulfatada.

O S é constituinte de diversas moléculas orgânicas, como os aminoácidos, cisteína, cistina e metionina, que compõem a maioria das proteínas e as vitaminas biotina e tiamina, e a

coenzima A (LARBIER & LECLERCQ, 1992). Sua deficiência causa clorose das folhas novas e inibe a síntese de proteínas, decréscimo nos conteúdos de clorofila e ribulose-1,5 bisfosfatocarboxilase/oxigenase (RuBisCo), redução da fotossíntese e do crescimento das plantas (RESURRECCION et al., 2001).

O cedroaustraliano (*Toonaciliata*M. Roem var.*australis*), espécie pertencente à família Meliaceae, é originário das regiões tropicais da Austrália e desenvolve-se em sua região de origem, preferencialmente em Neossolosflúvicos, profundos e eutróficos, próximos de rios e nas áreas inferiores das encostas, com boa drenagem (PINHEIRO et al., 2003). Apresenta crescimento rápido e pode atingir, sob condições ambientais adequadas, oito metros de altura e quinze centímetros de diâmetro, com três anos de idade (PINHEIRO et al., 1994). A espécie tem potencial no segmento de madeira serrada, na indústria de laminados, compensados e móveis, para produção de caixas de charutos, instrumentos musicais e outras finalidades especiais (LAMPRECHT, 1990).

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes doses de enxofre sobre o crescimento e a qualidade de mudas de cedroaustraliano e estimar o nível crítico de S na parte aérea das plantas.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo, da Universidade Federal de Lavras-UFLA, localizada no município de Lavras, com coordenadas 21°13'35"S, 44°58'43"W e 918 m de altitude, no período de junho a novembro de 2009.

Foram avaliados cinco tratamentos, representados por cinco doses de S (0; 15; 30; 60 e 120 mg dm⁻³ CaSO₄.2H₂O). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com dez repetições. Cada parcela experimental foi constituída por um vaso de polietileno rígido, com o substrato, e quatro plantas.

Como substrato, utilizou-se solo da camada 0-20 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf), textura muito argilosa (Tabela 1). Após a secagem ao ar, o material foi passado em peneira com malha de 4 mm de diâmetro e separado em porções de 3,5 dm³, destinadas ao preenchimento dos vasos. Posteriormente, o solo foi corrigido com calcário comercial contendo 12% de MgO e 50% de CaO (PRNT 95%), para atingir 50% da saturação por bases. Após a aplicação do corretivo, seguiu-se um período de incubação de 30 dias, com a umidade mantida

próxima a 70% da capacidade de retenção de água no solo.

Tabela 1 É Atributos do solo antes da aplicação dos tratamentos. *Soil attributes before treatments application.*

pH (H ₂ O)	5,0
M.O. (dag kg ⁻¹)	1,1
P (mg dm ⁻³)	0,4
K ⁺ (mg dm ⁻³)	6,0
S-SO ₄ ⁻² (mg dm ⁻³)	6,2
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,3
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,1
H ⁺ +Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	4,5
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,6
t (cmol _c dm ⁻³)	0,6
T (cmol _c dm ⁻³)	5,1
V (%)	11,8
P . rem (mg L ⁻¹)	7,5
Areia (g kg ⁻¹)	210
Silte (g kg ⁻¹)	160
Argila (g kg ⁻¹)	630

pH em H₂O . Relação 1: 2,5

Mat. Org. (MO) . Oxidação Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10N

P e K⁺ - Extrator Mehlich-1

S-SO₄⁻² . Extrator: Fosfato monocálcico em ácido acético

Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ . Extrator: KCl 1 mol L⁻¹

H⁺ + Al³⁺ . Extrator: SMP

SB = Soma de Bases Trocáveis

CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica efetiva

CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

V (%) = Índice de saturação por bases

P-rem = Fósforo Remanescente

Após a correção, o solo recebeu os tratamentos, em conjunto com a adubação básica, em solução nutritiva, nas seguintes doses: 80 mg dm⁻³ de N; 300 mg dm⁻³ de P e 100 mg dm⁻³ de K, utilizando-se como fontes KNO₃, NH₄NO₃ e H₃PO₄ e micronutrientes B=0,5 mg dm⁻³ (H₃BO₃), Cu=1,5 mg dm⁻³ (CuCl₂.2H₂O) e Zn=5,0 mg dm⁻³ (ZnSO₄.7H₂O) (MALAVOLTA 1981). Após a aplicação dos tratamentos e da adubação, retirou-se uma amostra de cada parcela experimental para nova análise química (Tabela 2).

