

## Manganês no crescimento e na produção de massa seca de capim-braquiária cultivado em Latossolo Vermelho distrófico

### Manganese on growth and yield of brachiaria plants growing in an oxisol

Thais Ramos da SILVA<sup>1</sup>; Renato de Mello PRADO<sup>2</sup>; Marcelo Jara DAVALO<sup>3</sup>; Márcio Silveira da SILVA<sup>4</sup>; Rafael Marangoni MONTES<sup>5</sup>; Bernardo Melo Montes Nogueira BORGES<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Autor para correspondência - Bióloga, Doutoranda em Agronomia (Ciência do Solo); Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Jaboticabal; Departamento de Solos e Adubos, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14.884-900, Jaboticabal, SP, Brasil; trs\_biologia@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia (Produção Vegetal); Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Jaboticabal; rmp Prado@fcav.unesp.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo); Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Jaboticabal; jara\_davallo@hotmail.com

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo); Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Jaboticabal; marciode@hotmail.com

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo); Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Jaboticabal; rafammontes@yahoo.com.br

<sup>6</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal); Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Jaboticabal; bernardoborges@aol.com

#### Resumo

Objetivou-se, com o presente estudo, avaliar os efeitos da aplicação de manganês no crescimento e na produção de matéria seca de plantas de capim-braquiária. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, cujos tratamentos consistiram em cinco doses de Mn (0; 15; 30; 60 e 120 mg dm<sup>-3</sup>), na forma de sulfato de Mn (35,5% de Mn). Aos 42 e 72 dias, após o transplante, foram realizados o primeiro e o segundo cortes, respectivamente, avaliando-se: área foliar total, número de perfilhos, altura, massa seca da parte aérea, teor e acúmulo de Mn na parte aérea das plantas. As doses de 72 a 81 mg dm<sup>-3</sup> de Mn proporcionaram a maior produção de massa seca da parte aérea das plantas. As doses de Mn no solo aumentaram o acúmulo de Mn na parte aérea das plantas, especialmente no segundo corte da forrageira. O capim-braquiária apresenta tolerância ao Mn para o primeiro ciclo da planta.

**Palavras-chave adicionais:** *Brachiaria decumbens*; nutrição de plantas; micronutriente; Mn

#### Abstract

The aim of the present study was to evaluate the effects of manganese on the growth and dry matter production of brachiaria plants. The treatments were the following : 0, 15, 30, 60, and 120 mg dm<sup>-3</sup> of Mn. The source of Mn was manganese sulfate (35.5% of Mn). At 42 and 72 days after transplantation, the first and the second cut, respectively, were made. The evaluated variables were the following: total leaf area, number of tillers, plant shoot height and dry matter, content and accumulation of Mn in the plant shoot. The doses from 72 to 81 mg dm<sup>-3</sup> resulted in the highest shoot dry matter production, specially at the second plant cut. Brachiaria plants showed to be tolerant to Mn in their first cycle.

**Additional keywords:** *Brachiaria decumbens*; plant nutrition; micronutrients; Mn

#### Introdução

No Brasil, as gramíneas do gênero *Brachiaria* são excelentes forrageiras perenes, com grande produção de massa foliar de boa qualidade, tendo-se firmado pela capacidade de adaptação às diversas condições ambientais e de manejo, e por isso, consistindo em uma das opções para formação de pastos (PUGA et al.,

2011; MONTEIRO et al., 1995; KISSMANN, 1997).

Porém, para a obtenção de altos níveis de produtividade das gramíneas, é preciso haver um equilíbrio na disponibilidade de nutrientes. Nesse sentido, os micronutrientes são importantes para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, pois atuam direta ou indiretamente no metabolismo dos vegetais (MALAVOLTA, 2006).

O manganês é um cofator de diversas enzimas, constituinte da enzima envolvida na fotólise da água no fotossistema II (PEITER et al., 2007; MALAVOLTA, 2006). Contudo, o excesso de Mn causa inibição da biossíntese de clorofila, um declínio na taxa fotossintética e induz reações com o oxigênio, as quais podem danificar as macromoléculas celulares (ROSAS et al., 2011). A toxicidade de Mn afeta principalmente funções no cloroplasto de algumas espécies vegetais (FÜHRS et al., 2008). SHENKER et al. (2004), estudando níveis de extrema deficiência e nutrição excessiva de Mn, observaram uma diminuição drástica na concentração de clorofila e no crescimento das plantas, respectivamente.

