

INFLUENCIA DA ADUBAÇÃO SILICATADA NO APROVEITAMENTO DE SILÍCIO E TEOR FOLIAR DE NUTRIENTES NA BRAQUIARIA BRIZANTHA.

Robson Thiago Xavier de Sousa¹ Ana Paula dos Santos²

¹Engenheiro Agrônomo, pós graduando em Agronomia na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia – MG (robsontxs@yahoo.com.br).

²Engenheira Agrônoma, mestranda em Agronomia na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia – MG.

RESUMO

O capim Marandu (*Brachiaria brizantha*) é uma espécie acumuladora de silício (Si), capaz de responder a adubação silicatada, principalmente em solos pobres desse elemento. Objetivou-se estudar o aproveitamento do Si proveniente de uma escória de siderurgia bem como a influência do Si nos teores foliares de nutrientes pelo capim Marandu (*Brachiaria brizantha*). Conduziu-se o ensaio na casa de vegetação, da Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia-MG, entre 31 de março de 2009 a 04 de junho de 2009. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos (0, 200, 400, 800 e 1600 kg ha⁻¹ de Si) e quatro repetições. O capim foi cultivado em vasos plásticos (10 L). Os teores de Si disponíveis no solo aumentaram linearmente com as doses de escória aplicadas. A *Brachiaria brizantha* recuperou em média 7,0%, do Si aplicado, os nutrientes N, Mg, S, Cu, e Fe não foram influenciados com a aplicação de Si e os nutrientes P, K, Ca, B, Mn e Zn tiveram suas concentrações diminuídas na folha com a aplicação das doses de silicato. Concluiu-se que a *Brachiaria brizantha* foi capaz de recuperar pouco Si do silicato aplicado, se comparado com a recuperação de outros nutrientes. A aplicação de escória elevou o teor de Si disponível no solo, propiciando maior acúmulo de Si na planta. A matéria seca da parte aérea do capim *Braquiaria brizantha* foi reduzida com a elevação dos teores de Si no solo.

Palavras-chave: Silicato, recuperação de silício, Si acumulado.

INFLUENCE OF SILICATE FERTILIZATION IN RECOVERY OF SILICON AND FOLIAR LEVELS OF NUTRIENTS IN BRACHIARIA BRIZANTHA.

ABSTRACT

Marandu grass (*Brachiaria brizantha*) is a species that accumulates silicon (Si) and is capable of responding to Si applications, especially in soils lacking this element. This study evaluated the recovery of Si from metallurgy slag and the influence of Si in foliar levels of nutrients for Marandu grass (*Brachiaria brizantha*). The experiment was done in a greenhouse at the Federal University of Uberlândia, Uberlândia-MG, from March 31 to June 04, 2009. The experimental design was randomized blocks, with five treatments (0, 400, 400, 800 and 1600 kg ha⁻¹ Si) and four repetitions. The grass was cultivated in 10-L plastic pots. The amount of Si available in the soil increased linearly with the

amount of slag applied. *Brachiaria brizantha* recovered, on average, 7.0% of the Si applied; the nutrients N, Mg, S, Cu and Fe were not affected by the application of increasing doses of Si, while the nutrients P, K, Ca, B, Mn and Zn had decreased concentrations in the leaves after slag incorporation. It can be concluded that *Brachiaria brizantha* was able to recover part of the Si applied as slag, in comparison to the recovery of other nutrients. Application of slag increased the content of available Si in soil, allowing greater accumulation of Si in the plant. The shoot dry matter of *Brachiaria brizantha* was reduced with increasing levels of Si in the soil.

Key word: Silicate, silicon recovery, accumulated Si.

INTRODUÇÃO

O capim marandu [*Brachiaria brizantha* (Hoechst ex A. Rich.) Stapf. cv. marandu] vem se destacando na pecuária intensiva, por sua rusticidade e adaptação a solos de média fertilidade com boa produção de matéria seca e proteína bruta (FARIA et al., 2008). Uma das razões, ainda pouco discutidas, para a robustez demonstrada pelo capim braquiária, poderia ser a sua maior capacidade em absorção e acumulação de silício (Si) (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O silício é reconhecido devido sua influência na resistência das plantas em resposta a ataques de insetos, nematóides, doenças, estado nutritivo, transpiração e, possivelmente, alguns aspectos de eficiência fotossintética (DEREN et al., 1994). O papel desempenhado pelo Si está ligado à redução dos efeitos tóxicos de alumínio, manganês e ferro, e também por ser este elemento responsável pela regulação da transpiração, que é o provável motivo para a resistência mostrada por esta gramínea ao déficit hídrico que ocorre no cerrado além de proteger as folhas contra ataques de pragas e doenças (COCKER et al., 1998, MA et al., 1997; DATNOFF et al., 2001). A acumulação de Si na folha permite que esta fique mais ereta e com isso aumente a área de exposição à luz solar (CRUCIOL et al., 2006), o que conseqüentemente, resulta em maior produtividade das culturas. O aumento de produtividade com adubação silicatada já foi constatado em várias gramíneas, como arroz e cana de açúcar (KORNDÖRFER et al., 2004a).

As fontes de Si promissoras para a agricultura são as escórias siderúrgicas, que têm sido largamente utilizadas em alguns países como Japão e Estados Unidos (PRADO et al., 2001). Essas escórias são constituídas, basicamente, de silicato de cálcio e de magnésio (AMARAL et al., 1994), o que lhes confere propriedade corretiva da acidez do solo semelhante à do calcário (PRADO et al., 2001), além de serem fontes de Si “disponível” (KORNDÖRFER et al., 2004b) e ainda fornecedoras de macro (Ca, Mg, P, K e S) e micronutrientes (Fe, Mn, Mo e Zn).

O efeito da aplicação de escórias siderúrgicas sobre a produção das culturas e liberação de nutrientes ao solo foi estudado por vários autores mostrando resultados positivos com o uso desta fonte em culturas responsivas ao Si como o arroz e a cana-de-açúcar (PEREIRA et al., 2004; CARVALHO-PUPATTO et al., 2004; ANDERSON, 1991), porém existem poucos trabalhos na literatura que relatem informações sobre o uso dessas fontes de Si em

plantas forrageiras, bem como a influencia do Si nos teores foliares de nutrientes nessas espécies.