Realizou-se uma adubação de cobertura aos 75 dias após o transplante das mudas, nas doses de 80 mg dm⁻³ de N e 80 mg dm⁻³ de K (KNO₃ e NH₄NO₃).

Durante todo o período experimental, procurou-se manter o solo a aproximadamente 70% da capacidade máxima de retenção de água do solo, por irrigações diárias com água deionizada, cuja quantidade foi determinada com base na evapotranspiração das parcelas experimentais.

Tabela 2 É Atributos do solo após a aplicação dos tratamentos. *Soil attributes after treatments application.*

Características	Tratamentos (mg dm ⁻³)				
	0	15	30	60	120
pH (H ₂ O)	5,5	5,9	5,9	5,7	5,4
M.O. (dag kg ⁻¹)	1,1	1,3	1,2	1,4	1,3
P (mg dm ⁻³)	7,5	9,2	8,9	7,5	7,5
K ⁺ (mg dm ⁻³)	101,0	94,0	83,0	76,0	70,0
S-SO ₄ ⁻² (mg dm ⁻³)	6,2	24,8	41,4	56,0	123,9
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,0	1,1	1,0	1,0	1,5
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H ⁺ +Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	3,2	3,2	3,2	3,2	3,6
SB (cmol _c dm ⁻³)	1,8	1,9	1,7	1,7	2,3
t (cmol _c dm ⁻³)	1,8	1,9	1,7	1,7	2,3
T (cmol _c dm ⁻³)	5,0	5,2	4,9	4,9	5,9
V (%)	35,2	37,5	34,6	34,4	38,7
Zn ²⁺ (mg dm ⁻³)	3,2	3,0	3,0	3,2	2,9
Fe ²⁺ (mg dm ⁻³)	31,1	32,1	34,4	30,8	32,2
Mn ²⁺ (mg dm ⁻³)	1,8	1,7	2,1	2,0	1,9
Cu ²⁺ (mg dm ⁻³)	1,5	1,3	1,3	1,2	1,2
B (mg dm ⁻³)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
P . rem (mg L ⁻¹)	7,5	7,7	7,2	6,8	7,7

pH em H₂O . Relação 1: 2,5
 Mat. Org. (MO) . Oxidação Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10N
 P, K⁺, Fe²⁺, Zn²⁺, Mn²⁺ e Cu²⁺ - Extrator Mehlich-1
 S-SO₄⁻² . Extrator: Fosfato monocálcico em ácido acético
 Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ . Extrator: KCl 1 mol L⁻¹
 H⁺ + Al³⁺ . Extrator: SMP

SB = Soma de Bases Trocáveis
 CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica efetiva
 CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0
 V (%) = Índice de saturação por bases
 B . Extrator água quente
 P-rem = Fósforo Remanescente

As mudas de cedro australiano utilizadas neste estudo foram provenientes do Viveiro Bela Vista Florestal, situado no município de Campo Belo, no sul de Minas Gerais. Aos 120 dias após o transplante, foram determinados: a altura (H), com uma régua de precisão de 0,1 cm, e o diâmetro do coleto (DC), com um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. As plantas foram divididas em parte aérea e raízes, lavadas em água destilada e acondicionadas em sacos de papel para secagem em estufa de circulação de ar forçada, a 65 °C, até obtenção de massa constante. Após a secagem, o material foi mensurado em balança analítica com precisão de 0,01 g, para a determinação das seguintes características: matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca das raízes (MSR), e a matéria seca total (MST), pela soma dos dois índices.

Na determinação da qualidade das mudas, foram avaliadas as relações entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/DC), a altura da parte aérea e a massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA), matéria seca da parte aérea e a matéria seca das raízes

(MSPA/MSR), e o índice de qualidade de Dickson (IQD), de acordo com a fórmula descrita por DICKSON et al. (1960):

$$IQD = \frac{MST}{(H/DC + MSPA/MSR)} \quad (1)$$

em que, IQD é o índice de qualidade de Dickson; MST é a matéria seca total; H é a altura; DC é o diâmetro do coleto; MSPA é a matéria seca da parte aérea, e MSR é a matéria seca da raiz.

Foram efetuadas análises químicas para a determinação do teor total de enxofre na parte aérea das mudas (SILVA, 2009). A fim de estimar o nível crítico (NC) de S na parte aérea das mudas, substituiu-se a dose de S estimada para a obtenção de 90% da produção máxima relativa, nas equações de regressão que relacionaram as doses de S aplicadas, com os teores encontrados na matéria seca da parte aérea e no solo.