Alguns estudos com plantas forrageiras evidenciaram que os capins-mombaça, braquiária-brizantha e marandu (MINGOTTE et al., 2011; PUGA et al., 2011; GUIRRA et al., 2011) apresentam alta tolerância a elevadas doses de Mn, atingindo elevados teores do micronutriente na parte aérea e aumento na produção de massa seca das forrageiras. Entretanto, não foram encontradas informações sobre os efeitos da aplicação de manganês na *Brachiaria decumbens*. Considerando-se isto, foi proposto o presente estudo para avaliar os efeitos da aplicação de manganês no crescimento e na produção de massa seca de plantas de capim-braquiária.

## Material e métodos

O experimento foi instalado em casa de vegetação, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP, no período de agosto a outubro de 2011. Utilizou-se como planta-teste a *Brachiaria decumbens*, cultivada em vasos com capacidade de 4 dm<sup>3</sup>, contendo 3,5 dm<sup>3</sup> de amostras de um Latossolo Vermelho distrófico, textura média (EMBRAPA, 2006).

Nas amostras de solo coletadas na camada de 0 a 20 cm, realizou-se a análise química para fins de fertilidade, seguindo método descrito por RAIJ et al. (1987), obtendo-se os seguintes resultados: pH= 4,8; M.O.= 9 g dm<sup>-3</sup>; P (resina)= 4 mg dm<sup>-3</sup>; (H + Al)= 18 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB= 27,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V= 60%; CTC= 30,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K= 1,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca= 18 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg= 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; B= 0,11 mg dm<sup>-3</sup>; Cu= 1,2 mg dm<sup>-3</sup>; Fe= 5 mg dm<sup>-3</sup>; Zn= 0,2 mg dm<sup>-3</sup>, e Mn= 7,6 mg dm<sup>-3</sup>.

Inicialmente, realizou-se adubação básica antes do transplante: 200 mg dm<sup>-3</sup> de K (KCl p.a.), segundo BONFIM et al. (2004); 1,5 mg dm<sup>-3</sup> de Cu (CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O p.a.); 0,8 mg dm<sup>-3</sup> de B (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> p.a.); 4,0 mg dm<sup>-3</sup> de Fe [Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.4H<sub>2</sub>O p.a.]; 5,0 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (ZnSO<sub>4</sub>

p.a.); 0,15 mg dm<sup>-3</sup> de Mo (NaMoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O p.a.); 305 mg dm<sup>-3</sup> de P na forma de superfosfato simples [Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> + 2CaSO<sub>4</sub>]; 150 mg dm<sup>-3</sup> de N na forma de ureia [CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>], sendo 100 mg dm<sup>-3</sup> aplicadas antes do transplante e 50 mg dm<sup>-3</sup> aos 30 dias após o transplante, segundo indicações de MESQUITA et al. (2004).

Os tratamentos consistiram em cinco doses de Mn (0; 15; 30; 60 e 120 mg dm<sup>-3</sup>), aplicadas na forma de sulfato de manganês (35,5% Mn), dispostos em blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por um vaso contendo cinco plantas. A irrigação foi realizada diariamente pelo método de pesagem dos vasos, mantendo a umidade correspondente a 60% da capacidade de retenção, utilizando-se de água deionizada.

Aos 42 e 72 dias após o transplante, foi realizado o primeiro e o segundo cortes da forrageira, a 10 cm do solo. Na ocasião de ambos os cortes, foram avaliados em cada vaso: área foliar total, utilizando o medidor “Area Meter” (Licor Inc., Lincon, Nebraska, US), modelo LICOR LI-3000; número de perfilhos das plantas; altura das plantas, medida com régua do colo até a parte apical de cada planta. Após o primeiro corte da forrageira, foi realizada a adubação com 150 mg dm<sup>-3</sup> de N na forma de ureia [CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>].