Considerando-se que a *Braquiaria Brizantha* possui potencial para acumular Si em seus tecidos, e que as escórias de siderurgia são fontes promissoras de nutrientes ao solo, buscou-se avaliar o aproveitamento do Si proveniente da adubação com escória siderúrgica pelo capim *Braquiaria brizantha*, cv Marandu, bem como avaliar a influencia do silício nos teores foliares de macro e micronutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia, MG, no período de 31 de março de 2009 a 04 de junho de 2009. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco (5) tratamentos e quatro (4) repetições (Tabela 1) e a espécie utilizada no estudo foi a braquiária (*Brachiaria brizantha* cv Marandu).

Tabela 1. Tratamentos, doses de escória, concentração de Si total da fonte e doses de Si

Tratamentos (Fonte de Si)	Dose da fonte	Dose da fonte	Si Total da Fonte	Dose de Si
	kg ha ⁻¹	g parcela ⁻¹	%	kg ha ⁻¹
1. Silicato de Ca e Mg	0	0	11,24	0
2. Silicato de Ca e Mg	1779	8	11,24	200
3. Silicato de Ca e Mg	3559	16	11,24	400
4. Silicato de Ca e Mg	7117	32	11,24	800
5. Silicato de Ca e Mg	14236	64	11,24	1600

Si total: Extrator HCl + HF (Korndorfer, 2004b).

Fonte: Silicato de cálcio e magnésio (escória de siderurgia) - formulação pó, PRNT: 85%, CaO: 42%, MgO: 12%, SiO₂: 23%, P₂O₅: 0,4%, K₂O: 0,2%, SO₄: 4,4%, Fe: 8,5%, Mn: 1,4%, Mo: 0,4 mg kg⁻¹ e Zn: 0,1 mg kg⁻¹.

Cada parcela experimental consistiu de vaso de plástico, com capacidade para 10 L, preenchido com 9 (nove) kg de terra. A terra utilizada nos vasos foi extraída dos primeiros 20 cm superficiais de um solo classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico típico, textura arenosa (12% de argila), situado no município de Santa Vitória – MG. A caracterização química e física do solo estão expostas nas tabelas 2 e 3 respectivamente.

Tabela 2. Caracterização química da amostra de terra do Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo)

pH	P	Si	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	SB	t	T	V	m	M.O.
	--mg dm ⁻³ --					cmol _c dm ⁻³					---%--		dag kg ⁻¹
4,4	6,7	2,2	0,04	0,2	0,1	0,5	3,1	0,3	0,8	3,4	10	60	1,3

pH – água; Pmeh-1 e K - Extrator Mehlich (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹); Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹; t - CTC efetiva; T - CTC potencial (a pH 7,0); V - saturação por bases; m - saturação por alumínio (Embrapa, 1999). Si – Extrator CaCl₂ (Korndorfer, 2004b).

Tabela 3. Caracterização física da amostra de terra do Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo)

Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
----- g kg ⁻¹ -----			
516	280	79	125

Análise textural pelo Método da Pipeta (EMBRAPA, 1997).

Anteriormente a semeadura da *Braquiária brizantha* cv. Marandu foram aplicadas quantidades pré-estabelecidas de calcário (Tabela 4), com características físicas e químicas semelhantes às da escória utilizada (PRNT 80%, 38% CaO e 10% MgO), a fim de se evitar que as plantas que receberam doses maiores de escória fossem favorecidas em função do Ca e Mg presente na mesma, em detrimento daquelas que receberam doses menores do produto. As quantidades de escória e calcário aplicados em cada tratamento estão expostas na Tabela 4.

Tabela 4. Doses de escória siderúrgica e de calcário aplicadas nos respectivos tratamentos

Tratamentos	Dose de escória	Dose de calcário
(dose de escória)	g parcela ⁻¹	g parcela ⁻¹
1. Silicato de Ca e Mg	0	64
2. Silicato de Ca e Mg	8	56
3. Silicato de Ca e Mg	16	48
4. Silicato de Ca e Mg	32	32
5. Silicato de Ca e Mg	64	0

Com o intuito de se fornecer nutrientes em quantidades suficientes para atender a demanda das plantas de braquiária, aplicaram-se, em todos os tratamentos, 100 kg ha⁻¹ nitrogênio (N) (Uréia); 300 kg ha⁻¹ fósforo (P₂O₅) (Superfosfato Simples), 300 kg ha⁻¹ potássio (K₂O) (Cloreto de Potássio); 80 kg ha⁻¹ de um coquetel de micronutrientes (FTE - BR12), com a seguinte composição, 9% Zn; 1,8% B, 2% Mn, 0,8% Cu, 0,1% Mo e 3% Fe.

Os nutrientes bem como a escória e o calcário foram incorporados ao solo com o auxílio de um saco plástico. O próximo passo consistiu da adição de água na terra contida no vaso, até que se atingisse cerca de 70% da capacidade de campo da mesma (tendo-se empregado aproximadamente 1,8 L de água/vaso), a fim de se promover a reatividade dos produtos adicionados a terra. Foram semeadas 30 sementes de braquiária e 10 DAS (dias após semeadura) fez-se um desbaste deixando 7 plantas por parcela. Depois de constatada deficiência visual de nitrogênio (27 DAS), adicionou-se 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) (Nitrato de Cálcio).

Antes do corte das plantas, mediu-se a altura de todas as plantas com o auxílio de uma trena. As plantas foram colhidas no dia 04 de junho de 2009, separando-se a parte aérea (incluindo bainha e caule) da raiz. Após a coleta, o material, tanto a parte aérea quanto as raízes foram secas em estufa de circulação de ar, sob temperatura de 65 °C, até atingirem peso constante, para obtenção da massa seca. As folhas depois de secas foram moídas em um moinho tipo Willey, foram acondicionadas em saco plástico devidamente identificado, e armazenadas até serem submetidas à análise. A análise química

da parte aérea das plantas, para determinação dos teores de macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn), foi realizada segundo Bataglia et al. 1983 e as análises dos teores de Si na parte aérea e na raiz foram determinadas segundo método descrito por Korndörfer, et al. 2004b. O Si acumulado foi quantificado através da produção de massa seca e concentração foliar de Si. O solo dos vasos, após o corte da matéria fresca, foram amostrados e analisados quanto aos teores de Si solúvel (KORNDÖRFER, et al. 2004b), pH em CaCl_2 , Ca^{2+} e Mg^{2+} (EMBRAPA, 1999).

