

BORO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE ERVA-MATE EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

Eliziane Luiza Benedetti¹, Delmar Santin², Ivar Wendling³, Greice Leal Pereira⁴ e Nairam Félix de Barros⁵

¹Eng. Agrônoma, Dr.^a. Professora do Instituto Federal de Santa Catarina-IFSC; Campus Canoinhas, SC - BR; eliziane.benedetti@ifsc.edu.br; ²Eng. Florestal, Dr., Pós-doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC Lages, SC - BR; ³Eng. Florestal, Dr., Pesquisador da Embrapa Florestas – CNPF, Colombo, PR – BR; ⁴Eng. Agrônoma, Mestranda em Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ Piracicaba, SP – BR; ⁵Eng. Florestal, Dr., Professor, Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG-BR.

RESUMO: A maioria das soluções nutritivas indicam a dose de 0,5 mg L⁻¹ de boro (B) como ideal, mas para erva-mate não há informações sobre sua necessidade em B. Avaliou-se o crescimento de mudas clonais de erva-mate em solução nutritiva, submetidas a doses de: 0,0; 1,0; 2,5 e 5,0 mg L⁻¹ de B. O experimento foi conduzido em Viçosa-MG e após 80 dias, através de análise de regressão, avaliou-se características de crescimento das mudas onde obteve-se que doses de B próximas de 2,90 mg L⁻¹ favoreceram o melhor crescimento em altura, diâmetro do colo e comprimento do sistema radicular. Já para maximizar a produção de matéria seca, volume do sistema radicular, área foliar e espessura foliar a erva-mate necessita de doses próximas a 3,00 mg L⁻¹ de B. Conclui-se que mudas de erva-mate, conduzidas em solução nutritiva, necessitam de 2,5 a 3,1 mg L⁻¹ de B para um bom crescimento.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*, nutrição bórica, solução nutritiva.

GROWTH OF YERBA MATE CLONES UNDER NUTRITIONAL SOLUTION WITH BORON

ABSTRACT: Most of the nutrient solutions show doses of 0.5 mg L⁻¹ of Boron (B) as ideal, but we have no informations about B necessity for yerba mate. We evaluated the growth of cloned plants in nutritive solution, under doses of: 0.0; 1.0; 2.5 and 5.0 mg L⁻¹ of B. The experiment was conducted in Viçosa-MG, Brazil and, after 80 days, the regression analysis showed B doses near 2.90 mg L⁻¹ improved growing in height, collect diameter and root system length. But in order to maximize the dry mass production, root system volume, foliar area and thickness doses of B near 3.00 mg L⁻¹ are required. We conclude that mate clones conducted in nutrient solution need 2.5 to 3.10 mg L⁻¹ for good growth.

Key words: *Ilex paraguariensis*, boron nutrition, nutritional solution.

INTRODUÇÃO

O boro é o micronutriente que mais limita a produção (Brown e Shelp, 1997), possui importante papel na produção de mudas, pois participa da síntese de parede celular (Brown e Hu 1997; Matoh e Kobayashi 1998), além de atuar no transporte de açúcares, lignificação, metabolismo de carboidratos, fenóis e integridade da membrana plasmática (Parr e Loughman, 1983; Marschner, 1995). A deficiência de B ocasiona redução e deformação das zonas de crescimento, como raízes e folhas jovens (Dechen e Nachtigall, 2006).

A disponibilidade de B nos solos é influenciada por diversos fatores. O principal é o pH, em que a maior disponibilidade ocorre quando o pH está entre 5,0 e 7,0 (Abreu et al., 2007). Como a erva-mate ocorre naturalmente em solos com pH ácido (Carvalho, 2003), a recomendação de calcário visa apenas atender a demanda por Ca da planta sem objetivo de elevar o pH do solo (Santin et al., 2013), o que desfavorece a disponibilidade de B. Não há relatos da ocorrência de sintomas de deficiência de B pela espécie, assim como é desconhecida a demanda deste nutriente pela erva-mate. Trabalhos recentes de Benedetti (2012) demonstram resposta positiva da aplicação de B junto com Al em mudas, no entanto, não elucida a necessidade de B para produção de mudas de erva-mate.

