

EFEITO DA ADUBAÇÃO SILICATADA SOBRE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO¹

Pedro Henrique Korndörfer², Gisele Carneiro da Silva³,
Itamar Rosa Teixeira⁴, Alessandro Guerra da Silva⁵, Rogério Soares de Freitas⁶

ABSTRACT

EFFECT OF SILICON FERTILIZER ON FORAGE GRASSES AND SOIL CHEMICAL CHARACTERISTICS

This research assessed the effect of calcium silicate application to soil surface on dry matter production and Si concentration on grass shoots, as well as chemical characteristics of a soil under degraded forage grass pasture. The experiment was carried out in a greenhouse, using a completely randomized design, in a 5x2 factorial arrangement, with four replicates. Treatments consisted of five calcium silicate doses (0 kg ha⁻¹; 500 kg ha⁻¹; 1,000 kg ha⁻¹; 1,500 kg ha⁻¹; and 2,000 kg ha⁻¹) and two forage grasses (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu and *Panicum maximum* cv. Mombaça). Shoot cuttings were performed at 45 and 95 days after sowing. Shoot dry mass accumulation and absorbed Si foliar concentrations were quantified, besides soil pH, Ca, P, Al, and V values, after grass harvesting. Calcium silicate application induced higher absorption of Si in Marandu, as well as in Mombaça. Marandu cultivar dry mass accumulation did not differ from Mombaça. Calcium silicate application increased pH and soil base saturation decreased the aluminum level.

KEY-WORDS: *Brachiaria brizantha*; *Panicum maximum*; silicon; acidity correction.

RESUMO

Este trabalho avaliou o efeito da aplicação superficial de doses de silicato de cálcio sobre a produção de matéria seca e as concentrações de Si na parte aérea, assim como os atributos químicos do solo em pastagem degradada de gramíneas forrageiras, cultivadas em casa-de-vegetação. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x2, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco doses de silicato de cálcio (0 kg ha⁻¹, 500 kg ha⁻¹, 1.000 kg ha⁻¹, 1.500 kg ha⁻¹ e 2.000 kg ha⁻¹) e duas gramíneas forrageiras (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça). Foram realizados dois cortes, aos 45 e 95 dias após a semeadura, sendo quantificada a produção de massa seca da parte aérea e as concentrações foliares de Si absorvido pelas plantas, além dos valores de pH, Ca, P, Al e V no solo, após a colheita das gramíneas. A aplicação de silicato de cálcio resultou em maior absorção de silício, tanto na cv. Marandu como na cv. Mombaça. A produção de massa seca da cv. Marandu não diferiu da cv. Mombaça. O silicato de cálcio aumentou o pH e a saturação por bases do solo e reduziu o teor de alumínio.

PALAVRAS-CHAVE: *Brachiaria brizantha*; *Panicum maximum*; silício; corretivo de acidez.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui cerca de 172 milhões de hectares de pastagens nativas e cultivadas, com predominância do gênero *Brachiaria*, espécies *B. decumbens* e *B. brizantha* (IBGE 2007), muitas já com mais de 15 anos de pastejo sem manejo (Boddey et al. 2004). Atualmente, estima-se que, de um total de 54,2 mi-

lhões de hectares de área de pastagens cultivadas com braquiárias, a curto e médio prazo, mais de 30 milhões necessitem ser recuperados, porque já estão degradados ou em processo acentuado de declínio de produção (Sano et al. 2008).

Uma das razões da resistência do capim braquiária, em solos do Cerrado, pode ser sua capacidade de absorver e acumular Si na epiderme das

1. Trabalho recebido em maio/2008 e aceito para publicação em maio/2010 (nº registro: PAT 3922/ DOI: 10.5216/pat.v40i2.3922).

2. University of Florida, The Everglades Research and Education Centre (EREC), Department of Agronomy, Belle Glade, FL, USA. E-mail: pekagro@hotmail.com.

3. Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Departamento de Agricultura, Goiânia, GO, Brasil. E-mail: gisele.carneiro@yahoo.com.br.

4. Universidade Estadual de Goiás, Unidade de Ipameri, Setor de Agronomia, Ipameri, GO, Brasil. E-mail: itamar.teixeira@ueg.br.

5. Universidade de Rio Verde, Fazenda Fontes do Saber, Departamento de Agronomia, Rio Verde, GO, Brasil. E-mail: silvaag@bol.com.br.

6. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Pólo Regional do Noroeste Paulista, Setor de Agricultura, Votuporanga, SP, Brasil. E-mail: freitasrs10@yahoo.com.br.

folhas, atenuando os efeitos tóxicos do alumínio (Al), manganês (Mn) e ferro (Fe) e aumentando a disponibilidade de fósforo (P), como ocorre em outras poáceas (Cocker et al. 1998, Korndörfer et al. 2001a). Esse acúmulo de sílica nas folhas provoca redução na transpiração e faz com que a exigência de água pelas plantas seja menor, fato que pode ser de extrema importância para as poáceas que crescem em solos onde o período de estiagem é longo e severo (Melo et al. 2003). Além disso, o silício (Si) acumulado na folha permite que esta fique mais ereta e, com isso, há aumento da área foliar exposta à luz solar (Epstein 1999, Crusciol 2006). Outros efeitos benéficos do Si têm sido observados em várias poáceas que o acumulam, especialmente quando estas plantas são submetidas a estresses bióticos e/ou abióticos (Rafi et al. 1997, Korndörfer et al. 1999), a exemplo das pragas e doenças (Savant et al. 1997, Neri et al. 2005, Buck et al. 2008, Rezende et al. 2009, Zanão Júnior et al. 2009). Aumentos de produtividade com a adubação silicatada já foram constatados em outras poáceas, como cana-de-açúcar (Korndörfer et al. 2002) e arroz (Pereira et al. 2004, Ramos et al. 2008).

As espécies variam de acordo com as concentrações de Si presentes no tecido vegetal, podendo ser classificadas em função da relação molar Si:Ca. Em relações acima de um, as plantas são consideradas acumuladoras; quando apresentam relação entre um e 0,5, são consideradas intermediárias; e, menores do que 0,5, são consideradas não acumuladoras (Ma et al. 2001). A braquiária é classificada como acumuladora, ou seja, todos os benefícios atribuídos ao Si podem ser verificados nesta cultura.

Como grande parte das áreas de pastagens no País apresenta graus variados de degradação, pode-se afirmar que, sob esta condição, a braquiária fornece, em geral, volumoso de baixa qualidade. Entretanto, sua grande capacidade de produção de sementes e adaptação a solos ácidos e ao prolongado déficit hídrico têm permitido elevar a capacidade de suporte das pastagens brasileiras, fornecendo forragem o ano todo. Assim, a braquiária é considerada uma das forrageiras responsáveis pela viabilização econômica da pecuária, principalmente em solos de baixa fertilidade, como os do Cerrado brasileiro.

Os solos do Cerrado, em sua maioria, são altamente intemperizados, ácidos e pobres em Si disponível para as plantas. O calcário tem sido, predominantemente, utilizado para corrigir a acidez do

solo, mas o faz apenas na camada arável. Os silicatos, assim como os carbonatos, podem elevar o pH do solo, fornecer Ca e Mg e aumentar a saturação por bases, neutralizando o Al trocável (Alcarde 1992). Alguns estudos, como o de Datnoff et al. (2001), sugerem que o silicato talvez possa corrigir a acidez do solo, além da camada arável.

A pesquisa agrônômica tem buscado amenizar os custos de produção e o impacto da agricultura no meio ambiente, usando, para isso, produtos menos poluentes e de baixo custo para o agricultor. Neste sentido, o uso de Si pode se constituir em uma alternativa importante para o manejo de pragas e doenças, com reflexos interessantes para o aumento da produtividade das pastagens. Acredita-se que a adubação das pastagens com fontes de Si, além de diminuir a incidência de doenças, possa, também, reduzir o ataque de insetos, como, por exemplo, as cigarrinhas, diminuindo, assim, o consumo de inseticidas. Lima Filho (2006) relatou que a inclusão da adubação silicatada no manejo nutricional das plantas visa à obtenção de lavouras mais saudáveis, resistentes e produtivas, além de possibilitar a obtenção de alimentos com teores adequados de Si para a população.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar os efeitos das doses de silicato de cálcio sobre a produção de massa seca e concentração de Si na parte aérea das poáceas forrageiras *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça, bem como as alterações nas características químicas do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação da Universidade Estadual de Goiás, localizada na Unidade Universitária de Ipameri, em Ipameri (GO), no período de agosto de 2005 a junho de 2006. As coordenadas geográficas são 17°43'19" de latitude Sul e 48°09'35" de longitude Oeste. A altitude do município é de 820 m e o clima regional é classificado como Cwa-Mesotérmico úmido, com precipitação e temperatura média anual de 1.750 mm e 25°C, respectivamente (Goiás 2006).