Os resultados quantitativos foram submetidos à análise de regressão, tendo-se empregado, para tanto, o programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se, que há ajuste linear decrescente na matéria seca da parte aérea das plantas de braquiária, e a aplicação de silicato de cálcio não influenciou na massa seca das raízes (Figura 1). As doses de silicato não afetaram positivamente a produção de matéria seca da braquiária. Apesar de ter havido incremento na acumulação de Si em função da aplicação do Si, estas diferenças não foram suficientes para aumentar a MSPA do capim (Figura 1A).

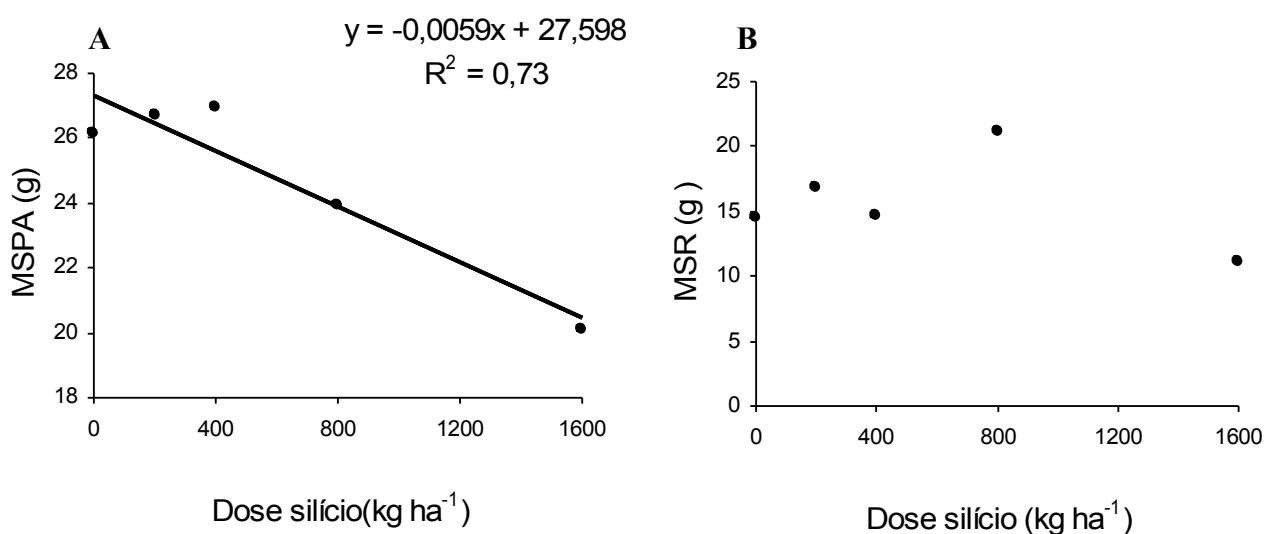


Figura 1. Efeito de doses de escória siderúrgica sobre a matéria seca da parte aérea (MSPA) (A) e matéria seca da raiz (MSR) (B).

Os resultados encontrados estão de acordo com as observações feitas por Melo *et al.* (2003) que trabalhando com espécies de braquiária em casa de vegetação, não observaram efeitos significativos para o aumento da produção de matéria seca em função da aplicação de silicato no solo. Prado e Natale (2004) avaliando a produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro pela aplicação de doses crescentes de escória siderúrgica ferrocromo, observou que as maiores produções de matéria seca da parte aérea, das raízes e total foram encontradas nas menores doses de escória aplicadas (0,18; 0,16 e 0,19

g dm⁻³, respectivamente). Porém, sob elevadas doses (maiores que 0,375 mg dm⁻³) a produção de matéria seca do maracujazeiro reduziu significativamente. Conforme estes autores, a redução da matéria seca deveu-se aos níveis elevados de metais pesados na escória utilizada o que levou a diminuição da absorção de nutrientes. Neste experimento, no entanto, foi utilizada uma escória livre de níveis tóxicos de metais pesados, sendo comercializada como corretivo de solo com registro no Ministério da Agricultura.

Neste trabalho, a produção de matéria seca do capim braquiaria pode ter sido comprometido devido à elevação do pH do solo além de uma faixa ótima de cultivo (7,5) o que afetou a absorção de grande parte dos nutrientes (P, K, Ca, B, Cu, Mn e Zn), reduzindo a concentração dos mesmos na planta.

Outra hipótese que poderia explicar o fato do Si, em altas doses, reduzir a produção de matéria seca da planta, seria a possibilidade deste elemento interferir em alguma etapa do processo de divisão celular afetando as fases do ciclo celular da planta. Sabe-se que a capacidade da planta em expandir suas folhas é dependente da taxa de alongamento do meristema intercalar (zonas de divisão celular). Essa zona de alongamento é um local ativo de grande demanda por nutrientes (SKINNER; NELSON, 1995). Em gramíneas, o alongamento foliar está restrito a uma zona na base da folha em expansão protegida pelo pseudocolmo (SKINNER; NELSON, 1995). O Si possui a característica de se acumular nas camadas epidérmicas das folhas (EPSTEIN, 1999). Nas gramíneas, o Si poderia estar se acumulando no meristema intercalar afetando negativamente o processo de divisão celular e por consequência a produção de matéria seca da planta. Porém, novas pesquisas envolvendo estudos morfogênicos associados a marcadores moleculares serão necessárias para poder afirmar realmente se o Si, sob elevadas doses, estaria interferindo no processo de divisão celular.

Há ajuste linear crescente dos teores e acúmulo de Si na parte aérea das plantas com as doses de silicato de cálcio (Figura 2). Gramíneas são classificadas como plantas acumuladoras de Si, uma vez que este elemento deposita-se na parede celular, no lúmen da célula e na superfície extracelular (MELO et al., 2003). A resposta da braquiária com a aplicação de silicato de cálcio, pode ser atribuída justamente ao fornecimento de Si para o braquiária, que segundo Malavolta et al. (1997), Marschner (1995), e Epstein e Bloom (2006) é considerada uma planta acumuladora de Si e que responde em aumento de crescimento e produção com a aplicação desse nutriente. Os resultados estão de acordo com os valores obtidos na literatura para gramíneas. Korndörfer *et al.* (2001) obtiveram resultados de concentrações de Si na parte aérea da *Brachiaria decumbens* cultivada em Latossolo Vermelho-Amarelo, variando de 1,3 a 2,5 dag kg⁻¹ nas doses 0 e 6000 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio. Melo *et al.* (2003) comparam doses aplicadas de Si em duas espécies do gênero *Brachiaria* (*Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*), observaram resultados com concentrações de Si, na parte aérea da *Brachiaria decumbens*, entre 0,3 e 1,4 dag kg⁻¹ nas doses de 0 e 1452 kg.ha⁻¹ de Si cultivadas em casa de vegetação em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média. Em outras culturas como cana de açúcar, a aplicação da escória de siderurgia também incrementou a absorção de Si no tecido foliar (ANDERSON, 1991, RAID et al., 1992). Fonseca et al (2009) avaliando o efeito da aplicação de fontes silicatadas em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, concluíram que a aplicação de Si resultou em aumento linear na absorção deste elemento.