Atualmente a técnica mais utilizada para produção de mudas de erva-mate ainda é por sementes, porém novas técnicas vêm sendo desenvolvidas com grande potencial para ser utilizada, como a de miniestaquia (Wendling et al., 2007). Nessa nova técnica, em que normalmente se utiliza sistema semi-hidropônico, requer disponibilidade de nutrientes via solução nutritiva.

A composição de soluções nutritivas tem sido estudada há muitos anos, no entanto ainda não existe uma solução ideal para todas as espécies (Cometti et al., 2006) em função da sua diferente demanda nutricional. Sendo assim, muitas soluções têm sido propostas, a maioria adaptadas de Hoagland e Arnon (1950), como a proposta por Wendling et al. (2007) para erva-mate.

Em vista do potencial que a erva-mate possui em ser propagada por miniestaquia e da importância que o B possui no desenvolvimento de mudas é necessário informações a respeito da melhor dose de B na solução nutritiva. Assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de mudas de erva-mate com diferentes doses de B em solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa de vegetação com mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), com aproximadamente quatro meses de idade, cultivadas em sistema semi-hidropônico na Universidade Federal de Viçosa em Viçosa-MG. O clone utilizado foi o A-03 procedente do município de Colombo - PR e produzido por miniestaquia pela Embrapa Florestas. A produção das mudas iniciou-se com a coleta das miniestacas no minijardim clonal os quais seguiram para o enraizamento em casa de vegetação, com temperatura entre 20 a 30 °C e umidade relativa do ar acima de 80 %. Utilizaram-se tubetes com capacidade de 55 cm³ contendo substrato composto por partes iguais de vermiculita, casca de arroz carbonizada e substrato comercial a base de casca de pinus. As miniestacas permaneceram por 60 dias na casa de vegetação para enraizamento, posteriormente seguiram para aclimação e rustificação (Wendling et al., 2007).

Os tratamentos foram dispostos com quatro repetições, no delineamento em blocos casualizados. Cada unidade experimental foi composta por um vaso com 3 L de solução contendo três mudas. Os tratamentos foram: (T1) sem aplicação de B; (T2) aplicação de 1,0 mg L⁻¹ de B; (T3) aplicação de 2,5 mg L⁻¹ de B e (T4) aplicação de 5,0 mg L⁻¹, na forma de ácido bórico (H₃BO₃).

No momento da transferência das mudas do substrato para solução nutritiva, suas raízes foram lavadas em água deionizada, para remover totalmente o substrato aderido a elas. A solução nutritiva utilizada foi a de Wendling et al. (2007) modificada. A concentração dos macronutrientes (mmol L⁻¹) e dos micronutrientes (μmol L⁻¹) e as respectivas fontes utilizadas foram: N = 8,86 (NH₄NO₃ e Ca(NO₃)₂.4H₂O); P = 0,48 (KH₂PO₄); K = 3,58 (KCl, KH₂PO₄ e K₂SO₄); Ca = 3,00 (Ca(NO₃)₂.4H₂O); Mg = 1,36 (MgSO₄.7H₂O); S = 1,87 (K₂SO₄); Cu = 7,87 (CuSO₄.5H₂O); Mn = 36,43 (MnSO₄.H₂O); Zn = 15,30 (ZnSO₄.7H₂O); Fe = 90,00 (FeSO₄.7H₂O) e Mo = 0,73 (Na₂MoO₄. 2H₂O). Esta solução foi utilizada com metade da força iônica. As mudas foram mantidas na solução nutritiva durante 80 dias para aclimação e após este período aplicaram-se os tratamentos.