Uma amostra de Latossolo vermelho-amarelo distrófico (Embrapa 2006) foi coletada na camada superficial (0-10 cm) e caracterizada química e fisicamente, apresentando os seguintes resultados: pH H₂O (1:2,5) de 4,9; 7,0 mg dm⁻³ de P (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); 105 mg dm⁻³ de K (HCl 0,05 N +

H₂SO₄ 0,025 N); 3,6 mg dm⁻³ de Si (Extrator CaCl₂); 0,3 cmol_c dm⁻³ de Ca (Extrator KCl 1 N); 0,3 cmol_c dm⁻³ de Mg (Extrator KCl 1 N); 0,5 cmol_c dm⁻³ de Al (Extrator KCl 1 N); 3,6 cmol_c dm⁻³ de H+Al (Extrator de Acetato de Ca 1 N 7,0); 26% de V; 1,5 mg dm⁻³ de Cu (Extrator Melihch-1); 32,0 mg dm⁻³ de Fe (Extrator Melihch-1); 10,2 mg dm⁻³ de Mn (Extrator Melihch-1); 2,1 mg dm⁻³ de Zn (Extrator Melihch-1); 2,1 dag kg⁻¹ de carbono orgânico (Método Walkley-Black); 352 g kg⁻¹ de areia; 23 g kg⁻¹ de silte; e 180 g kg⁻¹ de argila (Método da Pipeta).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x5, com quatro repetições. Os tratamentos envolveram duas forrageiras (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça) e cinco doses (0 kg ha⁻¹, 500 kg ha⁻¹, 1.000 kg ha⁻¹, 1.500 kg ha⁻¹ e 2.000 kg ha⁻¹) de silicato de cálcio - CaSiO₃ (Vansil EW-10[®], Ipiranga Química), contendo 31% de Ca e 24 % de SiO₂.

A calagem foi realizada 60 dias antes da semeadura, de modo a elevar o valor da saturação de bases para 45% (Alvarez V. & Ribeiro 1999), utilizando-se calcário dolomítico, com PRNT de 85%. Por ocasião da semeadura, todos os tratamentos receberam adubação básica com N, P, K e micronutrientes, nas seguintes doses: N - três aplicações (na semeadura, aos 30 e 60 dias), total de 60 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte a ureia; P₂O₅ - dose única, com aplicação de 240 kg ha⁻¹, empregando-se, como fonte, o superfosfato simples; K₂O - parcelado juntamente com o N, na dose total de 100 kg ha⁻¹, utilizando-se KCl como fonte; e 50 kg de micronutrientes, na forma de fritas FTE BR12 (9% de Zn, 1,8% de B, 2% de Mn, 0,8% de Cu, 0,1% de Mo e 3% de Fe), conforme sugestão modificada de Cantarutti et al. (1999). O Si foi incorporado ao solo 30 dias antes da semeadura, seguindo recomendação de Korndörfer et al. (1999). Posteriormente, toda a mistura de solo (4,0 dm³) foi homogeneizada e colocada em vasos com capacidade de cinco litros, sendo que cada vaso correspondeu a uma unidade experimental.

Semearam-se sete sementes por vaso e, após dez dias, quando as plântulas apresentavam o coleóptilo acima do solo, foi realizado desbaste, deixando-se cinco plântulas por vaso. Os vasos foram irrigados diariamente, procurando-se manter a umidade do solo próxima a 80% de sua capacidade máxima.

Realizaram-se dois cortes, aos 45 e 95 dias após a semeadura (DAS), sendo quantificado o Si absorvido pelas plantas, pela extração em CaCl₂ (Korndörfer et al. 2004), e a produção de massa seca da parte aérea. Ao final do experimento, em cada tratamento, foram retiradas amostras do solo, para avaliação dos valores de pH, P, Ca, Al e V (%), seguindo metodologia proposta pela Embrapa (1997).