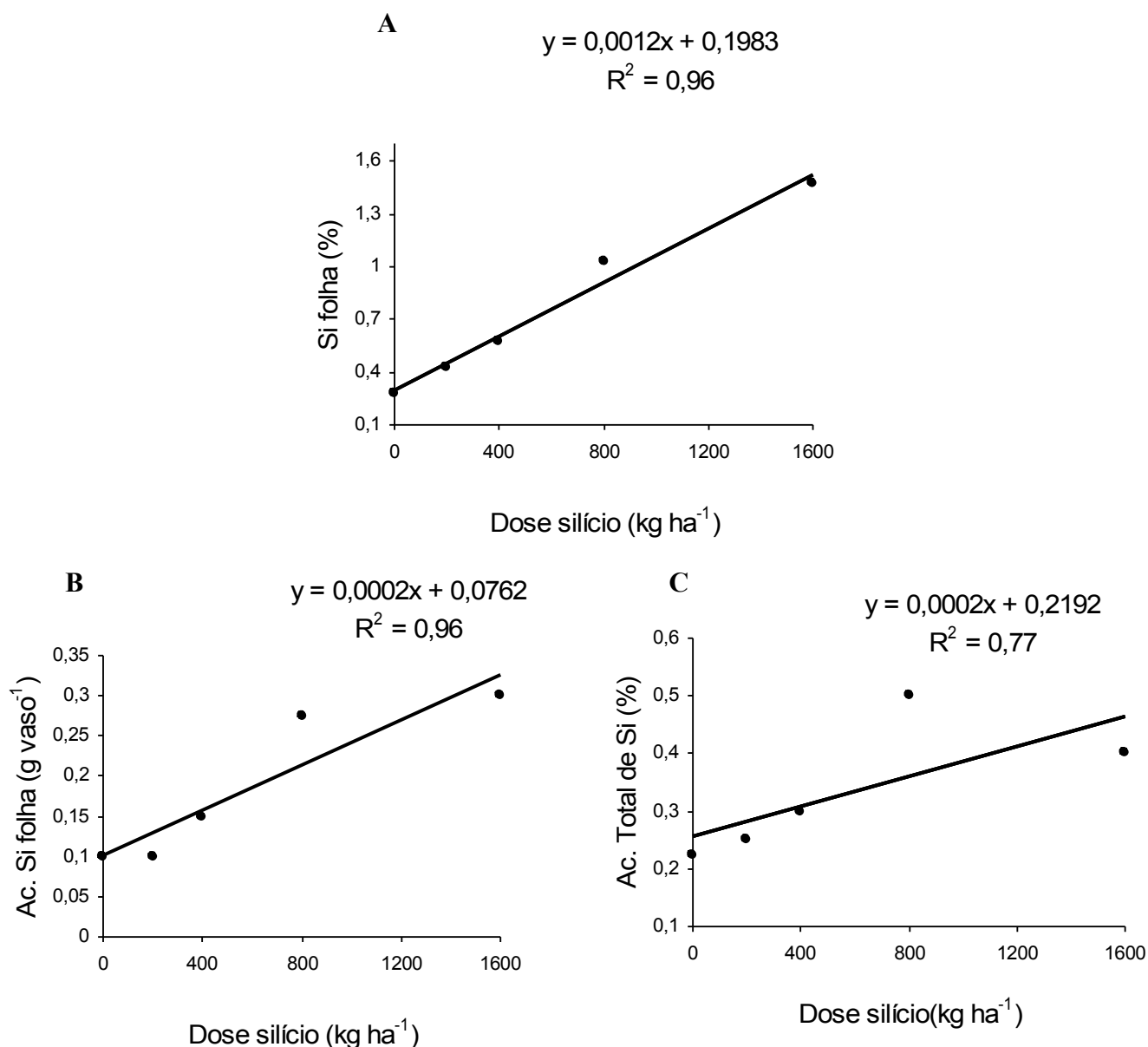


Figura 2. Efeito de doses de escória siderúrgica sobre os teores (A) e acúmulo de Si (B) na parte aérea e acúmulo total de Si (C) nas plantas da brachiaria.

A aplicação do silicato proporcionou ajuste linear crescente nos teores de silício na raiz (Figura 3A), mas não se observou diferença no acúmulo de Si pelas raízes (Figura 3B). Os maiores teores de Si encontrados na raiz e o não acúmulo no tecido radicular, pode ser explicado pelo fato de, por ocasião da análise da raiz, ter ocorrido uma contaminação de partículas de solo com o elemento Si presente no momento da determinação do teor de Si na raiz.