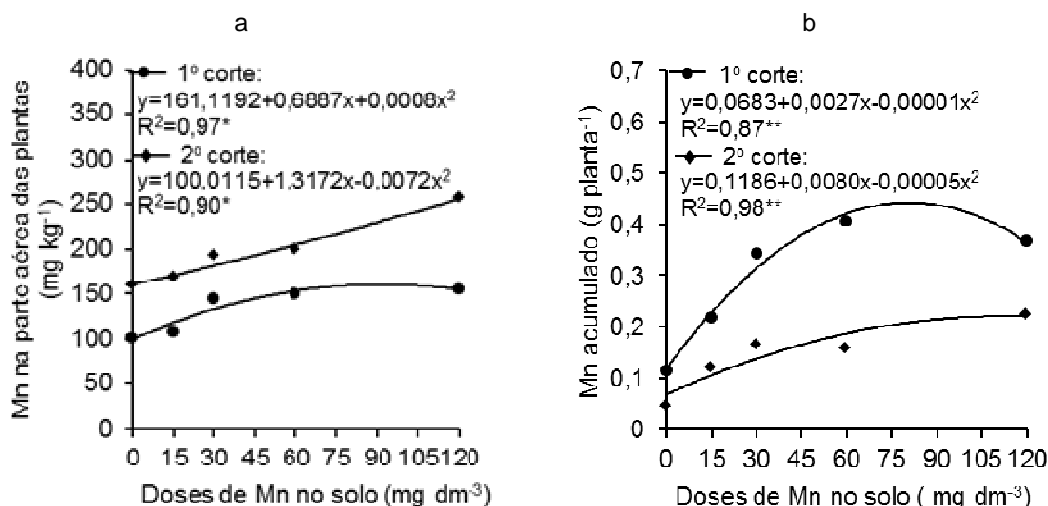
A parte aérea das plantas foram lavadas com solução detergente a 0,1% e água destilada, secas em estufa a 65 °C até atingir peso constante e avaliados a massa seca da parte aérea, o teor de Mn da parte aérea, determinado segundo metodologia descrita por BATAGLIA et al. (1983), e obteve-se o acúmulo de Mn na planta, a partir dos resultados dos teores de Mn e da massa seca da parte aérea das plantas.

Os resultados das características avaliadas foram submetidos à análise de variância e ajustados modelos lineares e quadráticos com uso do software SISVAR (FERREIRA, 2000).

## Resultados e discussão

O incremento das doses de Mn aumentou o teor e o acúmulo do nutriente (Figuras 1a e 1b) na parte aérea, atingindo, no primeiro e no segundo cortes, teores de 255 e 160 mg kg<sup>-1</sup>, e acúmulos de 0,3 e 0,4 mg de Mn por planta, respectivamente.

As plantas de *Brachiaria decumbens* reduziram a absorção de Mn na parte aérea com o incremento das doses de Mn no solo, fato observado também nos estudos de MINGOTTE et al. (2011). Porém, os altos teores de Mn na parte aérea da planta, em função das doses elevadas de Mn adicionadas ao solo, podem ter causado prejuízos em nível molecular e celular, porém não atingindo o nível de lesão tecidual.



**Figura 1** – Teor (a) e acúmulo (b) de Mn na parte aérea das plantas de *Brachiaria decumbens*, em dois cortes, em função da aplicação de manganês no solo. \*, \*\*: significativo a 1 e 5%, respectivamente, de probabilidade, pelo teste F. *Level (a) and accumulation (b) of Mn in Brachiaria decumbens plants in two cuts as influenced by manganese applied to the soil. \*, \*\* significant at the respective levels of 1 and 5% of probability according to the F test.*

A aplicação de manganês influenciou as variáveis de crescimento apenas no primeiro corte e o número de perfilhos, em ambos os cortes da forrageira. No primeiro corte, observou-se um incremento na altura e na área foliar da forrageira, com ajuste quadrático, sendo as doses que proporcionaram o ponto de máximo foram 80 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 2a) e 117 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 2b), respectivamente. O número de perfilhos da forrageira, no primeiro e no segundo cortes, atingiu ponto de máximo com as doses de 82 e 72 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 2c), respectivamente.

Apesar de o Mn ser considerado um elemento essencial para o desenvolvimento das plantas, sua alta disponibilidade para as mesmas pode limitar seu crescimento (FÜHRS et al., 2008; KOPITKE et al., 2011). ROSAS et al. (2011), estudando o efeito de doses de Mn no crescimento das plantas, verificaram que o Mn em excesso no meio foi responsável por diminuições significativas na parte aérea e raízes de plantas de azevém perene e de trevo-branco. Os autores explicaram que este fato ocorreu devido às altas concentrações de Mn no solo.