Os dados foram submetidos a análise de variância e, quando detectada diferença entre as médias dos tratamentos qualitativos, procedeu-se ao teste Tukey, a 5% de probabilidade, para detecção das diferenças, enquanto os tratamentos quantitativos foram submetidos a análise de variância e, posteriormente, análise de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As duas espécies forrageiras, *B. brizantha* e *P. maximum*, não diferiram, significativamente, quanto à concentração de Si na parte aérea (Figura 1), resultado, este, diferente do encontrado por Melo et al. (2003), que obtiveram menores concentrações de Si na parte aérea de *B. brizantha*, comparativamente a *B. decumbens*.

As concentrações máximas de Si, no primeiro e segundo cortes, na parte aérea das gramíneas *B. brizantha* e *P. maximum*, submetidas à maior dose de silicato de cálcio (2.000 kg ha⁻¹), foram, respectivamente, 1,0 g kg⁻¹ e 2,2 g kg⁻¹ (Figuras 1a e 1b), portanto próximas aos valores obtidos por Melo et al. (2003), com *B. decumbens* (1,0 g kg⁻¹) e *B. brizantha* (0,9 g kg⁻¹), em três épocas de corte. Para cana-de-açúcar, planta considerada acumuladora de Si, Anderson & Bowen (1992) sugeriram, como nível crítico nas folhas, valor maior que 1,0 g kg⁻¹. Conforme Korndörfer et al. (1999, 2002), no Brasil, ainda não há, na literatura, valores de referência de Si, para que se possa enquadrar as faixas de suficiência, deficiência e toxidez para as plantas.

A aplicação de silicato aumentou, significativamente, a concentração de Si na parte aérea das duas espécies, tanto no primeiro como no segundo corte (Figura 1), corroborando os resultados de Pereira et al. (2004), que destacam a existência de estreita relação entre as concentrações foliares e a dose de Si aplicada. As concentrações de Si, nas folhas, foram duplicadas, quando comparadas à testemunha, com a dose máxima de Si (2.000 kg ha⁻¹). O aumento da concentração de Si, na parte aérea, indicou que a

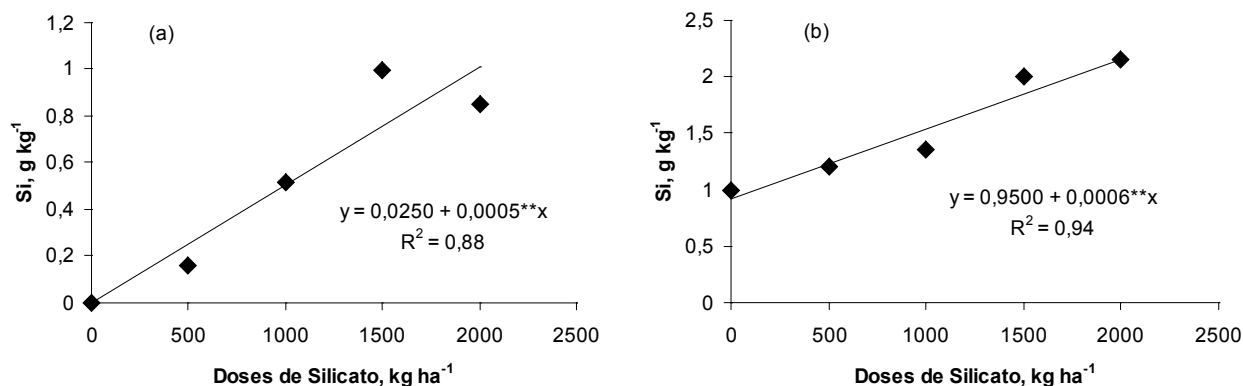


Figura 1. Concentrações médias de Si, na parte aérea de *Brachiaria brizantha* cv. Mombaça e *Panicum maximum* cv. Marandu, no primeiro (a) e segundo (b) cortes, em função das doses de silicato (Ipameri, GO, 2005/2006).

fonte de Si utilizada é reativa e bastante eficiente na disponibilização de Si no solo e para a planta. A concentração de Si, no segundo corte, foi, em média, superior à do primeiro corte. Isto se deve, provavelmente, ao maior desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, à maior absorção no segundo corte. Snyder (1991) ressaltou que a adubação silicatada somente deve ser utilizada em solos com teores de Si inferiores a 10 mg dm^{-3} , situação, esta, encontrada no presente experimento, já que os teores iniciais de Si no solo eram de $3,6 \text{ mg dm}^{-3}$, o que subsidia os resultados obtidos.