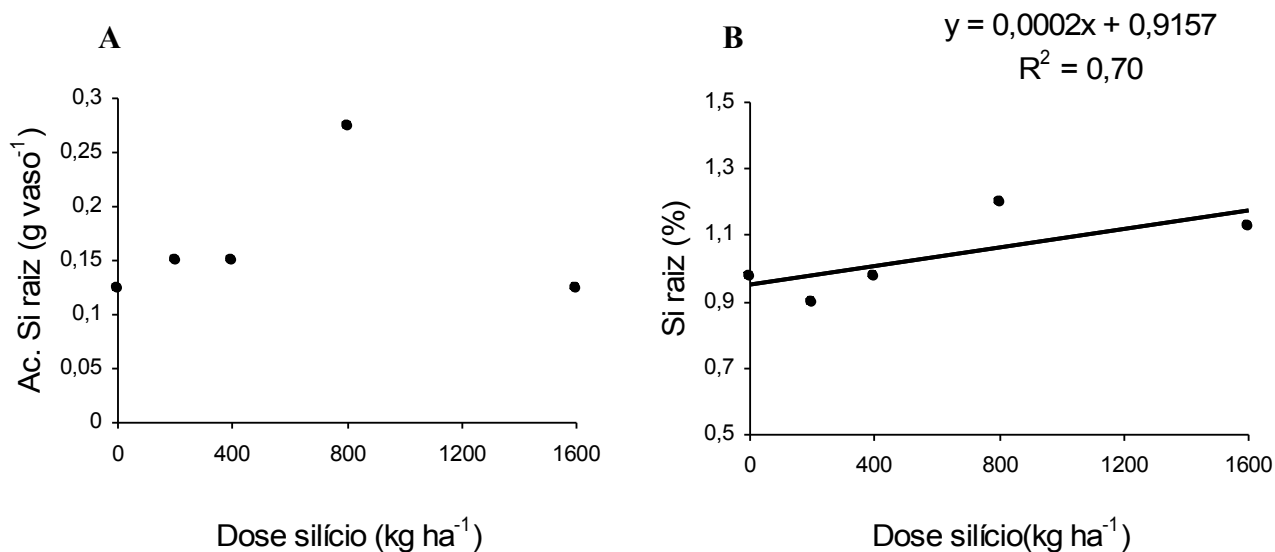


Figura 3. Efeito de doses de escória siderúrgica sobre os teores (A) e acúmulo de Si (B) na raiz das plantas da braquiária.

O teor crescente de Si na parte aérea e na raiz deu-se principalmente devido a maior disponibilidade de Si no solo, isso pode ser afirmado, pois se verificou que os teores de Si no solo aumentaram com as doses da escória (Figura 4). A análise realizada no final do experimento, 65 dias após a aplicação da escória, indicou aumentos de 222, 317, 517 e 961 % nos teores de Si no solo, conforme se aplicaram 200, 400, 800 e 1600 kg ha⁻¹ Si, respectivamente, quando comparadas ao tratamento controle (dose zero de escória) (Figura 4B). Em um experimento conduzido em casa-de-vegetação, utilizando capins do gênero *Brachiaria*, Melo *et al.* (2003) observaram teores de Si disponíveis no solo variando de 5,8 mg dm⁻³ a 27,9 mg dm⁻³, nas doses de 0 kg ha⁻¹ e 1452 kg ha⁻¹ de Si, respectivamente. Como era esperado nesse experimento, o uso da escória de siderurgia promoveu aumento na disponibilidade desse elemento no solo, incrementando significativamente a concentração de Si de 1,8 a 17 mg dm⁻³ (Figura 4B).

Observou-se ajuste linear crescente nos valores de pH. Esse comportamento pode ser verificado pela capacidade do silicato de neutralizar prótons [H⁺]. Tanto a aplicação da escória, dose 1600 kg ha⁻¹, quanto a aplicação somente do calcário, testemunha (0 kg ha⁻¹ de Si) elevaram os teores de pH, mostrando que ambos os corretivos são eficientes para o aumento do pH (Figura 4A). Porém, o uso dos corretivos promoveu uma supercalagem o que pode ter influenciado negativamente no experimento, sendo a principal hipótese para a redução na produção de matéria seca da braquiária.

Os teores de cálcio e magnésio proporcionaram ajuste quadrático, sendo que os valores de cálcio variaram de 3,4 a 4,2 cmol_cdm⁻³ (Figura 4C) e os de magnésio de 0,2 a 0,9 cmol_cdm⁻³, observados na testemunha e na dose 1600 kg ha⁻¹ de Si respectivamente (figura 4D). Como já foi exposto, os tratamentos foram equilibrados com quantidades de calcário com o objetivo de não beneficiar a aplicação da escória e de isolar apenas o efeito do silício, mas se observou que o Magnésio teve maiores concentrações com o aumento das

doses de Si, tendendo a diminuir com a aplicação das doses maiores que 1600 kg ha⁻¹. Pode-se inferir com esse resultado que a escória foi mais eficiente no fornecimento de Mg se comparado ao calcário utilizado. O Ca, pelo contrário, teve seu aumento beneficiado mais em função da aplicação de calcário do que de escória.