O pH das soluções foi ajustado a cada dois dias para 4,2 (± 0,2), a fim de simular as condições naturais em que a erva-mate se desenvolve. As soluções foram mantidas sob arejamento constante e substituídas a cada dez dias.

Após 80 dias mediu-se a espessura foliar, altura e diâmetro do colo das plantas, as quais foram separadas em raiz, folha e caule e lavadas com água deionizada. A espessura foliar foi determinada no limbo, entre a terceira e quarta nervura, através de paquímetro digital. O paquímetro foi adaptado com uma lâmina quadrada com 0,25 cm² (Figura 1A), a qual permitiu o contato no limbo sem danificar a folha. Posteriormente, determinou-se o comprimento do sistema radicular (CR), volume do sistema radicular (VR) e área foliar (AF), utilizando-se um scanner acoplado ao software Winrhizo modelo LA 2400, versão 2009. Posteriormente, o material foi levado para estufa a 65 °C, para determinação de matéria seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e total (MST).

As características foram submetidas à análise da variância e regressão. Adotou-se o nível de 5 % (p<0,05), empregando-se o software Sisvar (Ferreira, 2008).

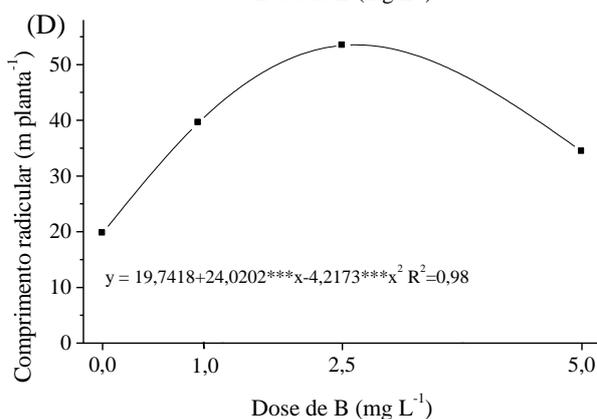
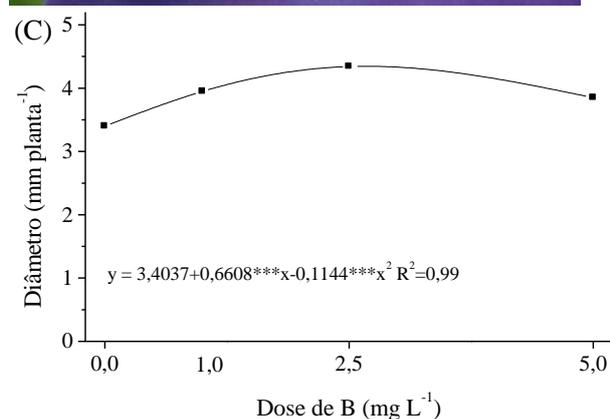
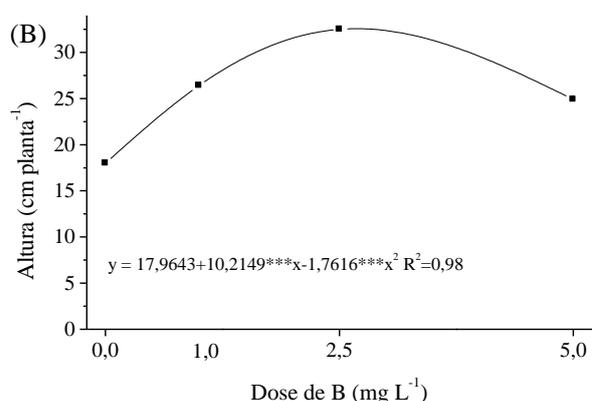
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As mudas de erva-mate responderam positivamente as doses de B (Figura 1 e 2). Doses próximas de 2,90 mg L⁻¹ favoreceram o maior crescimento em altura (32,8 cm planta⁻¹) (Figura 1B), diâmetro do colo (4,35 mm planta⁻¹) (Figura 1C) e comprimento do sistema radicular (53,9 m planta⁻¹)