As doses de silicato não afetaram a produção de massa seca nas forrageiras, tanto no primeiro como no segundo cortes (Tabela 1). Este resultado corrobora a pesquisa desenvolvida por Melo et al. (2003), com *B. decumbens* e *B. brizantha*, onde relataram que a aplicação de Si no solo promoveu aumento nas concentrações deste nutriente nas folhas, mas não

alterou a produção de massa seca. As diferenças na concentração de Si não foram suficientes para afetar o desenvolvimento vegetativo das forrageiras. Isto pode ser explicado, em parte, devido às condições nas quais estas espécies foram estudadas, isto é, não foram submetidas ao ataque de pragas e doenças ou a déficit hídrico, pois o uso do Si na adubação se manifesta positivamente, principalmente quando as plantas estão sujeitas a algum tipo de estresse, seja ele biótico ou abiótico (Rafi et al. 1997, Korndörfer et al. 1999).

A partir das análises de solo realizadas ao final do experimento, após a colheita da massa fresca, pode-se observar que houve mudanças nas características químicas do solo. Os valores de pH aumentaram com as doses de silicato (Figura 2a). Este comportamento pode ser explicado pela capacidade que o silicato tem de neutralizar prótons (Alcarde 1992).

Tabela 1. Produção de massa seca da parte aérea de *Brachiaria brizantha* cv. Mombaça e *Panicum maximum* cv. Marandu, durante o primeiro e segundo cortes, em função de doses crescentes de silicato de cálcio (Ipameri, GO, 2005/2006).

Doses de silicato	Massa seca da parte aérea			
	1º corte (45 dias após emergência)		2º corte (95 dias após emergência)	
	cv. Marandu	cv. Mombaça	cv. Marandu	cv. Mombaça
kg ha ⁻¹	g/vaso			
0	2,5	3,0	3,3	3,0
500	2,5	2,5	3,5	3,5
1.000	2,0	2,0	3,5	3,6
1.500	1,2	1,5	3,8	3,0
2.000	1,7	2,0	4,0	3,8
Média geral	2,0	2,2	3,5	3,4
D.M.S. (5%)	0,5		0,3	
C.V. (%)	38,9		14,9	

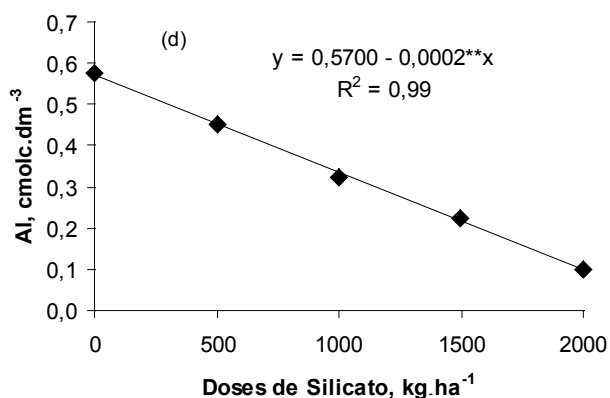
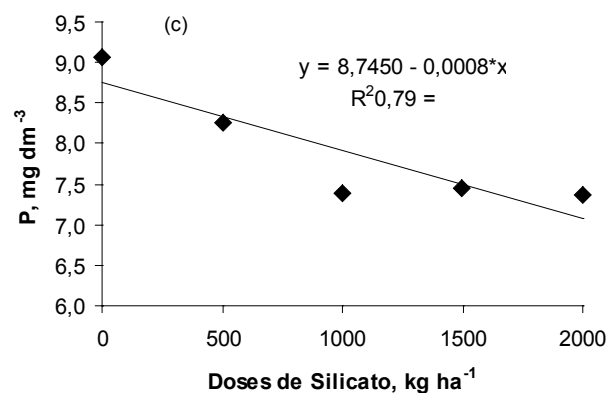
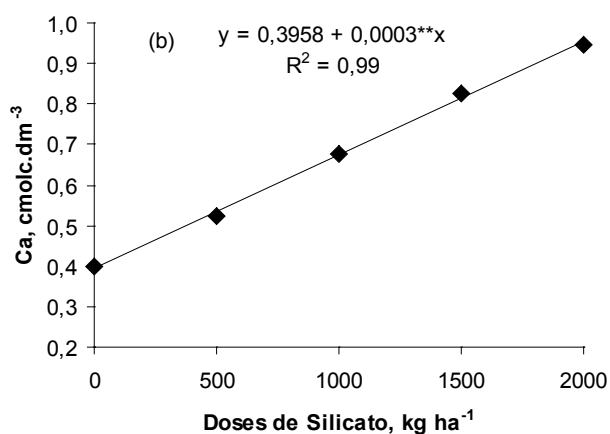
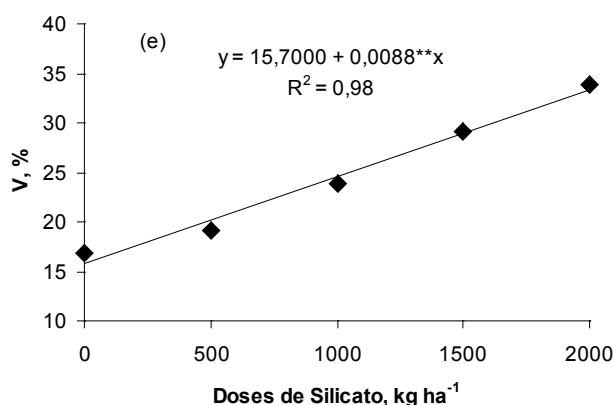
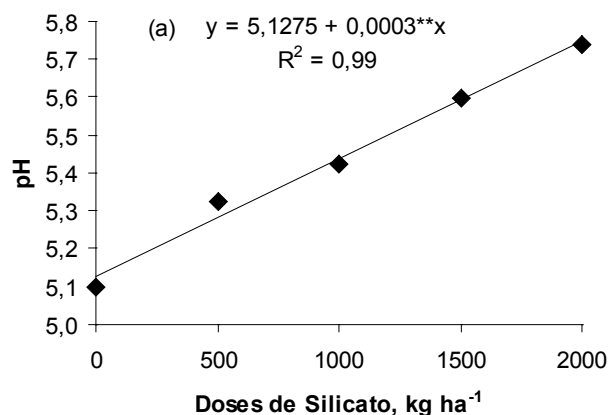