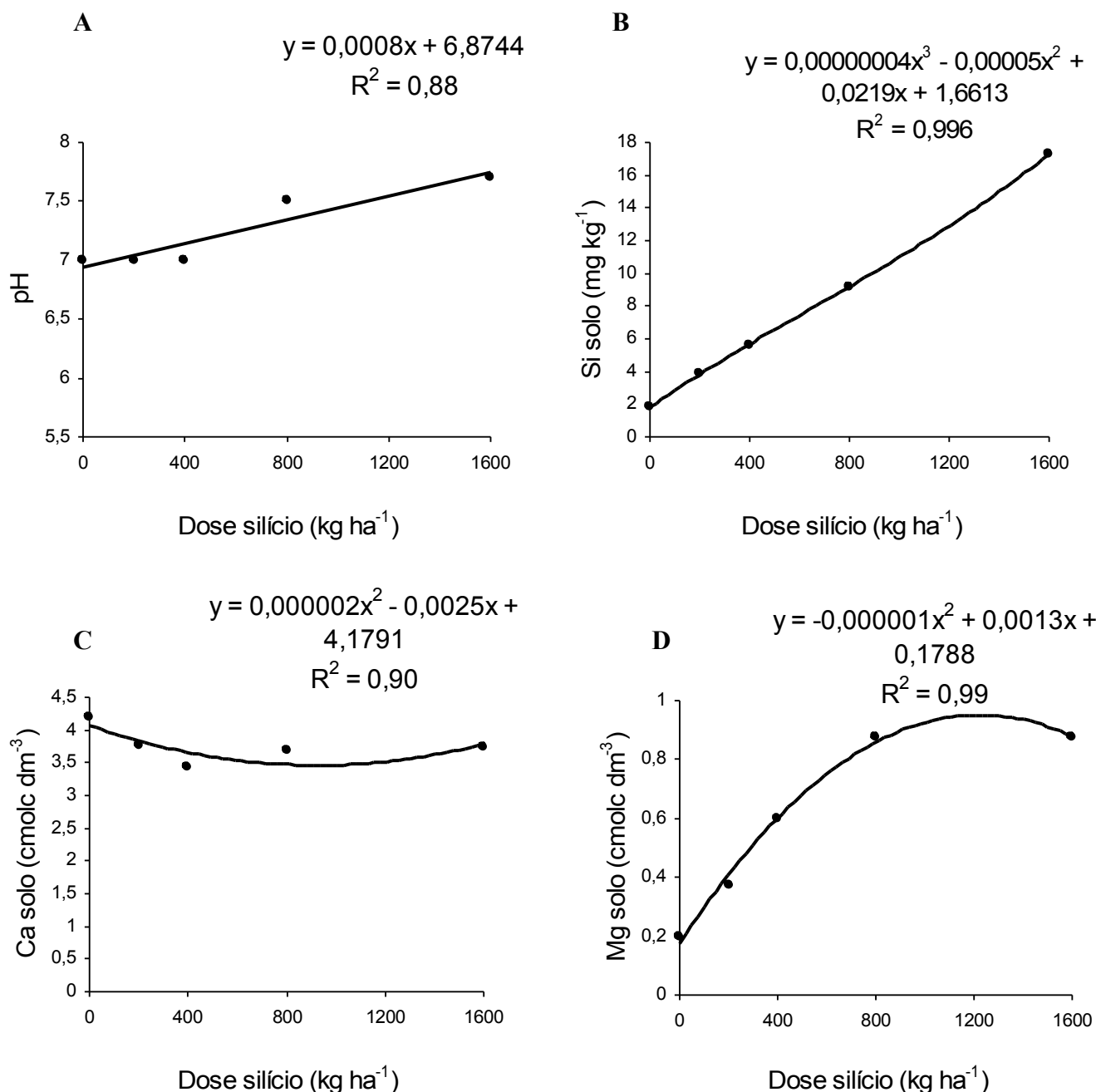


Figura 4. Efeito de doses de escória siderúrgica sobre os valores de pH (A) e teores trocáveis de Si (B), Ca (C) e Mg (D) no solo após o cultivo da brachiaria.

O aumento dos teores de Si no solo, consequência da aplicação de doses de escória, resultou em elevação da quantidade desse elemento disponível

(Tabela 5). A disponibilidade de Si no solo aumentou linearmente com as doses de escória, tendo partido de 0,02 g/vaso, na testemunha, para 0,16 g/vaso, com o fornecimento de 1600 kg ha⁻¹ de Si. Consequentemente houve acréscimo na quantidade de Si acumulado na planta, conforme se elevaram as doses de escória aplicada (Tabela 5). O Si total (Si no solo + Si na planta + Si na raiz) elevou-se de cerca de 0,24 g/vaso, na ausência de aplicação de Si, para 0,57 g/vaso, com a aplicação de 1600 kg ha⁻¹ do mesmo (Tabela 5).

A recuperação média do silicato variou de 4,6 a 7,8 %, variando conforme a dose aplicada, observando uma média de 7 % na recuperação do silício aplicado no solo (Tabela 5). Considerando-se o fato de que o solo estudado apresentava baixos teores de argila e matéria orgânica e baixa capacidade de retenção de água, a interação das partículas do silicato com a fase sólida do solo foi menor, explicando, portanto, a baixa recuperação do silicato aplicado. Esse resultado está de acordo com aqueles reportados por Korndörfer et al. (1999), os quais, estudando o efeito do silicato de cálcio como fonte de Si para a cultura do arroz de sequeiro, em quatro solos representativos da região do cerrado, verificaram maior recuperação desse elemento em solos com maiores teores de argila.

Tabela 5. Si disponível no solo, Si acumulado nas plantas, Si acumulado na raiz, Si total, Si recuperado e recuperação média de Si pelas plantas de *Brachiaria*, conforme diferentes doses de escória aplicadas no solo.

Si aplicado	Si "Disponível" no solo	Si* acumulado na planta	Si Total ** (solo+planta+raiz)	Si Recuperado (Silicato)	Recuperação***	Média
-----g/ vaso-----				----- % -----		
0	0,02	0,22	0,24	----	----	7,0
0,9	0,04	0,27	0,31	0,07	7,8	
1,8	0,05	0,30	0,35	0,11	6,1	
3,6	0,08	0,50	0,58	0,34	9,5	
7,2	0,16	0,41	0,57	0,33	4,6	

*Si acumulado na planta = Si acumulado na parte aérea + Si acumulado na raiz

*Si "disponível" no solo + Si acumulado na planta + Si acumulado na raiz

** Recuperação do silicato de cálcio aplicado (%) = (Si recuperado/Si aplicado) x 100

A recuperação de Si pelas plantas de braquiária foi baixa. Isso pode ser justificado pelo fato do silicato aplicado apresentar baixo teor de silício solúvel (cerca de 3%), e também porque o solo utilizado no experimento possuía uma quantidade razoável de Si, parte do qual poderia estar prontamente disponível para as todas as plantas, inclusive as testemunhas, as quais podem ter sido favorecidas pelo Si aí presente. Logo, é possível que o aproveitamento do Si proveniente da escória, por parte das plantas, pudesse ter sido maior, caso a escória utilizada na adubação silicatada tivesse maiores teores de Si solúvel, assimilável pelas plantas. Entre os macronutrientes as maiores acumulações foram de K e N sendo o S e o P os nutrientes de menor acumulação (Figura 5). Não foi observado influencia das doses de Si aplicadas para os nutrientes N, Mg e S (Figura 5). Os teores de P e Ca proporcionaram ajuste quadrático, sendo que o teor foliar desses nutrientes diminuíram com o aumento das doses

de Si (Figura 5B e 5D), observou-se ajuste linear decrescente para os teores de K (Figura 5C).