(Figura 1D). Mas para maximizar o volume do sistema radicular ($194,4 \text{ cm}^3 \text{ planta}^{-1}$), área foliar ($873 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) e espessura foliar ($0,27 \text{ mm planta}^{-1}$) as plantas necessitaram de doses mais elevadas, respectivamente, de 3,30, 3,50 e 5,00 mg L^{-1} (Figura 1 E, F e G). O maior crescimento em altura e diâmetro do colo na dose de 2,90 mg L^{-1} de B comprova que a necessidade em B pela erva-mate é bem maior que a sugerida na maioria das soluções nutritivas.

O comprimento radicular é considerado característica padrão para a determinação da densidade e do crescimento radicular (Rossiello et al., 1995). O comprimento e volume radicular apresentaram comportamento semelhante (Figura 1D e E), porém observa-se queda mais acentuada do comprimento radicular entre as doses de 2,5 e 5,0 mg L^{-1} de B em relação ao volume radicular entre as mesmas doses, demonstrando que ocorreu engrossamento das raízes nas doses próximas a 5,0 mg L^{-1} de B. Normalmente raízes mais grossas são menos eficientes na absorção de água e nutrientes (Epstein e Bloom, 2004), o que pode ter sido a causa da diminuição do crescimento na maior dose de B.

A área foliar (Figura 1F) foi maior na dose de 3,50 mg L^{-1} de B, em dose acima da sugerida em soluções nutritivas até então. Benedetti (2012) obteve incremento significativo na área foliar com a aplicação de 1,00 mg L^{-1} de B, onde obteve área foliar de $617 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$, demonstrando o potencial que a espécie possui em melhorar a captação de energia solar com a melhoria da disponibilidade de B. A espessura foliar foi a única característica que apresentou resposta linear positiva (Figura 1G), comportamento contrário ao sugerido até o momento para a maioria das espécies em que um dos sintomas da deficiência de B são folhas deformadas e espessas (Dechen e Nachtigall, 2006).