Figura 2. Valores médios de pH em H₂O (a), cálcio (b), fósforo (c), alumínio (d) e saturação de bases - V% (e) do solo, ao final do experimento, após o cultivo com *Brachiaria brizantha* cv. Mombaça e *Panicum maximum* cv. Marandu, em função das doses de silicato de cálcio (Ipameri, GO, 2005/2006).

O teor de Ca trocável também aumentou com as doses de silicato, o que pode ser explicado pela elevada quantidade de Ca no silicato de cálcio (31% de Ca). O teor de Ca no solo, no tratamento testemunha, foi de 0,4 cmol_c dm⁻³, enquanto, na dose máxima de silicato utilizada, o teor de Ca atingiu 0,9 cmol_c dm⁻³ (Figura 2b). Com relação aos teores de P, observou-se que a adição do adubo silicatado promoveu decréscimo dos seus valores no solo (Figura 2c), resultado, este, diferente dos observados por Cocker et al. (1998) e Korndörfer et al. (2001a).

O aumento do pH do solo provoca maior concentração de oxidrilas, as quais são capazes de precipitar o Al³⁺ (Figura 2d), reduzindo seu teor em solução. A saturação por bases (Figura 2e) também aumentou com as doses de silicato, passando de 17%, no tratamento testemunha, para 34%, na dose máxima de silicato (2.000 kg ha⁻¹). Com relação aos valores de pH, Ca, P, Al e V%, verifica-se que estes variaram em função dos níveis de silicato aplicados, principalmente em relação ao cálcio e magnésio, na profundidade amostrada (0-10 cm). Resultados semelhantes foram observados por Korndörfer et al. (2001b).

Os resultados nas alterações químicas do solo, promovidas pela aplicação do silicato de cálcio, corroboram os relatos de Savant et al. (1997), os quais salientam que o uso desta fonte poderia ser aplicado como corretivo de solo, com a vantagem de possuir Si em sua composição, o que tornaria as plantas menos suscetíveis a estresse, especialmente as poáceas forrageiras.