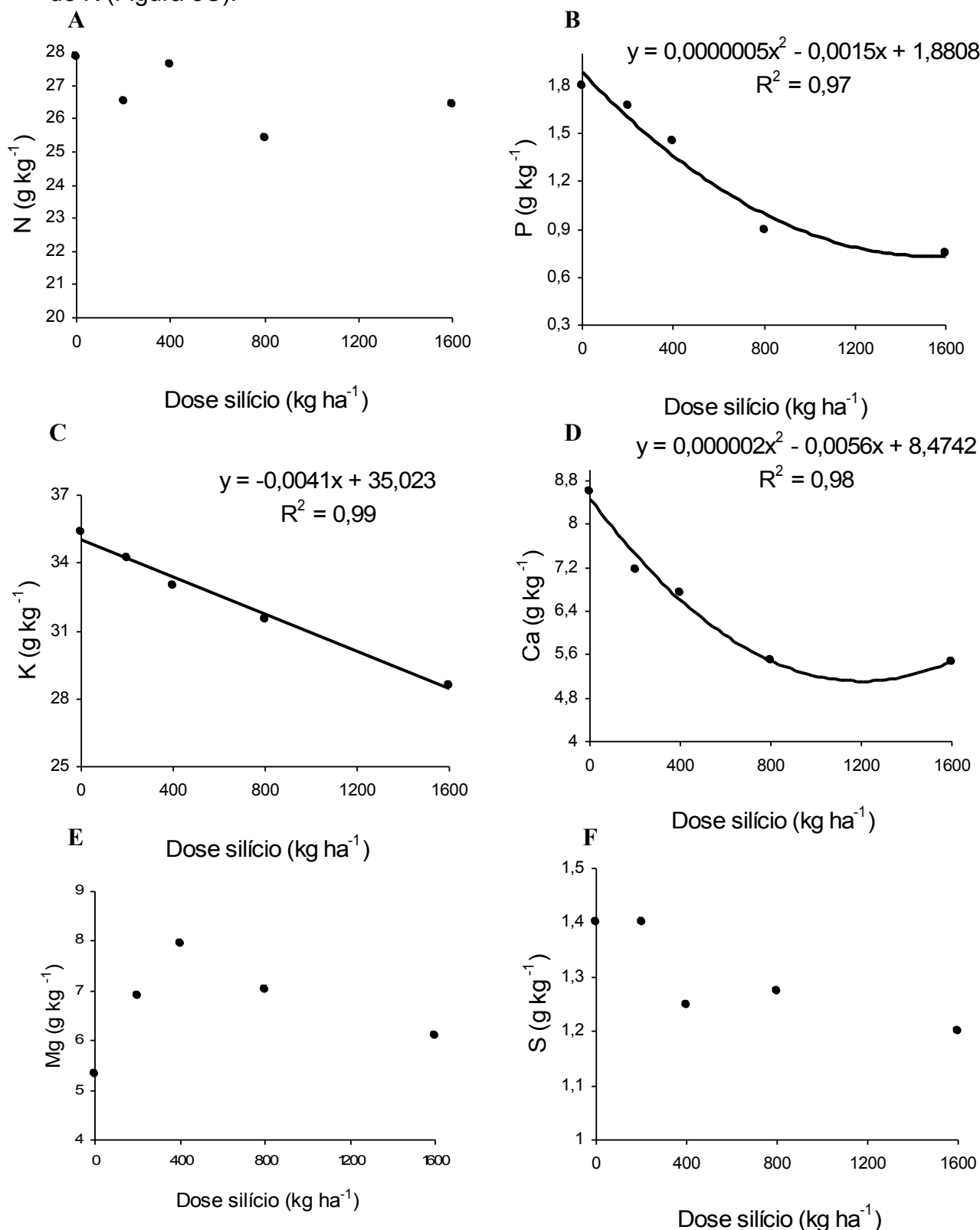


Figura 5. Efeito de doses de escória siderúrgica sobre os teores foliares de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e S (F) após o cultivo da brachiaria.

Dentre os micronutrientes, a ordem decrescente das quantidades acumuladas foi Mn, Fe, Bo, Zn e Cu (Figura 6), sendo que não foi encontrado

influencia no aumento da dose de Si somente para o Cu e o Fe (Figura 6B e 6C). Observou-se que os teores de Bo e Zn diminuíram com o aumento das doses de Si (Figura 6A e 6E), assim como foi observado para o K (Figura 5C). O Mn apresentou um comportamento diferente de todos os outros nutrientes analisados, apresentando um aumento em sua disponibilidade no tecido foliar com a aplicação de 200 e 400 kg ha⁻¹ de Si seguido de uma queda com o aumento da dose de Si aplicada (Figura 6D). O efeito na concentração dos nutrientes, tanto para os macro como para os micronutrientes pode ter ocorrido devido ao efeito do pH do meio que se elevou bastante, indisponibilizando a maioria destes nutrientes, e não pelo efeito do Silício. Prado e Natale (2004) atribuem à redução na absorção de nutrientes (N, B, Mn e Zn) a presença de elementos tóxicos na escória que levou à indisponibilização destes elementos.