Os resultados obtidos foram interpretados por meio de análises de variância e

regressão. Foram ajustadas equações de regressão, com base no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se do programa de análise estatística Sisvar (FERREIRA, 2011). Para o cálculo das doses críticas, utilizaram-se as equações geradas na análise estatística, a fim de obter doses correspondentes a 90% do ponto de máxima das variáveis estudadas.

Resultados e discussão

As mudas de cedro australiano mostraram resposta significativa para a altura das plantas, diâmetro do coleto, produção de matéria seca da parte aérea, raiz e total à aplicação de doses de enxofre (Tabela 3 e Figura 1). Isso indica que essa espécie é exigente em S para um bom desenvolvimento, mesmo com o teor original de S ($6,2 \text{ mg dm}^{-3}$) no solo tendo sido classificado como adequado (ALVAREZ V. et al., 1999). As respostas obtidas certamente estão também associadas ao baixo teor de matéria orgânica do solo (Tabela 1), também classificado como baixo por ALVAREZ V. et al. (1999), uma vez que quantidades significativas do enxofre absorvido pelas plantas se deve à mineralização da matéria orgânica do solo (RAIJ, 2011), proveniente de formas orgânicas do nutriente.

A importância da adubação sulfatada para o crescimento em altura da parte aérea de plantas foi ressaltada por MAFFEIS et al. (2000). Os autores observaram que a omissão de S comprometeu o crescimento em altura de mudas de *Eucalyptus citriodora*, quando comparadas às mudas produzidas em solução completa. Neste

trabalho, as mudas de cedro australiano mostraram resposta quadrática à aplicação de doses de S, até um ponto de máximo crescimento em altura (26,7cm), obtido com a dose estimada de $72,1 \text{ mg dm}^{-3}$ (Figura 2a), com dose crítica estimada em $28,4 \text{ mg dm}^{-3}$. Quantidades de S maiores que esta dose estimada prejudicaram o desenvolvimento em altura das plantas de cedro australiano. A altura da parte aérea é uma importante variável para estimar o crescimento no campo, sua medição é simples, não é um método destrutivo e é tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas (MEXAL & LANDS, 1990).

Em relação ao crescimento em diâmetro do coleto, observou-se, pela ocasião da aplicação dos tratamentos, uma resposta quadrática (Figura 2b) com o maior diâmetro de 7,0 cm para a dose estimada de $64,8 \text{ mg dm}^{-3}$ e também uma dose crítica estimada em $11,7 \text{ mg dm}^{-3}$. Mudas com maiores diâmetros apresentam melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea (CARNEIRO, 1995), devido a um maior equilíbrio na distribuição da biomassa.

A produção de matéria seca tem sido considerada o melhor parâmetro para se determinar a qualidade de mudas, pois a mesma está diretamente relacionada ao vigor e à capacidade fotossintética das plantas (GOMES, 2001). Entretanto, apresenta o inconveniente de não ser viável sua quantificação, pois se trata de um método destrutivo das mudas (AZEVEDO, 2003). A matéria seca da parte aérea indica a rusticidade e correlaciona-se diretamente com a sobrevivência e o desempenho inicial das mudas após o plantio em campo (GOMES & PAIVA, 2004).

Tabela 3 É Resumo da análise de variância para altura, diâmetro do coleto (DC), produção de matéria seca da parte aérea (PMSPA), das raízes (PMSR) e total (PMST) das mudas de cedro australiano em função de doses de enxofre, aos 120 dias após o transplante. *Variance analysis synopsis of height, stem diameter (DC), aerial part dry weight (APDW), root dry weight (RDW) and total dry matter (TDW) of australian cedar seedlings in response to sulphur doses 120 days after transplanting.*

FV	GL	Quadrado médio				
		Altura	DC	PMSPA	PMSR	PMST
Doses de S	4	92,98**	15,54**	750,01**	272,25**	1873,34**
Bloco	9	12,06 ^{ns}	2,76 ^{ns}	152,52 ^{ns}	81,8 ^{ns}	422,86 ^{ns}
Resíduo	36	399,36	15,47	452,66	237,32	1146,39
CV (%)		14,3%	10,1%	19,0%	22,0%	18,6%