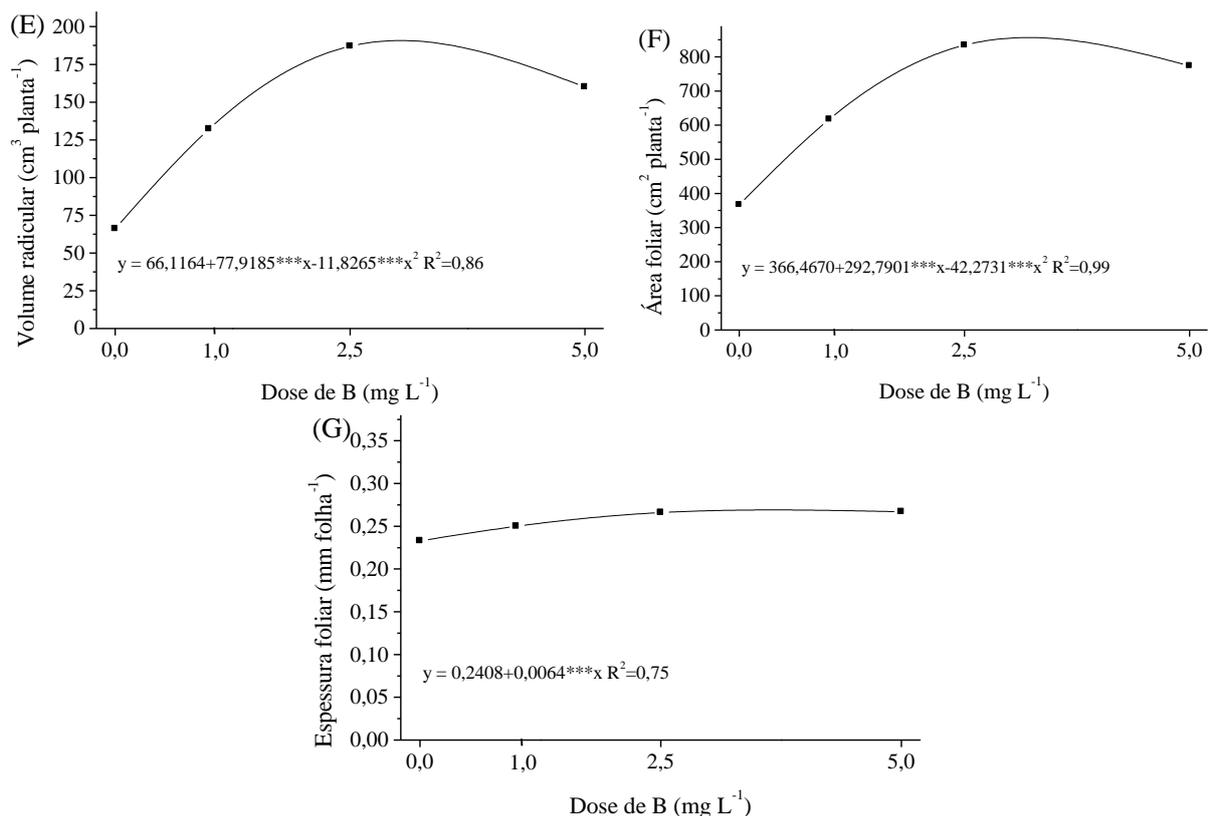


Figura 1: Demonstração da medida de espessura foliar (A), Altura (B), diâmetro (C), comprimento radicular (D), volume radicular (E), área foliar (F) e espessura da folha (G) de mudas de erva-mate em função de doses de boro. *** significativo a 0,1 %.

Em relação à produção de matéria seca, observa-se maior produção de MSF (7,66 g planta⁻¹) quando se aplicou 3,22 mg L⁻¹ de B (Figura 2A), dose próxima aos 3,26 mg L⁻¹ de B necessários para maior produção de MSC (4,30 g planta⁻¹) (Figura 2B), e aos 3,00 e 3,20 mg L⁻¹ de B responsáveis, respectivamente, para maior produção de MSR (1,91 g planta⁻¹) (Figura 2C) e MST com produção de 13,85 g planta⁻¹ (Figura 2D). Apenas a produção de MSPA (Figura 2E) necessitou de menor dose (2,50 mg L⁻¹) para demonstrar seu potencial máximo para produção de 11,52 g planta⁻¹.

Em goiabeira (*Psidium guajava*) a maior produção de matéria seca das folhas, caule e total ocorreu com dose de 0,25 mg L⁻¹ de B. Com aplicação de 3,0 mg L⁻¹ de B ocorreram anormalidades típicas da toxidez por B na parte aérea, já as raízes não apresentaram sintoma algum de excesso nessa dose, a qual proporcionou também maior produção de matéria seca (Salvador et al., 2003). Já em porta enxerto de citros a adição de B ao substrato diminuiu a produção de matéria seca tanto aos 55 como aos 110 dias de avaliação (Junior et al., 2008). Para erva-mate informações obtidas até o momento são com aplicação de 1,0 mg L⁻¹ de B e a ausência de B em solução nutritiva com esse mesmo clone, onde ocorreu superioridade na produção de MSF, MSC, MSR, MST e MSPA quando adicionado 1,0 mg L⁻¹ de B (Benedetti, 2012). No entanto, naquele estudo, os tratamentos não permitiram obter a exigência da espécie, informação que pode ser obtida nesse estudo.

Observa-se que, quando comparado com outras espécies perenes, a erva-mate possui maior exigência em B na fase de produção de mudas em solução nutritiva. Vale considerar que a manutenção do pH próximo a 4,2 pode ter favorecido a menor disponibilidade do B para a planta, o que pode ser a causa da exigência de maiores doses. Mas como a erva-mate é adaptada a condições de solo ácido (Carvalho, 2003) e as plantas demonstraram crescimento vigoroso sem sintoma de deficiência e ou toxidez de algum nutriente (Figura 2F) considera-se que a manutenção do pH em 4,2 foi ideal para a espécie.