CONCLUSÕES

1. O silicato de cálcio é eficiente para elevar as concentrações de Si, nas plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça, mas não alterou a produção de massa seca das espécies.
2. O silicato de cálcio aumentou os valores de pH, neutralizou o alumínio e aumentou a saturação por bases do solo.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Gaspar Henrique Korndörfer, da Universidade Federal de Uberlândia, pela realização das análises de solo e folha.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. *Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas*. São Paulo: ANDA, 1992. (Boletim técnico, 6).
- ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 43-66.
- ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. *Nutrição da cana*. Piracicaba: Potafos, 1992.
- BODDEY, R. M. et al. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 103, n. 2, p. 389-403, jul. 2004.
- BUCK, G. B. et al. Potassium silicate as foliar spray and rice blast control. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 31, n. 2, p. 231-237, fev. 2008.
- COCKER, K. M.; EVANS, D. E.; HODSON, M. J. The amelioration of aluminum toxicity by silicon in higher plants: solutions chemistry or in plant mechanism? *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 104, n. 4, p. 608-614, 1998.
- CRUSCIOL, C. A. C. Silício para as gramíneas forrageiras. *Campo e Negócios*, Uberlândia, v. 4, n. 1, p. 14-15, jan. 2006.
- DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. *Silicon in agriculture*. Amsterdam: Elsevier, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: CNPS, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, DF: CNPS, 2006.
- EPSTEIN, E. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, v. 50, n. 1, p. 641-664, jun. 1999.
- GOIÁS (Estado). Secretaria de Planejamento. *Coordenadas geográficas dos municípios*. 2006. Disponível em: <<http://portalsepin.seplan.go.gov.br/anuario/situacaofisica/tabela1.htm>>. Acesso em: 17 abr. 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo agropecuário 1920/2006*. 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/series_estatisticas/exibedados.php?idnivel=BR&idserie=AGRO04>. Acesso em: 04 dez. 2009.
- KORNDÖRFER, G. H. et al. Calibration of soil and plant silicon analysis for rice production. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 24, n. 7, p. 1071-1084, 2001a.
- KORNDÖRFER, C. M.; ABDALA, A. L.; BUENO, I. C. S. O silício e as gramíneas no Cerrado. *Veterinária Notícias*, Uberlândia, v. 7, n. 2, p. 153-163, 2001b.
- KORNDÖRFER, G. H. et al. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício e na produção de grãos de arroz de sequeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 5, p. 635-641, 1999.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. *STAB*, Piracicaba, v. 21, n. 1, p. 6-9, 2002.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. *Análise de silício no solo, planta e fertilizante*. Uberlândia: UFU, 2004. (Boletim técnico, 2).
- LIMA FILHO, O. F. O silício em sistemas intensivos de produção agropecuária. In: FERTIBIO, 5., 2006, Bonito. *Anais...* Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1 CD-ROM.
- MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. *Silicon in agriculture: studies in plant science*. Amsterdam: Elsevier, 2001. p. 17-39.
- MELO, S. P. et al. Silicon accumulation and water deficit tolerance in *Brachiaria* grasses. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 755-759, 2003.
- NERI, D. K. P.; MORAES, J. C.; GAVINO, M. A. Interação silício com inseticida regulador de crescimento no manejo da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1167-1174, nov./dez. 2005.

- PEREIRA, H. S. et al. Silicon sources for rice crop. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 61, n. 5, p. 522-528, set./out. 2004.
- RAFI, M. M.; EPSTEIN, E.; FALK, R. H. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Physiology*, Stuttgart, v. 151, n. 4, p. 497-501, 1997.
- RAMOS, L. A.; KORNDÖRFER, G. H.; NOLLA, A. Acúmulo de silício em plantas de arroz do ecossistema de várzea submetido à aplicação de diferentes fontes. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 3, p. 751-757, 2008.
- REZENDE, D. C. et al. Effect of root and foliar applications of silicon on brown spot development in rice. *Australasian Plant Pathology*, Collingwood, v. 38, n. 1, p. 67-73, 2009.
- SANO, E. E. et al. Mapeamento semidetalhado do uso da terra no bioma Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 43, n. 1, p. 153-156, jan. 2008.
- SAVANT, N. K.; SNYDER, G. H.; DATNOFF, L. E. Silicon management and sustainable rice production. *Advances in Agronomy*, New York, v. 58, n. 1, p. 151-199, 1997.
- SNYDER, G. H. Development of a silicon soil test for histosol-grown rice. In: _____. *Belle Glade Everglades Research and Education Centre Research Report EV-1991*. Belle Glade: University of Florida, 1991. p. 29-39.
- ZANÃO JÚNIOR, L. A. et al. Rice resistance to brown spot mediated by silicon and its interaction with manganese. *Journal of Phytopathology*, St. Paul, v. 157, n. 2, p. 73-78, 2009.