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

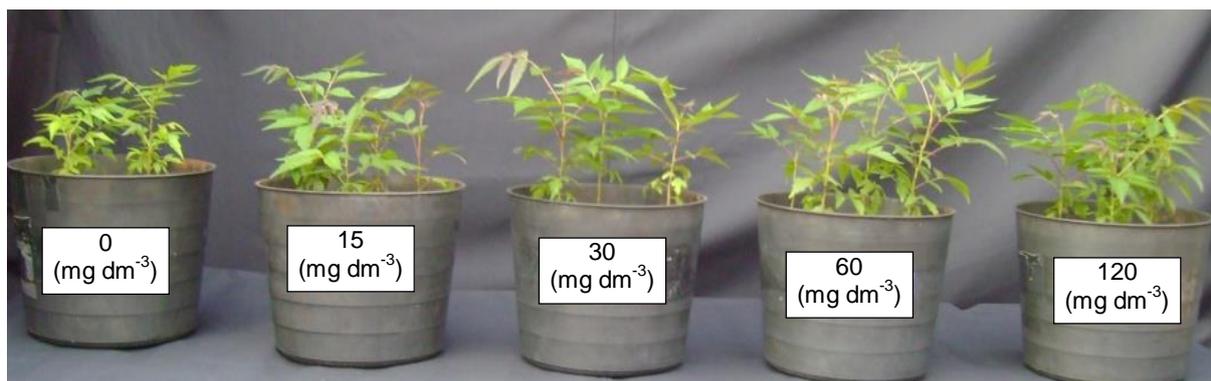


Figura 1 É Comparação visual do efeito de doses de enxofre em mudas de cedroaustraliano, aos 75 dias após o transplante. *Visual comparison of effects of doses of sulfur on Australian cedar seedlings 75 days after transplantation.*

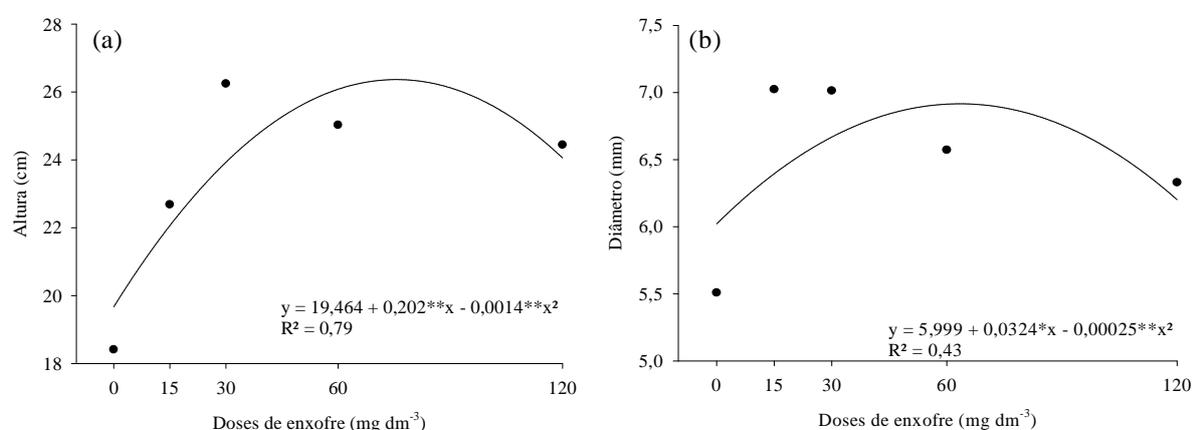


Figura 2 - Altura da parte aérea (a) e diâmetro do coleto (b) das mudas de *Toonaciliata* (cedro australiano) produzidas em Latossolo Vermelho distroférrico típico (LVdf), em resposta às doses de enxofre, aos 120 dias após o transplante. *Plant aerial part height (a) and stem diameter (b) of Toonaciliata (Australian cedar) seedlings growing in a typical dystrophic Red Latosol as affected by sulfur doses 120 days after transplantation.*

As plantas apresentaram resposta para produção de MSPA, MSR e MST em função da aplicação de S. A máxima MSPA (24,1 g) foi obtida com dose de 79,2 mg dm⁻³, com dose crítica estimada em 42,6 mg dm⁻³ (Figura 3a). Para MSR, o ponto de máxima produção (14,6 g) ocorreu na dose de 68,8 mg dm⁻³, com dose crítica estimada em 32,8 mg dm⁻³ (Figura 3b), enquanto para MST, a máxima produção (38,8 g) foi na dose de 75,1 mg dm⁻³ com dose crítica em 39,7 mg dm⁻³ (Figura 3c). Esses resultados mostram que plantas de cedro australiano em fase de mudas são mais exigentes em S quando comparadas com o eucalipto, como relatado por FURTINI NETO et al. (1988), que trabalharam com aplicação de enxofre em mudas de cinco espécies de eucalipto e observaram que os níveis de S-SO₄⁻² presente no solo, entre 12 a 16 mg kg⁻¹, ocasiona a máxima produção de matéria seca.