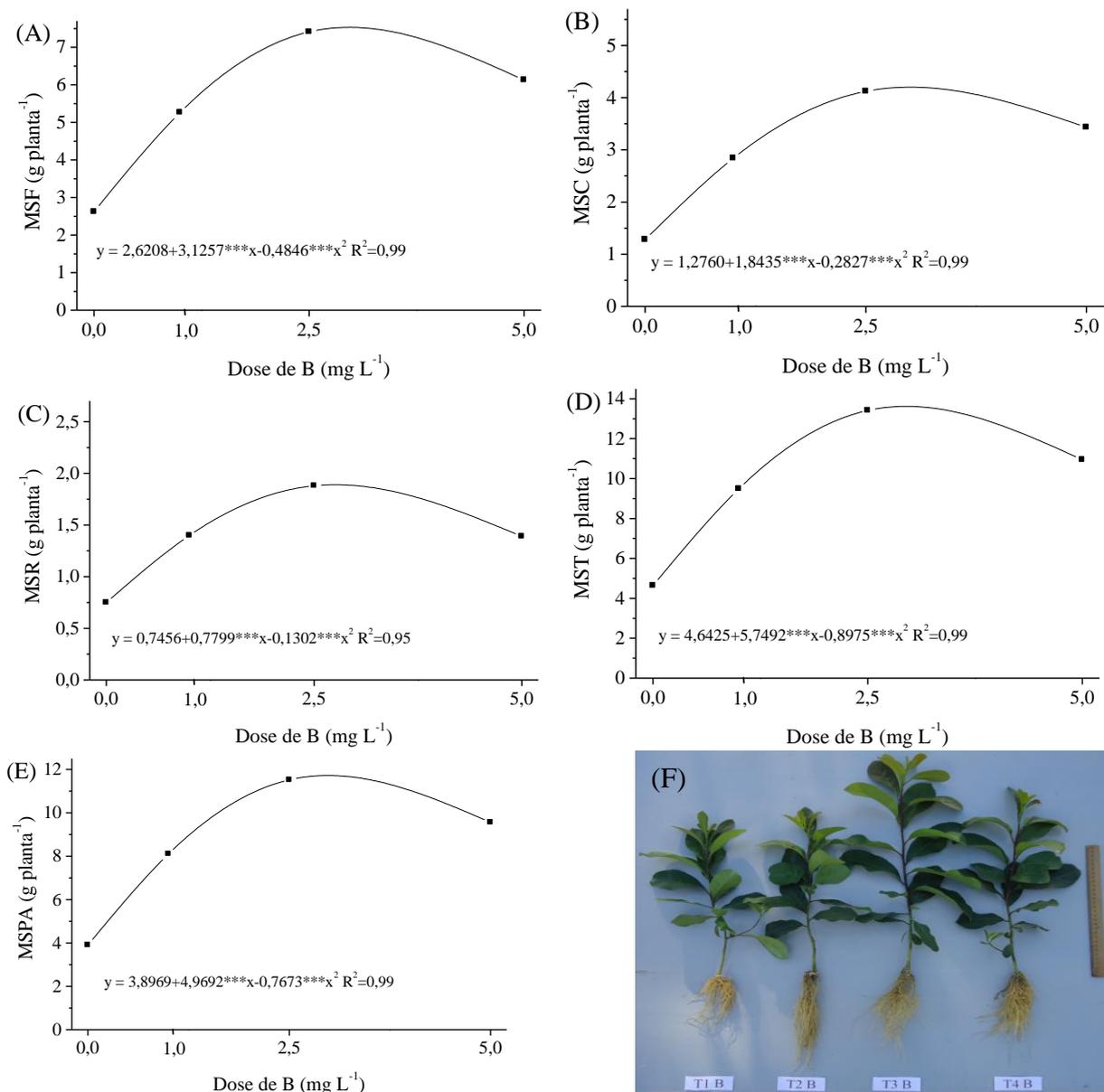


Figura 2: Matéria seca da folha (A), do caule (B), da raiz (C), total (D), parte aérea (E) e visualização do crescimento (F) das mudas de erva-mate em função de doses de boro. *** significativo a 0,1%.

