



Teor de boro no solo em função do efeito residual e da reaplicação de boro na cultura do eucalipto (Clone I144)⁽¹⁾.

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

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP).

⁽²⁾ Estudante de pós-graduação; Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP; Ilha Solteira, São Paulo; thiagocelestrino@yahoo.com.br; Bolsista Fapesp; ⁽³⁾ Professor Titular; UNESP; sbuzetti@agr.feis.unesp.br ⁽⁴⁾ Professor Doutor; UNESP; mcmtf@yahoo.com.br; ⁽⁵⁾ Estudante de pós-graduação; UNESP; rngazola@gmail.com; Bolsista Fapesp; ⁽⁶⁾ Estudante de Pós-graduação; UNESP; raissa_dinalli@terra.com.br; Bolsista Fapesp; ⁽⁷⁾ Estudante de graduação; UNESP; ariadne2carvalho@gmail.com.

RESUMO: Em solos arenosos, a capacidade de retenção de boro (B) é menor, interferindo na manutenção do suprimento adequado do elemento na solução do solo. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o teor de B no solo em função do efeito residual das fontes de B e da aplicação foliar do micronutriente, assim como a reaplicação do elemento. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com tratamentos dispostos em esquema fatorial de 3x2x2 em parcelas subdivididas, sendo: 0 kg ha⁻¹ de B; 1 kg ha⁻¹ de B utilizando o fertilizante borogran (baixa solubilidade, 10% B) e 1 kg ha⁻¹ de B utilizando o fertilizante ácido bórico (alta solubilidade, 17% B), ambos sendo aplicado manualmente em filete contínuo no sulco de plantio. O fatorial 2 se refere à aplicação ou não de B via foliar. A parcela subdividida em 2, se refere às subparcelas que receberam ou não a reaplicação de B aos 34 meses após o plantio na dose de 1 kg ha⁻¹ de B, utilizando o fertilizante ácido bórico. Aos 36 meses após o plantio, o fertilizante Borogran, proporcionou maior teor de B no solo, o que pode ser benéfico para a cultura ao longo do tempo. A reaplicação de B em cobertura proporcionou acréscimo no teor de B no solo, na camada de 0 a 20 cm, na entre linha de plantio.

Termos de indexação: Micronutrientes, solubilidade, Cerrado.

INTRODUÇÃO

A eucaliptocultura no Brasil está entre as mais produtivas no mundo, no entanto, é cada vez mais frequente a implantação de eucaliptais em áreas de Cerrado, com grande limitação ao desenvolvimento vegetal, pelo solo com acentuada restrição nutricional, altos teores de alumínio e baixa disponibilidade hídrica (Pavan, 2003). Em decorrência dessa condição natural, a utilização de corretivos e fertilizantes é considerada como prática obrigatória para que não comprometa a produtividade e sustentabilidade ao longo dos anos

(Novais et al., 1990; Martins et al., 2004; Rocha et al., 2004).

A aplicação de micronutrientes via solo tem como objetivo aumentar a concentração do elemento na solução do solo, que é onde as raízes os absorvem. Sendo assim, para evitar possíveis perdas, é necessário que as fontes de micronutrientes utilizadas se solubilizem no solo no mínimo em velocidade compatível com a absorção pelas raízes (Lopes, 1991; Volkweiss, 1991).

Como os solos de cerrado apresentam baixo teor de boro (B), aliados ao fato de serem de textura arenosa, é comum a adubação do elemento no sulco de plantio e via foliar, durante a fase de implantação da cultura. Portanto, é importante definir qual o melhor modo de aplicação e fonte de B para o adequado desenvolvimento e produtividade do eucalipto, assim como também definir se é necessário ou não uma reaplicação do elemento em cobertura para suprir a necessidade da cultura durante o seu ciclo. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi verificar o teor de boro no solo em função do efeito residual de fontes de B, com alta e baixa solubilidade, associado ou não a aplicação foliar do elemento, assim como também a reaplicação de B em cobertura, na cultura do eucalipto (Clone I144).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em janeiro de 2012, na fazenda situada no município de Três Lagoas - MS, com latitude 20° 34' S e longitude 51° 50' O, e altitude de aproximadamente 305 m. A classificação climática da região de acordo com Köppen é Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

O solo é classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico, segundo o sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2013), apresentando valores de granulometria de 85, 17 e 898g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente, na camada de 0,00 a 0,20 m de profundidade. As características químicas do solo foram determinadas



antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Rajj et al. (2001), sendo as amostragens realizadas nas camadas de 0,00 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m. De acordo com o Boletim Técnico 100 (Rajj et al., 1997) verificou que antes da instalação do experimento este solo apresentava teor médio de B (**Tabela 1**).