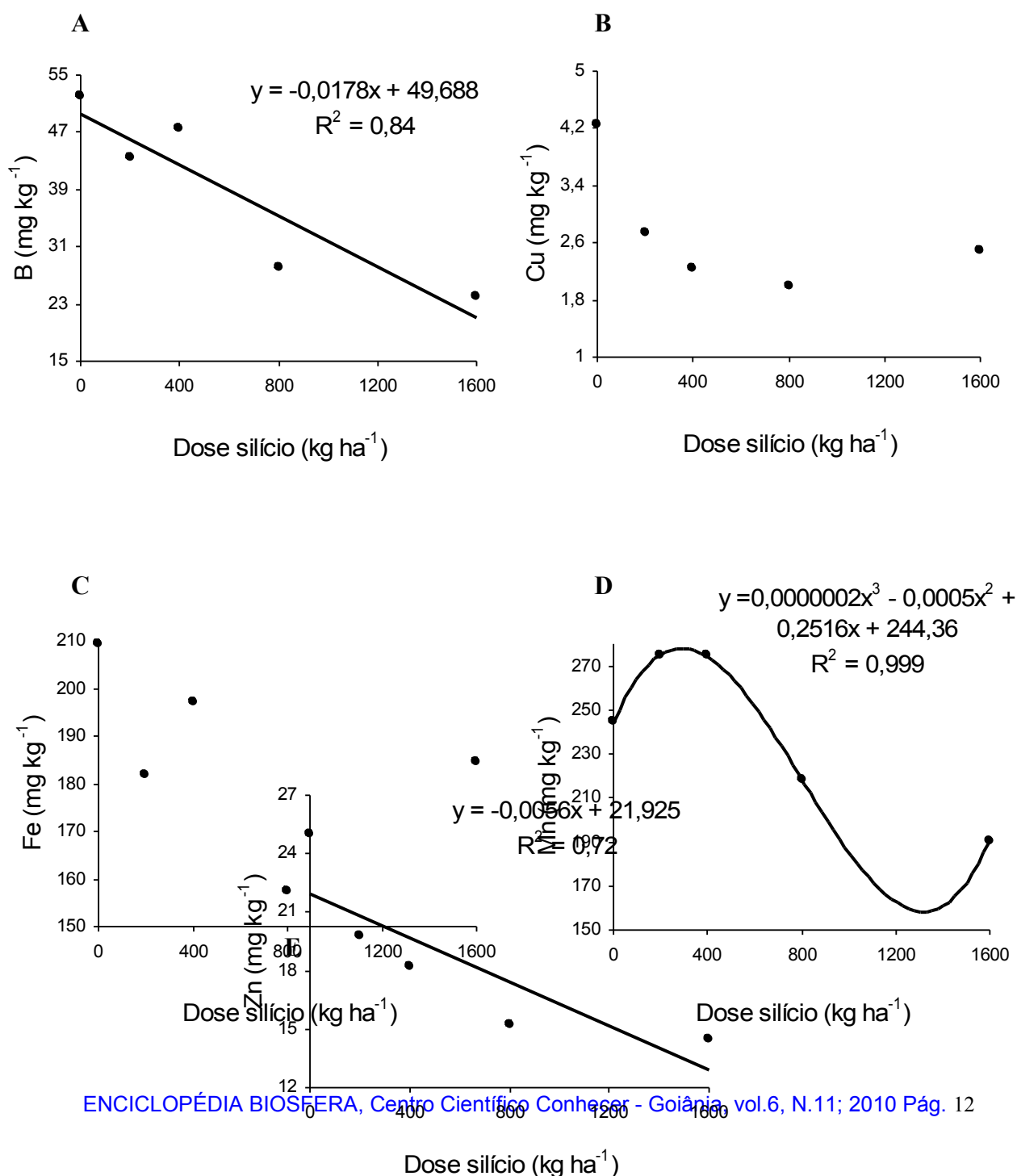


Figura 6. Efeito de doses de escória siderúrgica sobre os teores foliares de B (A), Cu (B), Fe (C), Mn (D), Zn (E) após o cultivo da brachiaria.

CONCLUSÕES

Concluiu-se que a aplicação de escória de siderurgia, embora tenha elevado o teor de Si disponível no solo, não foi capaz de recuperar muito Si do silicato aplicado, se comparado com a recuperação de outros nutrientes. Os nutrientes N, Mg, S, Cu e Fe não foram influenciados com a aplicação de doses crescentes de Si e os nutrientes P, K, Ca, B, Cu, Mn e Zn tiveram suas concentrações diminuídas na folha com a aplicação das doses de Si. A aplicação de doses crescentes de Si resultou na diminuição da matéria seca da parte aérea do capim *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

São necessários mais estudos que analisem os efeitos antagônicos e sinérgicos do Si com outros elementos. Para tais estudos, devem-se escolher solos ácidos, que necessitam de uma maior correção, ou utilizar doses menores de corretivos, para que não ocorram problemas de supercalagem, indisponibilizando nutrientes para a planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A.S.; DEFELIPO, B.V.; COSTA, L.M.; FONTES, M.P.F. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alface em dois solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1351-1358, 1994.

ANDERSON, D.L. Soil and leaf nutrient interaction following application of calcium silicate slag to sugarcane. **Fertilizer Research**, The Netherlands, v.30, n.1, p.9-18, 1991.

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. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

CARVALHO-PUPATTO, J.G.; BULL, L.T.; CRUSCIOL, C.A. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a

aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1213- 1218, 2004.

COCKER, K.M.; EVANS, D.E.; HODSON, M.J. The amelioration of aluminium toxicity by silicon in higher plants: solution chemistry or in plant mechanism. **Physiologia Plantarum**, v.104, p.608-614, 1998.

CRUSCIOL, C.A.C. Silício para as gramíneas forrageiras. **Campo e Negócios**, v. 4, n. 37, p.14-15, 2006.

DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. **Silicon in agriculture. Studies in plant science**. Amsterdam: Elsevier, 2001. 403p.

DEREN, C.W.; DATNOFF, L.E.; ZINDER, G.H. & MARTÍN, F. Silicon concentration disease response and yield components of rice genotypes grown on flooded organic Histosols. **Crop Science**, 34:733-737, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de solos (Rio de Janeiro- RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1999. 212p.

EPSTEIN, E. **Silicon**. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, v.50, p.641-664, 1999.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e Perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403p.

FARIA, L. A.; LUZ, P.H.C; RODRIGUES, R.C.; HERLING, V.R.; MACEDO, F.B. Efeito residual da silicatagem no solo e na produtividade do capim-marandu sob pastejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa , v. 32, n. 3, June 2008.

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 Paulo. **Anais...**, São Paulo: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FONSECA, I. M.; PRADO, R.M.; VIDAL, A.A.; NOGUEIRA, T.A.R. Efeito da escória, calcário e nitrogênio na absorção de silício e na produção do capim-marandu. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, 2009.

KORNDÖRFER, C.M.; ABDALLA, A.L.; BUENO, I.C.S. O silício e as gramíneas no cerrado. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 7, n. 2, p. 153-163, 2001.

KORNDÖRFER, G. H.; ARANTES, V. A.; CORRÊA, G. F.; SNYDER, G. H. Efeito da aplicação de silicato de cálcio em solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 23 n. 3, p. 623-629, jun. 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 34 p (Boletim técnico, 2), 2004b.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicato de cálcio e magnésio na agricultura**. 3 ed., Uberlândia: UFU/ICIAG, 2004a, 28 p. (Boletim técnico, n. 2).

MA, J.F.; SASAKI, M.; MATSUMOTO, H. Al-induced inhibition of root elongation in corn, *Zea mays* L. is overcome by Si addition. **Plant and Soil**, v.188, p.171-176, 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of higher plants**. 2ª ed. New York: Academic Press Inc., 1995. 887p.

MELO, S.P.; KORNDÖRFER, G.H.; KORNDÖRFER, C.M.; LANA, R.M.Q.; SANTANA de, D.G. Acúmulo de silício e tolerância ao déficit hídrico em capins do gênero *Brachiaria*. **Science Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 755-759, 2003.

PEREIRA, H.S.; KORNDÖRFER, G.H.; VIDAL, A.A.; CAMARGO, M.S. Fontes de silício para a cultura do arroz. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.61, n.5, p.522-528, 2004.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. **Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil: estudos na cultura da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 2001. 67p.

PRADO, R.M.; NATALE, W. Efeitos da aplicação da escória de siderurgia ferrocromo no solo, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.140-144, 2004.

RAID, R.N.; ANDERSON, D.L.; ULLOA, M.F. Influence of cultivar and amendment of soil with calcium silicate slag on foliar disease development and yield of sugar cane. **Crop Protection**, Amsterdam, v.11, n.1, p.84-88, 1992.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, n.1, p.4-10, 1995.