

Efeito de fontes e modos de aplicação de boro no crescimento do eucalipto⁽¹⁾

Thiago de Souza Celestrino⁽²⁾; Salatiér Buzetti⁽³⁾; Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho⁽⁴⁾; Rodolfo de Niro Gazola⁽⁵⁾; Raíssa Pereira Dinalli⁽⁶⁾; Marcelo Rinaldi da Silva⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos de bolsa de Mestrado (FAPESP), concedida ao primeiro autor.

⁽²⁾ Pós-graduando (Mestrado) em Sistemas de Produção; Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira; Ilha Solteira, SP; thiagocelestrino@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Professor Titular Dr. – Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos; Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira; ⁽⁴⁾ Professor Dr. – Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos; Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira; ^(5 e 6) Pós-graduando (a) (Mestrado) em Sistemas de Produção, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira; ⁽⁷⁾ Assistente de suporte acadêmico, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

RESUMO: O eucalipto é uma planta exigente em boro, por isso nos cultivos em solos de cerrado que geralmente apresentam baixo teor deste micronutriente e são de textura arenosa, é importante definir qual a melhor fonte de boro para um bom desenvolvimento e produtividade do eucalipto. O objetivo do trabalho foi avaliar a altura de planta, o diâmetro a altura do peito (DAP) e o volume total de madeira com casca de eucalipto aos 12 meses após o plantio, em função de fontes de boro com alta e baixa solubilidade, assim como a aplicação foliar do micronutriente. O experimento foi conduzido na Fazenda Renascença, fundo agrícola administrado pela Cargill Agrícola S/A, localizada no município de Três Lagoas - MS. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com seis tratamentos e cinco repetições, dispostos em um esquema fatorial de 3 x 2, sendo: 0 kg ha⁻¹ de boro, 1 kg ha⁻¹ de boro utilizando como fonte o ácido bórico (alta solubilidade, 17% B) ou 1 kg ha⁻¹ de boro utilizando como fonte o borogran (baixa solubilidade, 10% B), sendo estes aplicados no sulco de plantio, e aplicação ou não de ácido bórico via foliar. Todos os tratamentos tiveram a mesma adubação de plantio com a formulação NPK. A altura de plantas, DAP e volume total de madeira não diferiram estatisticamente em relação às diferentes fontes de boro aplicadas no plantio assim como aplicação foliar do micronutriente.

Termos de indexação: *Eucalyptus* spp., solubilidade, solo de cerrado.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a expansão da cultura do eucalipto tem-se dado em áreas com grande limitação ao desenvolvimento vegetal, notadamente das culturas agrícolas, como solos com altos teores de alumínio, baixa fertilidade natural e baixa disponibilidade hídrica, dentre outros (Pavan, 2003). A maior parte destas áreas situa-se no Cerrado, onde os solos sendo pouco férteis, as respostas à adubação com

N, P, K, S e B são expressivas (Barros & Novais, 1996).

Os micronutrientes constituem-se naqueles nutrientes requeridos em menor quantidade pelas culturas. Isso, porém, não implica que os mesmos desempenhem funções secundárias. Suas deficiências podem causar sérios problemas ao desenvolvimento das culturas, queda de produtividade e possivelmente, morte das plantas, visto que estes desempenham funções vitais no seu metabolismo (Gupta, 2001).

Neste contexto, o boro é um elemento essencial cuja deficiência resulta em rápida inibição no crescimento das plantas, atuando no seu crescimento meristemático (Marschner, 1995). Suas funções estão relacionadas ao transporte de açúcares das folhas para os demais órgãos, formação de parede celular, gemas apicais, axilares e radiculares, síntese de lignina e celulose, balanço hormonal, síntese de ácidos nucléicos e proteínas, metabolismo dos fenóis e absorção radicular (Pollard et al., 1997; Gupta, 1979; Malavolta et al., 1997).

O objetivo do trabalho foi avaliar a altura de planta, DAP e volume total de casca da cultura do *Eucalyptus* spp aos 12 meses de idade em função de fontes de boro com alta e baixa solubilidade, assim como a aplicação foliar do micronutriente.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda Renascença, fundo agrícola administrado pela Cargill Agrícola S/A, localizada no município de Três Lagoas - MS, com latitude 20° 34' S e longitude 51° 50' O e altitude de aproximadamente 305 m. As características químicas do solo foram determinadas antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001), sendo as amostragens realizadas nas camadas de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m (Tabela 1).

O delineamento experimental foi o de blocos

casualizados com seis tratamentos e cinco repetições, dispostos em um esquema fatorial de 3 x 2, sendo os 3 tratamentos: 0 kg ha⁻¹ de boro, 1 kg ha⁻¹ de boro utilizando como fonte o ácido bórico (alta solubilidade, 17% de B) e 1 kg ha⁻¹ de boro utilizando como fonte o borogran (baixa solubilidade, 10% de B), aplicados no sulco de plantio, e no fatorial 2 sendo aplicação ou não de ácido bórico via foliar.