Com base na análise química de solo e no histórico da área, que era uma pastagem degradada, cultivada com *Urochloa brizantha* (Syn. Brachiaria) há 20 anos e apresentando alta infestação de planta daninha, houve a necessidade de aplicação de calcário na dose de 1500 kg ha^{-1} com PRNT 80%, aplicados a lanço sobre a superfície do solo, e para melhorar as condições superficiais optou-se pelo gesso na dose de 500 kg ha^{-1} , aplicados a lanço sobre a superfície do solo. As aplicações ocorreram no mês de setembro de 2011. O plantio foi realizado no dia 27 de janeiro de 2012, sendo utilizadas mudas do clone I144 (híbrido espontâneo de *Eucalyptus urophylla*), seguido de fornecimento de água para melhor pegamento das mudas. Duas semanas após o plantio foi realizada a aplicação de 150 g ha^{-1} de um herbicida pré-emergente ($112,5 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a isoxafluto) para controle das plantas daninhas.

A adubação de plantio foi realizada em janeiro de 2012, manualmente em filete contínuo, no sulco de plantio com NPK, pelo uso de 150 kg ha^{-1} da fórmula 10-27-10 associada a 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 proveniente do superfosfato triplo (45% P_2O_5). Foram realizadas, no plantio, as adubações de Cu e Zn na dose de 1 kg ha^{-1} utilizando os fertilizantes sulfato de cobre e sulfato de zinco, respectivamente. As adubações de cobertura nitrogenada e potássica foram realizadas aos 2, 9 e 14 meses após o plantio, de forma manual no tipo semicírculo. Em cada adubação nitrogenada de cobertura foi utilizado o nitrato de amônio na dose de 40 kg ha^{-1} de N e, na potássica foi utilizado o cloreto de potássio na dose de 50 kg ha^{-1} de K_2O .

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com cinco repetições, onde os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial de $3 \times 2 \times 2$ com parcelas subdivididas, sendo: 0 kg ha^{-1} de B; 1 kg ha^{-1} de B utilizando o fertilizante borogran (baixa solubilidade, 10% B), aplicado manualmente em filete contínuo no sulco de plantio; 1 kg ha^{-1} de B utilizando o fertilizante ácido bórico (alta solubilidade, 17% B), sendo aplicado manualmente em filete contínuo no sulco de plantio. O fatorial 2 se refere à aplicação ou não de B via foliar. Foram realizadas duas aplicações foliares de B, aos quatro e dez meses após o plantio. Em cada aplicação, foi utilizado ácido bórico a 0,5 % na calda com volume de 250 L ha^{-1} , sendo essas aplicações realizadas no período da manhã, com o auxílio de uma bomba

costal e na calda foi adicionado óleo mineral (0,2%) com a finalidade de aumentar o contato com a folha, reduzir deriva e retardar a evaporação da gota. A parcela subdividida em 2, se refere às subparcelas que receberam ou não a reaplicação de B aos 34 meses após o plantio (Novembro de 2014), na dose de 1 kg ha^{-1} de B, utilizando o fertilizante ácido bórico, sendo este aplicado na projeção da copa. Cada subparcela foi composta por 24 plantas, distribuídas em três linhas de oito plantas cada, no espaçamento de $3,0 \times 2,5 \text{ m}$. A área útil das subparcelas foi composta por 6 plantas, da linha central, pois as plantas de cada extremidade das linhas serão consideradas bordaduras, assim como as linhas que ladeiam a linha central.

Aos 36 meses após o plantio, as amostras de solos foram coletadas com o auxílio do trado tipo caneca, realizada na linha de plantio e entre linha, sendo coletadas cinco amostras por parcela nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. Em seguida, essas amostras foram encaminhadas para a estufa e após a secagem, foram peneiradas em malha de 2 mm e assim levadas ao Laboratório de fertilidade do solo UNESP/ Ilha Solteira para realização da análise química do solo, verificando o teor de boro no solo de acordo com a metodologia descrita por Rajj et al. (2001).

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, assim como a reaplicação do elemento, utilizando-se do programa SISVAR (Ferreira, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito residual das fontes de B aplicadas no sulco de plantio proporcionou efeito significativo nos teores de B no solo, nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm de profundidade, na linha de plantio. Foram constatados maiores teores de B quando se fez o uso do fertilizante borogran, pois apresenta baixa solubilidade, conseqüentemente, permanece por um período maior no solo. Essa característica benéfica pode resultar em aspecto positivo para a cultura ao longo do tempo. Uma possível causa dos teores de B nos tratamentos que receberam aplicação de ácido bórico no sulco de plantio ser semelhantes aos teores de B na testemunha, provavelmente, devido ao fato desse fertilizante ser mais susceptível à lixiviação (**Tabela 2**). Abreu et al. (2004) verificaram que as perdas por lixiviação do B proveniente do ácido bórico (alta solubilidade), foram mais rápidas do que as do B da fonte de baixa solubilidade.