As relações entre os atributos morfológicos que indicam a qualidade das

mudas foram afetadas de forma significativa em função das doses de S aplicadas (Tabela 4), o que indica a necessidade de proceder à adubação sulfatada na cultura do cedro australiano em fase de muda. A relação entre a matéria seca da parte aérea e a matéria seca das raízes (MSPA/MSR), e entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/DC) foi afetada significativamente, apresentando resposta linear (Figuras 4a e b).

Ao observar os valores de H/DC, percebe-se que a aplicação de S ocasionou maior crescimento em altura da parte aérea. O valor resultante da relação H/DC constitui um dos mais importantes atributos morfológicos para estimar o crescimento das mudas (CARNEIRO, 1995). Quanto menor for o valor desta relação, maior será a capacidade das mudas de sobreviverem e estabelecerem-se na área de plantio definitivo (CARNEIRO, 1983), pois mudas com baixos H/DCs apresentam menor suscetibilidade ao tombamento.

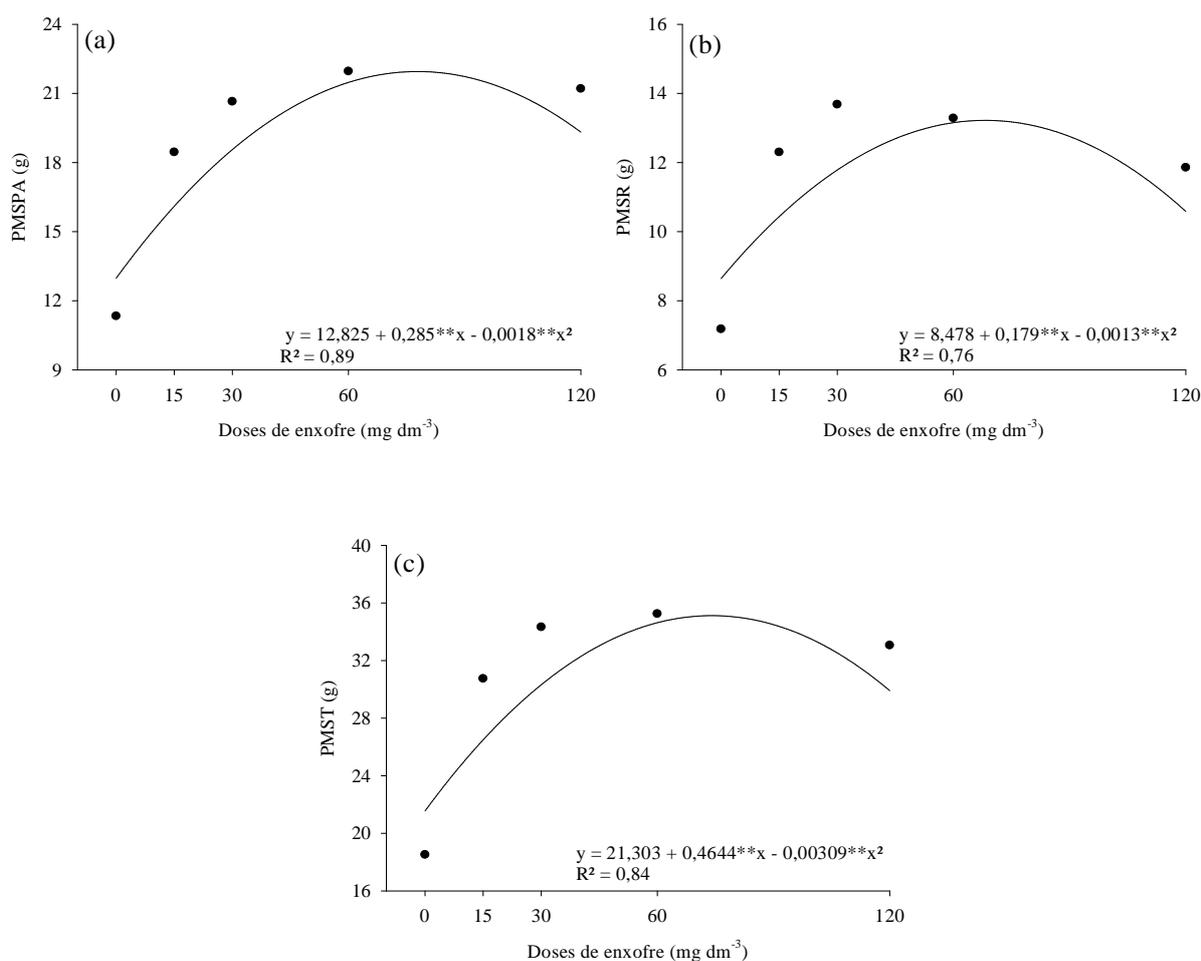


Figura 3 - Produção de matéria seca da parte aérea (a), raízes (b) e total (c) das mudas de *Toonaciliata* (cedro australiano) produzidas em Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf), em resposta às doses de enxofre, aos 120 dias após o transplântio. *Dry matter content of the plant aerial part (a), the roots (b), and total (c) of Toona ciliate (Australian cedar) seedlings growing in a typical dystrophic Red Latosol as affected by sulfur doses 120 days after transplantation.*