A aplicação de ácido bórico via foliar foi realizada aos nove e onze meses após o plantio, sendo utilizada a dose recomendada por Gonçalves et al. (1997) que consiste na aplicação de 1 kg ha⁻¹ de boro. As aplicações foram realizadas no período da manhã, com o auxílio de uma bomba costal e na calda foi adicionado óleo mineral com a finalidade de aumentar a absorção, reduzir deriva e retardar a evaporação da gota.

Antes da implantação do experimento foi realizado um conjunto de operações necessárias para implantação da cultura do eucalipto, como: a) Controle de formigas: foram aplicados 3 kg ha⁻¹ isca formicida granulada Dinagro-S (0,9 g do i.a. sulfuramida); b) Capina química em área total: foram aplicados 6 L ha⁻¹ do herbicida Glifosato TROP (2880 g do i.a. glifosato); c) Calagem: foram aplicados 1500 kg ha⁻¹ de calcário de PRNT 80%; d) Gessagem: foram aplicados 500 kg ha⁻¹ de gesso; e) Subsolação; f) Sulcação.

A adubação de plantio foi feita com a fertilização de NPK, através da utilização de 150 kg ha⁻¹ da fórmula 10-27-10 adicionado 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proveniente do Superfosfato triplo (45% P₂O₅), sendo aplicados em todos tratamentos. Cada parcela útil é composta por 56 plantas, distribuídas em sete linhas de oito plantas cada, totalizando 420 m² de área.

No plantio das mudas do clone I-144 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) foi utilizado o espaçamento de 3,0 x 2,5 m, seguido de fornecimento de água para melhor pegamento das mudas. Duas semanas após o plantio foi realizada a aplicação de 150 g ha⁻¹ do herbicida pré-emergente Fordor 750 WG (112,5 g do i.a. isoxafluto) para controle das plantas daninhas.

A adubação nitrogenada e potássica em cobertura foram realizadas aos 2 e 9 meses após o plantio. Na adubação nitrogenada de cobertura foi utilizado o nitrato de amônio na dose de 40 kg ha⁻¹ de N. Na potássica foi utilizado o cloreto de potássio na dose de 50 kg ha⁻¹ de K₂O.

Após 12 meses do plantio foram avaliadas todas as plantas da parcela, sendo determinado: a) altura

total de planta, com o auxílio do aparelho Forestor Vertex, composto por um hipsômetro e um emissor (transponder); b) diâmetro à altura do peito (DAP), determinado a 1,30 m de altura do solo e c) volume total de madeira com casca, sendo estimado pelas seguintes equações:

$$V_{tc} = \sum V_i/A_i * 10000$$

$$V_i = \frac{\pi * (DAP_i)^2 * ff * H}{4}$$

Onde: V_i = volume de madeira com casca da árvore A_i = área da parcela útil (420 m²); V_{tc} = volume total com casca (m³ ha⁻¹); DAP_i = diâmetro à altura do peito de cada árvore (m); ff = fator de forma. Neste caso, devido à inexistência de fatores definidos regionalmente para o clone em estudo, foi atribuído o valor 0,5 e H_i = altura total de cada árvore (m).

Os resultados foram analisados através de análise de variância e teste de Tukey 5% de probabilidade para comparação de médias das fontes e modos de aplicação, utilizando-se do programa SISVAR (Ferreira, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 12 meses idade, tanto as diferentes fontes de boro aplicadas no plantio assim como a aplicação de boro foliar, não influenciaram significativamente a altura de plantas, diâmetro a altura do peito e volume de madeira (Tabela 2). No entanto, vale ressaltar que as aplicações de boro no plantio, independente da fonte utilizada, promoveu ganho de aproximadamente 1,4 m³ ha⁻¹ em relação ao tratamento testemunha. Cannon (1981) relata que a aplicação de NPK + B quando comparada a somente NPK, promovia consideráveis ganhos de produtividade em *Eucalyptus grandis* aos 4 anos de idade.

As respostas à aplicação de boro (B) em *Eucalyptus* spp têm sido muito conflitantes. Novelino et al. (1982), Silveira et al. (2000) e Maffei et al. (2000), verificaram que a não aplicação de B limitou significativamente o crescimento em altura e diâmetro do caule de *Eucalyptus citriodora*. No entanto, Barros & Novais (1996) não observaram efeito significativo da aplicação de B na altura em plantas de *Eucalyptus citriodora*, constatando até mesmo tendência de redução na altura das plantas com a aplicação de B. Sendo assim, a altura de plantas possivelmente não é um bom parâmetro para avaliar a resposta do eucalipto à aplicação de B.

Tirloni et al. (2011) verificaram que aplicações de boro tanto no início do período de estiagem como



no período das águas não influenciaram significativamente as variáveis altura de planta e diâmetro de caule de *Corymbia citriodora* até os 29 meses de idade. Entretanto, Knudson et al. (1972), em trabalhos sobre adubação de *Eucalyptus saligna*, em solos sob cerrado de Minas Gerais, relataram que aplicações de B e Zn com adubação NPK aumentaram a altura das plantas.