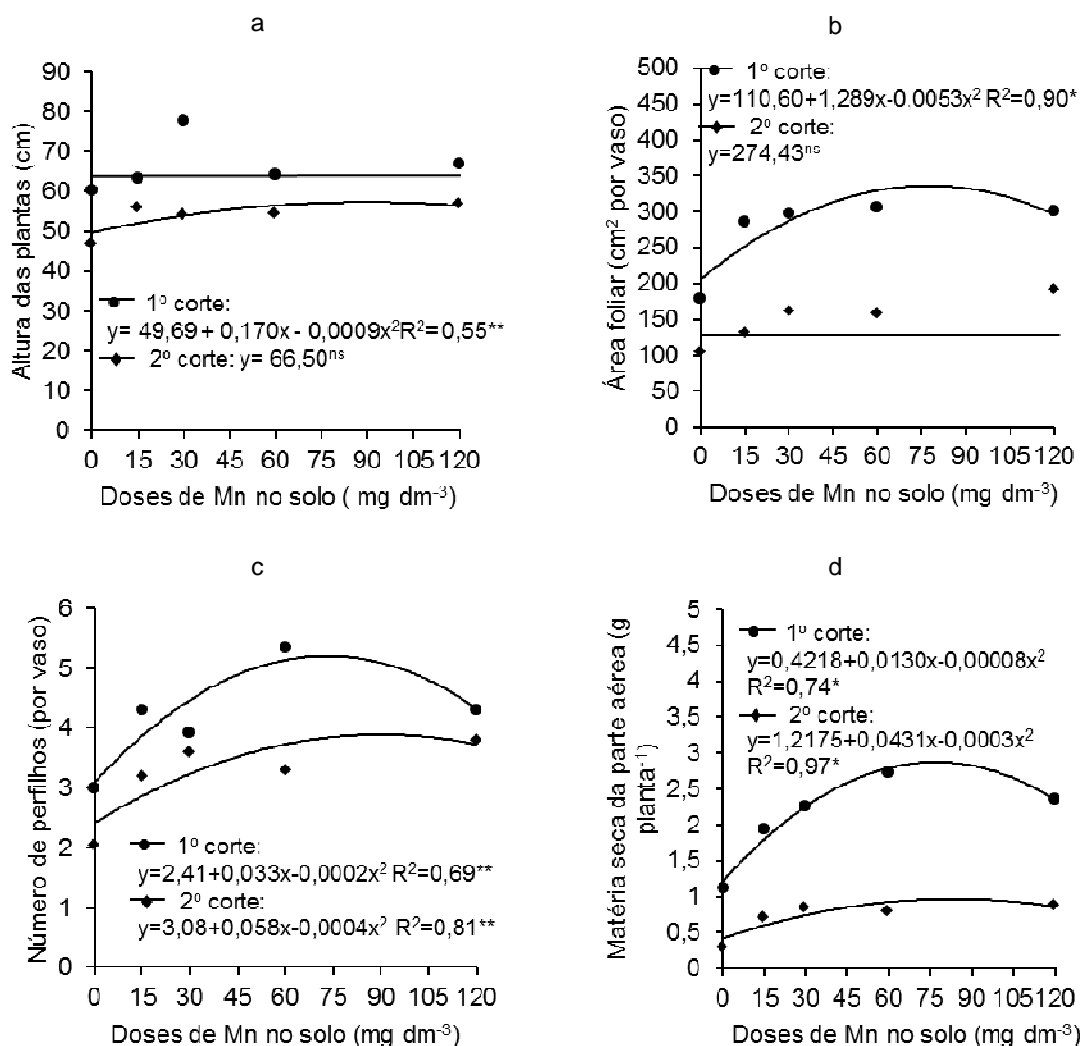
Houve aumento na produção de massa seca da forrageira, no primeiro e segundo cortes (Figura 2d), com o incremento das doses de Mn, possivelmente reflexo do efeito desse micronutriente nas variáveis de crescimento (MARSCHNER, 1995), resultados observados neste estudo (Figuras 2a, 2b e 2c).

Observou-se que as doses de Mn de 72 e 81 mg dm<sup>-3</sup> que proporcionaram a máxima produção de massa seca da parte aérea, estive-

ram associadas ao teor de Mn na parte aérea de 215 e 159 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Os teores de Mn estariam dentro da faixa considerada adequada para gramíneas forrageiras (80 a 300 mg kg<sup>-1</sup>), segundo MALAVOLTA (2006).

Cabe salientar que o uso de maiores doses do micronutriente no solo proporcionou alto teor de Mn na parte aérea da planta, em ambos os cortes, e resultou em aumentos na produção de massa seca da forrageira. Quando se compara a dose de Mn que proporcionou a maior produção de massa seca com a máxima dose do nutriente utilizada, nota-se maior diminuição desta variável no segundo corte (33%) em relação ao primeiro corte (12%), pois os teores de Mn atingidos foram maiores no segundo corte (256 mg kg<sup>-1</sup>) em detrimento do primeiro corte (159 mg kg<sup>-1</sup>). Essa maior diminuição da massa seca das plantas, no segundo corte em relação ao primeiro corte, possivelmente, ocorreu devido à maior absorção do nutriente no segundo corte (Figura 1b).

Apesar de não serem observados sintomas típicos de toxicidade de Mn, como encarquilhamento das folhas ou a presença de pontuações marrons nas folhas (GUIRRA et al., 2011.; PEITER et al., 2007), houve diminuição no desenvolvimento das plantas, provavelmente devido à redução da fotossíntese, clorofila a e b e de seus conteúdos da biossíntese, bem como uma redução de carotenoides (MILLALEO et al., 2010), causando estresse oxidativo (KOPITKE et al., 2011).