Tabela 4 - Resumo da análise de variância das relações entre altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e matéria seca da parte aérea (H/MSPA), matéria seca da parte aérea e matéria seca das raízes (MSPA/MSR), e do índice de qualidade de Dickson (IDQ), das mudas de cedro australiano, em função da elevação dos níveis de saturação por bases, aos 120 dias após o transplântio. *Synopsis of the analysis of variance of plant aerial part height/stem diameter (H/DC), aerial part height/aerial part dry weight (H/MSPA), aerial part dry matter and roots dry matter (MSPA/MSR) and the Dickson's index (IDQ) of Australian cedar seedlings as influenced by sulfur doses 120 days after transplantation.*

FV	GL	Quadrado médio			
		H/DC	H/MSPA	MSPA/MSR	IDQ
Doses de S	4	3,29**	1,70**	0,66**	56,33**
Bloco	9	1,20 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,39 ^{ns}	13,20 ^{ns}
Resíduo	36	5,91	1,48	1,91	50,48
CV (%)		11,3%	15,5%	14,1%	20,3%

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F: ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

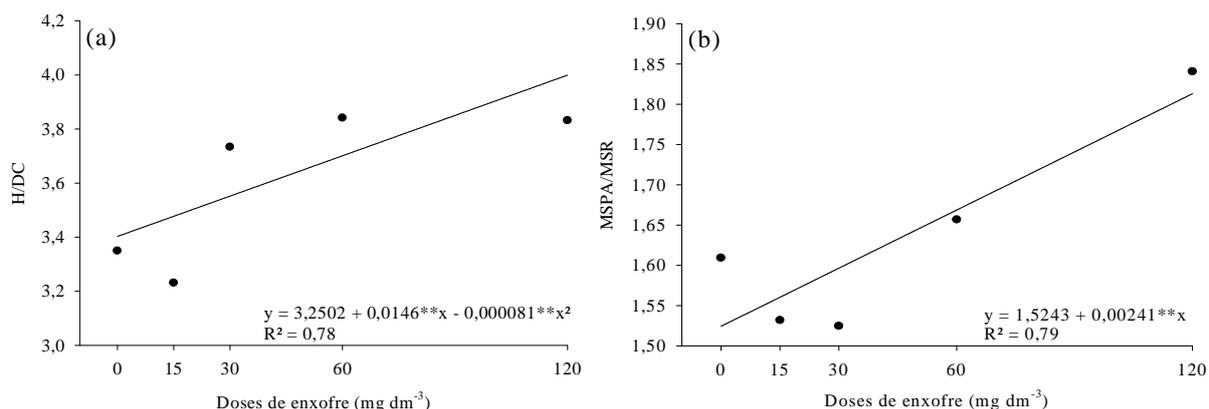


Figura 4 É Relações entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D) (a), e matéria seca da parte aérea e a matéria seca das raízes (MSPA/MSR) (b) das mudas de cedroaustraliano produzidas em Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf), em função da elevação da saturação por bases do substrato, aos 120 dias após o transplântio. *Relations between plant aerial part height and stem diameter (H/D) (a) and the plant aerial part dry weight and root dry weight (MSPA/MSR) (b) of Australian cedar seedlings growing in a typical dystrophic Red Latosol as affected by sulfur doses 120 days after transplantation.*