CONCLUSÕES

Mudas de erva-mate, conduzidas em solução nutritiva, necessitam de 2,5 a 3,1 mg L⁻¹ de B para um bom crescimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, C.A.; Lopes, A.S. e Santos, G. 2007. Micronutrientes. In: Novais, R.F.; Alvarez V, V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B. e Neves, J.C.L., eds. In: Fertilidade do Solo. Viçosa, SBCS, 645-736.
- Benedetti, E.L. 2012. Tolerância da erva mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) ao alumínio. 72 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Brown, P.H. e Hu, H. 1997. Does boron play only a structural role in the grow in tissues of higher plants? In: Plant and Soil 196:211-215.
- Brown, P.H. e Shelp, B.J. 1997. Boron mobility in plants. In: Dell, B.; Brown, P. H.; Bell, R. W. (Eds.). Boron in soils and plants: reviews. Dordrecht: Kluwer Academic, 85-102.
- Carvalho, P.E.R. 2003. Espécies arbóreas brasileiras. Colombo: Embrapa Florestas, 1039p.

- Cometti, N.N.; Furlani, P.R.; Ruiz, H.A. e Filho, E.I.F. 2006. Soluções nutritivas formulações e aplicações. In: Fernandes, M.S., ed. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, SBCS, 88-114.
- Dechen, A.R. e Nachtigall, G.R. 2006. Micronutrientes. In: Fernandes, M.S., ed. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, SBCS, 327-354.
- Epstein, E. e Bloom, A.J. 2004. Nutrição Mineral de Plantas. Princípios e perspectivas. 2; ed. Londrina, 403 p.
- Ferreira, D.F. 2008. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. In: Revista Científica Symposium, 6:36-41.
- Hoagland, D.R. e Arnon, D.I. 1950. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 347p.
- Junior, D.M.; Boaretto, R.M.; Corrêa, E.R.L.; Abreu, M. F. e Carvalho, S.A. 2008. Disponibilidade de boro em substrato para produção de porta-enxertos de citros em fase de sementeira. In: *Bragantia* 67(4):983-989.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 889p.
- Matoh, T. e Kobayashi, M. 1998. Boron and calcium, essential inorganic constituents of pectic polysaccharides in higher plant cell walls. In: *Journal of Plant Research* 111:179-190.
- Parr, A.J. e Loughman, B.C. 1983. Boron and membrane function in plants. In: Robb, D.A.; Pierpoint, W.S., eds. Metals and micronutrients, uptake and utilization by plants. New York: Academic Press, 87-107.
- Rossiello, R.O.P.; Araújo, A.P.; Manzatto, C.V. e Fernandes, M.S. 1995. Comparação dos métodos fotoelétrico e da interseção na determinação de área, comprimento e raio médio radicular. In: *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 30:633-638.
- Salvador, J.O.; Moreira, A.; Malavolta, E. e Cabral, C.P. 2003. Influência do boro e do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de goiabeira. In: *Ciências Agrotécnicas* 27(2): 325-331.
- Santin, D.; Benedetti, E.L.; Kaseker, J.F; Bastos, M.C.; Reissmann, C.B.; Wendling, I. e Barros, N.F. 2013. Nutrição e crescimento da erva-mate submetida à calagem. In: *Ciência Florestal* 23 (1):55-66.
- Wendling, I.; Dutra, L.F. e Grossi, F. 2007. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. In: *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42:289-292.