Moreira et al. (2006) constataram que em solos com altos teores de argila, Fe e Al, a adubação de boro com fertilizante de média solubilidade é mais eficiente do que com ácido bórico na obtenção de aumento do diâmetro do caule e do número de raízes laterais. Porém, neste trabalho não ficou evidente o aumento no diâmetro do caule quando comparada as diferentes solubilidade das fontes de boro.

CONCLUSÕES

As fontes de boro aplicadas no plantio, mesmo apresentando solubilidade diferente, assim como a aplicação ou não de ácido bórico via foliar, não propiciaram aumento em altura de plantas, DAP e volume total de madeira do eucalipto aos 12 meses de idade.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de mestrado do primeiro autor e pelo apoio financeiro da pesquisa. (Processo: 2012/05593-7)

REFERÊNCIAS

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Eucalypts nutrition and fertilizer regimes in Brazil. In: ATTIWILL, P. M.; ADAMS, M. A. Nutrition of the eucalypts. Collingwood: CSIRO, p. 335-356, 1996.

FERREIRA, D. F. Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de experimentos. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. Software.

GUPTA, U.C. Boron nutrition of crops. *Advances in Agronomy*, 31:273-307, 1979.

GUPTA, U.C. Micronutrientes e elementos tóxicos em plantas e animais. In: FERREIRA, M.E. Micronutriente e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 1:13-41, 2001.

GONÇALVES, J. L. M.; RAIJ, B. van.; GONÇALVES, J. C. Florestais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: IAC, p.247-260, 1997

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, 57:87-98, 2000.

MALAVOLTA. E; VITTI. G.C; OLIVEIRA. S.A. Fundações. In: MALAVOLTA. E.; VITTI. G.C; OLIVEIRA. S.A. (Ed.). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1997. 319p.

KNUDSON, D., CORRÊA, H., YAHNER, J. Adubação de *Eucalyptus saligna* S.M. em solos de cerrados de Minas Gerais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CERRADOS, 2, Sete Lagoas, 1972.

MARSCHNER, H. Mineral nutritional of higher plants. London: Academic, 1995. 889p.

MOREIRA, A.; MORAES, V. H. F.; CASTRO, C. Fontes e doses de boro em porta-enxertos de seringueira. *Pesquisa agropecuária brasileira*. Brasília, 41:1291-1298. 2006.

NOVELINO, J. O.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; et al. Efeito de níveis em solução nutritiva no crescimento de mudas de *Eucalyptus* spp. *Revista Árvore*, Viçosa, 6:45-51, 1982.

PAVAN, B. E. Crescimento de clones de eucalipto submetidos a diferentes regimes hídricos em casa de vegetação. 2003. 43 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

POLLARD. A. S.; PARR. A. J.; LOUGHMAN, B.C. Boron in relation to membrane function in higher plants. *Journal of Experimental Botany*, Lancaster. 28:831-841, 1997.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1991. 343 p.

SILVEIRA, R.L.V.A.; TAKAHASHI, E.N.; SGARBI, F.; et al. Crescimento e estado nutricional de brotações de *Eucalyptus citriodora* sob doses de boro em solução nutritiva. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, 57:53-67, 2000.

TIRLONI, C.; DANIEL, O; VITORINO, A.C.T; et al. Crescimento de *Corymbia citriodora* sob Aplicação de Boro nas Épocas Secas e Chuvosas no Mato Grosso do Sul, Brasil. *Silva Lusitana*, 19:185 - 194, 2011.

Tabela 1 - Caracterização química inicial da área experimental, Três Lagoas/MS, 2011.

Profundidades	P resina	M. O.	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
m	mg dm ⁻³	g dm ⁻³		----- mmol _c dm ⁻³ -----							%
0,00-0,20	1	7,4	4,2	0,2	4,2	1,9	17	4,3	6,3	23,3	27
0,20-0,40	1	6,8	4,2	0,3	1,6	1,1	18	4,5	3,0	21,0	14
	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn					
m	----- mg dm ⁻³ -----										
0,00-0,20	4,7	0,27	0,36	12,6	1,5	0,27					
0,20-0,40	-	-	-	-	-	-					

O método usado para os micronutrientes catiônicos foi o DTPA, para o boro foi a água quente.

Tabela 2 - Valores médios de altura total de planta (H), diâmetro à altura do peito (DAP), volume total de madeira com casca (V_{tc}) aos 12 meses de idade em função dos tratamentos, Três Lagoas/MS, 2013.

Fontes de B	H	DAP	V _{tc}
	(m)	(cm)	(m ³ ha ⁻¹)
Testemunha	6,36 a	5,68 a	10,8 a
Ácido Borico	6,72 a	5,88 a	12,2 a
Borogran	6,69 a	5,88 a	12,2 a
D.M.S. (5%)	0,36	0,31	1,5
Modo de Aplicação			
Com foliar	6,66 a	5,83 a	11,9 a
Sem foliar	6,51 a	5,79 a	11,5 a
D.M.S. (5%)	0,24	0,21	1,0
C.V. (%)	4,85	4,78	11,48
Média Geral	6,59	5,81	11,70

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.