**Figura 2** – Altura das plantas (a), área foliar (b), número de perfilhos (c) e massa seca da parte aérea das plantas (d) de *Brachiaria decumbens*, em dois cortes, em função da aplicação de manganês no solo. <sup>ns</sup>, \*, \*\*: não significativo; significativo a 1 e 5%, respectivamente, de probabilidade, pelo teste F. *Brachiaria decumbens* plants height (a), leaf area (b), number of tillers (c), and shoot dry matter (d) in two cuts as influenced by manganese applied to the soil. \*, \*\* significant at the respective levels of 1 and 5% of probability according to the F test.

### Conclusões

As doses de Mn no solo aumentam o acúmulo de Mn na parte aérea das plantas, especialmente no segundo corte da forrageira.

O capim-braquiária apresenta tolerância ao Mn, para o primeiro ciclo da planta.

### Referências

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

BONFIM, E.M.S.; FREIRE, F.J.; SANTOS, M.V.F.; SILVA, T.J.A.; FREIRE, M.B.G.S. Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* e suas relações com características físicas e químicas em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.2, p.281-288, 2004.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 2006. 306p.

- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p.255-258.
- FÜHRS, H.; HARTWIG, M.; MOLINA, L.E.B.; HEINTZ, D.; DORSSELAER, A.V.; BRAUN, H.; HORST, W.J. Early manganese – toxicity response in *Vigna unguiculata* L. – a proteomic and transcriptomic study. **Proteomics**, Weinheim, v.8, p.149-159, 2008.
- GUIRRA, A.P.P.M.; FIORENTIN, C.F.; PRADO, R.M.; CAETANO, M.C.T.; FELICI, A.C. Tolerância do capim marandu a doses de manganês. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.3, p.413-419, p.413-419, 2011.
- KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: Basf Brasileira, 1997. 825p.
- KOPITTKE, P.M.; BLAMEY, F.P.C.; WANG, P.; MENZIES, N.W. Calculated activity of Mn<sup>2+</sup> at the outer surface of the root cell plasma membrane governs Mn nutrition of cowpea seedlings. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, p.1-9, 2011.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MESQUITA, E.E.; PINTO, J.C.; FURTINI NETO, E.; SANTOS, I.P.A.; TAVARES, V.B. Teores críticos de fósforo em três solos para o estabelecimento de capim-Mombaça, capim-Marandu e capim-Andropogon em vasos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, n.2, p.290-301, 2004.
- MILLALEO, R.; REYES-DÍAZ, M.; IVANOV, M.L.; MORA, M.L.; ALBERDI, M. Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.10, n.4, p.476-494, 2010.
- MINGOTTE, F.L.C.; SANTOS, C.L.R.; PRADO, R.M.; FLORES, R.A.; TOGORO, A.H.; SILVA, J.A.S.; POLITI, L.S.; PINTO, A.S.; AQUINO, D.S. Manganês na nutrição e na produção de massa seca de capim-mombaça. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.6, p.879-887, 2011.
- MONTEIRO, F.A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, D.D.; ABREU, J.B.R.; DAIUB, J.A.S.; SILVA, J.E.P.; NATALE, W. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, p.135-141, 1995.
- PUGA, A.P.; PRADO, R.M.; MELO, D.M.; GUIDO, I.M.; ORTEGA, K.; CARDOSO, S.S.; ALMEIDA, T.B. Efeitos da aplicação de manganês no crescimento, na nutrição e na produção de matéria seca de plantas de *Brachiaria brizantha* (cv. MG4) em condições de casa de vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.58, n.6, p.811-816, 2011.
- PEITER, E.; MONTANINI, B.; GOBERT, A.; PEDAS, P.; HUSTED, S.; MAATHUIS, F.J.M.; BLAUDEZ, D.; CHALOT, M.; SANDERS, D. A secretory pathway – localized cation diffusion facilitator confers plant manganese tolerance. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Calcutta, v.104, n.20, p.8532-8537, 2007.
- RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.
- ROSAS, A.; RENGEL, Z.; RIBERA, A.; MORA, M.L.L. Phosphorus nutrition alleviates manganese toxicity in *Lolium perenne* and *Trifolium repens*. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.174, p.210-219, 2011.
- SHENKER, M.; PLESSNER, O.E.; TEL-OR, E. Manganese nutrition effects on tomato growth, chlorophyll concentration, and superoxide dismutase activity. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.161, p.197-202, 2004.