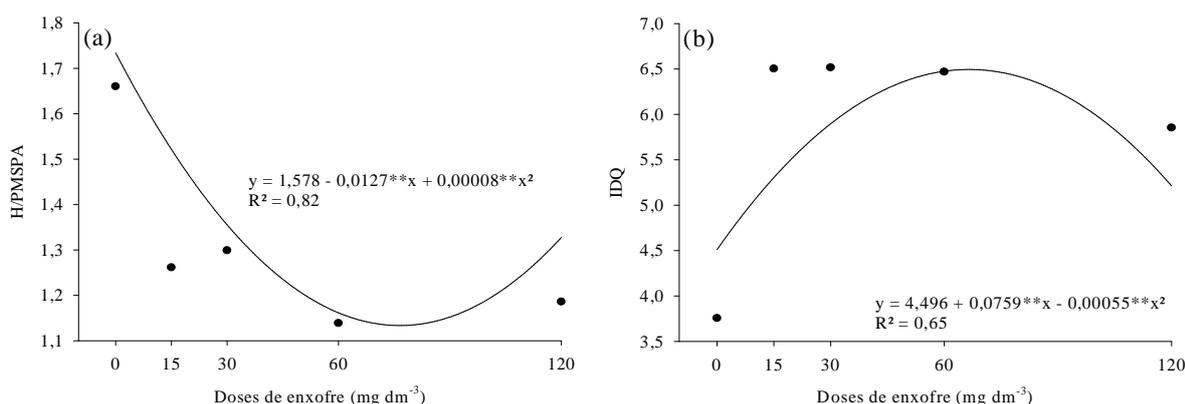


Figura 5 É Relação entre a altura da parte aérea e a produção de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA) (a) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (b) de mudas de cedroaustraliano produzidas em Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf), em função da elevação da saturação por bases do substrato, aos 120 dias após o transplântio. *Relations between plant aerial part height and dry weight (H/PMSPA) (a) and the Dickson quality index (IQD) (b) of Australian cedar seedlings growing in a typical dystrophic Red Latosol as affected by sulfur doses 120 days after transplantation.*

A razão entre a massa de matéria seca da parte aérea e a massa de matéria seca das raízes é considerada um índice eficiente, pois pode expressar o padrão de qualidade das mudas (LIMSTRON, 1963 citado por GOMES, 2001). BRISSETTE (1984) estabeleceu como 2,0 a melhor relação entre a massa de matéria seca da parte aérea e a respectiva massa de matéria seca das raízes. Nesse estudo, verificou-se, que os valores obtidos para MSPA/MSR das mudas de cedroaustraliano variaram de 1,5 a 1,9, portanto próximos ao estabelecido como ideal.

A relação entre a altura da parte aérea e a matéria seca da parte aérea (H/PMSPA)

apresentou resposta quadrática, com ponto de mínima estimado (1,1) na dose de 79,4 mg dm⁻³ (Figura 5a). Quanto menor o valor de H/PMSPA, mais lignificada será a muda e maior deverá ser sua capacidade de sobrevivência no campo. Os resultados encontrados neste trabalho corroboram aqueles publicados por CRUZ et al. (2010), que encontraram uma diminuição de H/PMSPA em função das doses de S em mudas de *Senna macranthera*.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é uma fórmula balanceada que inclui as relações entre as variáveis morfológicas. Observa-se que houve resposta quadrática, com ponto de

máxima (7,1) estimado na dose de 69 mg dm^{-3} e dose crítica estimada de $32,7 \text{ mg dm}^{-3}$ (Figura 5b). Verificou-se, também, que valores de IQD observados para mudas de cedroaustraliano variaram de 3,8 a 6,5 (Figura 5b), mostrando-se superiores aos encontrados por CRUZ et al. (2010), que observaram valores médios de IDQ entre 0,7 a 1,04.

Em relação aos teores de S na parte aérea das mudas, em função das doses de enxofre aplicadas ao substrato de cultivo, o modelo que se ajustou foi linear crescente. Com a substituição da dose de enxofre ($39,7 \text{ mg dm}^{-3}$) que proporcionou 90% da produção máxima de matéria seca total, nessa equação, estimou-se o nível crítico de enxofre na parte aérea das mudas

de cedroaustraliano, que foi de $1,19 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 6).

O nível crítico de um nutriente na planta é definido como 90% da concentração que separa a zona de deficiência da zona de suficiência. Acima dele, a probabilidade de haver aumento na produção pela adição do nutriente é baixa (CANTARUTTI et al., 2007).

De acordo com os resultados obtidos, pode-se inferir que o cedroaustraliano é uma espécie que tem alta exigência em S. Para maximizar a produção de cedroaustraliano em fase de muda, é necessário realizar a adubação sulfatada. No entanto, há necessidade da realização de outros estudos para estabelecer as doses ideais.