Contudo, Abreu et al. (2004), verificando a disponibilidade do B em solo arenoso, notaram que



os tratamentos com fonte de B de baixa solubilidade apresentaram teores de B significativamente menores que os tratamentos com ácido bórico (alta solubilidade) para um período de incubação de dois dias, o que, segundo os autores, está relacionado com a liberação mais lenta dessa fonte, porém aos 15 dias de incubação não verificaram diferença significativa entre as fontes.

A reaplicação de B aos 34 meses após o plantio proporcionou incremento no teor de B no solo, na camada de 0 a 20 cm, na entre linha de plantio. Porém vale ressaltar que, independente da reaplicação de B, os teores de B no solo ficaram dentro da faixa considerada média (0,21 a 0,60 mg dm⁻³), de acordo com o Boletim Técnico 100 (Raij et al., 1997) (**Tabela 2**). Plantas sujeitas a condições de baixa disponibilidade de B tem como consequência um menor alongamento de raízes, se tornando mais grossas e curtas, além de diminuir a produção de novas raízes. Sendo assim, condição limitante desse elemento causa menor crescimento do sistema radicular, resultando em menor aquisição de água nos períodos secos e, possivelmente, reduzindo a produtividade agrícola (Marschner, 1986).

CONCLUSÕES

Aos 36 meses após o plantio, o fertilizante de menor solubilidade (Borogran), proporcionou maior teor de B no solo, o que pode ser benéfico para a cultura ao longo do tempo.

A reaplicação de B em cobertura proporcionou acréscimo no teor de B no solo, na camada de 0 a 20 cm, na entre linha de plantio.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo financiamento da pesquisa (processo número 2014/03387-6).

REFERÊNCIAS

ABREU, C.A.; VAN RAIJ, B.; ABREU, M.F.; GABE, U.; YASUDA, M. Reação e movimentação de boro no solo aplicado como ulexita, fritas e ácido bórico. In: Fertbio 2004, Lages. Resumo da Fertbio 2004. Lages: Universidade de Lages, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª edição revisada. Brasília, DF. 353p., 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium, 6:36-41, 2008.

LOPES, A. S. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agrônômica e preparo de fertilizantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1988, Jaboticabal. Anais. Piracicaba, POTAFOS/CNPQ, 1991. p.357-390.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, San Diego, CA. 1986. 681p.

MARTINS, L. F. da S.; POGGIANI, F.; OLIVEIRA, R. F. de; GUEDES, M. C.; GONÇALVES, J. L. de M. Características do sistema radicular das árvores de Eucalyptus grandis em resposta à aplicação de doses crescentes de biofósforo. Scientia Forestalis, Piracicaba, 65:207- 218, 2004.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). Relação solo-eucalipto. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.133-189.

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

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: IAC, 2001. 285p.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo (Boletim Técnico 100). 2 ed. Campinas: IAC, 1997. 285p.

ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M.; MOURA, I. M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de Eucalyptus grandis fertilizado com biofósforo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 28:623-639, 2004.

VOLKWEISS, S. J. Fontes e métodos de aplicação. In: Simpósio sobre micronutrientes na agricultura, 1988, Jaboticabal. Anais. Piracicaba, POTAFOS/CNPQ, 1991. p.391-412.



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 - Teores de boro no solo na linha e na entre linha de plantio do eucalipto, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm após 36 meses do plantio, em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2015.

Tratamentos	Teor de B (mg dm ⁻³)			
	Linha		Entre Linha	
	0,0-20,0 cm	20,0-40,0 cm	0,0-20,0 cm	20,0-40,0 cm
Plantio				
Testemunha	0,18 b	0,22 b	0,25 a	0,20 a
Acido Bórico	0,21 ab	0,23 b	0,24 a	0,19 a
Borogran	0,27 a	0,36 a	0,28 a	0,21 a
D.M.S. (5%)	0,06	0,10	0,09	0,09
Foliar				
Sem	0,22 a	0,25 a	0,24 a	0,21 a
com	0,22 a	0,30 a	0,27 a	0,20 a
D.M.S. (5%)	0,04	0,07	0,06	0,06
Reaplicação				
Sem	0,22	0,30 a	0,22 b	0,18 a
Com	0,23	0,24 a	0,30 a	0,23 a
D.M.S. (5%)	0,04	0,07	0,06	0,06
C.V. (5%)	26,54	36,08	33,84	45,15

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