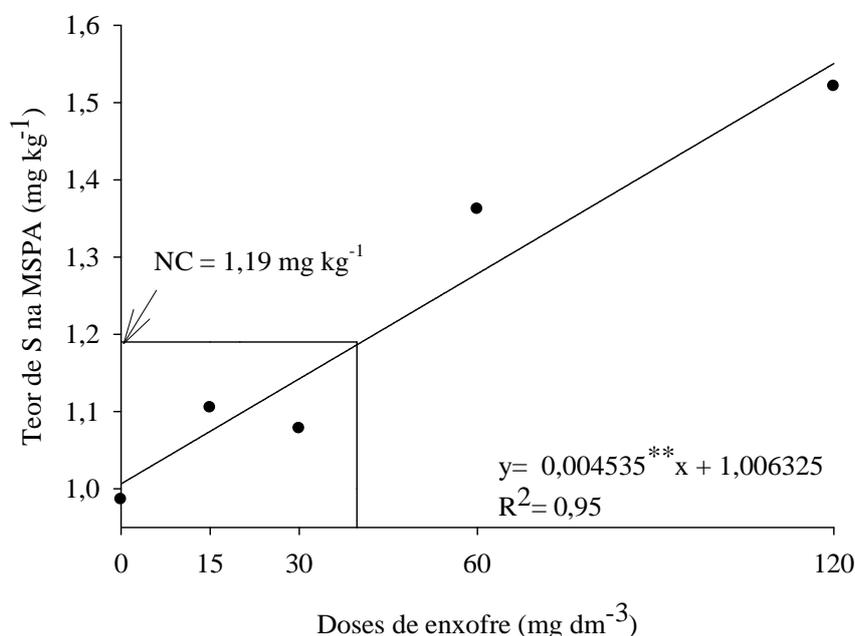


Figura 6 Nível crítico de enxofre na parte aérea das mudas de *Toonaciliata* (cedroaustraliano) produzidas em Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf), em resposta às doses de enxofre, aos 120 dias após o transplantio. *Aerial part critic level of sulfur in australian cedar seedlings produced in in typic dystrophic Red Latosol due to sulphurdoses 120 days after transplanting.*

Conclusões

O cedroaustraliano mostrou-se como uma planta exigente em S.

As variáveis de crescimento e de qualidade das mudas de cedroaustraliano foram influenciadas pela aplicação de S.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudos e bolsas de produtividade em pesquisa, e à APFLOR, Bela Vista Florestal e IEF, pelo apoio financeiro para a realização do presente trabalho.

Referências

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

AZEVEDO, M. I. R. **Qualidade de mudas de cedro-rosa (*Cedrelafissilis*Vell.) e de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich.) produzidas em diferentes substratos e tubetes**. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em

Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

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**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1995. p.63-95.

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

CATARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p.769-850.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; CUNHA, A. C. M. C. M. Resposta de mudas de *Senna macranthera* (DC. EX COLLAD.) H.S. Irwin & Barnaby (fedegoso) cultivadas em latossolo vermelho-amarelo distrófico a macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.34, n.1, p.13-24, 2010.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ontário, v.36, n.1, p.10-13, 1960.

FERREIRA, D.F. SISVAR: A Computer Statistical Analysis System. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, p.1039-1042, 2011.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F.R.; MUNIZ J.A.; GUEDES, G.A.A. Efeito do enxofre no crescimento de cinco espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.12, n.1, p.1-11, 1988.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; BORGES, R.C.C.; FONSECA, E.P. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em *Win-Strip*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.15, n.1, p.35-42, 1991.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes**

tamanhos de tubete e dosagens de N, P e K. 2001. 166f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 116p.

GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. Cap.11, p.309-350.

LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Nottingham: Nottingham University, 1992. 305p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Tradução de Guilherme de Almeida Sedas e Gilberto Calcagnotto. Dt. Ges. Für Techn. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn. Rossdorf: TZ- Verl.-Ges., 1990. 343p.

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 química agrícola: adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 594p.

MEXAL, J. L.; LANDIS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort. Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p.17-35.

PINHEIRO, A. L., LANI, L. L., COUTO, L. **Cultura do cedro australiano para produção de madeira serrada**. Viçosa: UFV, 2003. 42p.

PINHEIRO, A. L.; RAMALHO, R. S.; BARREIROS, H. S. Árvores exóticas em Viçosa: II. *Toonaciliata* M. Roem. var. *australis* (F. V. M.) C. DC. (MELIACEAE). **Revista Ceres**, Viçosa, v.41, n.234, p.103-112, 1994.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RESURRECCION, A. P.; MAKINO, A.; BENNETT, J.; MAE, T. Effects of sulphur nutrition on the growth and photosynthesis of rice. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokio, v.47, n.3, p.611-620, 2001.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.