

SATURAÇÃO DE BASES, ACIDEZ E SILICATO INFLUENCIANDO A EFICIÊNCIA DE ADUBOS FOSFATADOS EM SOLO

BASE SATURATION, ACIDITY AND SILICATE INFLUENCING THE EFFICIENCY OF PHOSPHATES MANURES IN SOIL

Angélica Araújo QUEIROZ¹; Lucélia Alves RAMOS²; Gaspar Henrique KORNDÖRFER³

1. Mestre em solos e doutoranda em Fitotecnia pelo Instituto de Ciências Agrárias – ICIAG, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, MG, Brasil. angelaraujobr@yahoo.com.br; 2. Mestre em solos pelo ICIAG – UFU. luceliaar@hotmail.com;

3. Professor, Doutor, ICIAG – UFU. Bolsista CNPq.

RESUMO: A mistura do silicato de cálcio (componente básico) com o superfosfato simples na composição de fórmulas poderia contribuir para reduzir a acidez livre e aumentar a eficiência do fósforo aplicado no sulco de plantio. Objetivou-se avaliar a fonte de silício (Siligran AWM) em mistura com superfosfato simples, sobre as possíveis interações do silício no solo. O estudo foi instalado em casa-de-vegetação em Uberlândia em 2004. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x4x2, com 4 repetições, totalizando 64 unidades experimentais. O experimento foi desenvolvido em vasos (20 kg), e os tratamentos constituídos de dois valores de saturação por bases no solo (40 e 60%), uma fonte de fósforo (superfosfato simples) com dois valores de acidez livre (alto e baixo) e uma fonte de Si (silicato de cálcio). O silicato foi aplicado nas doses de 0, 150, 300 e 600 kg ha⁻¹. Amostras de Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVdt) foram utilizadas para a incubação durante o período de 30 dias, utilizando-se duas doses de carbonato de cálcio e magnésio, calculadas para atingir saturações de bases de 40 e 60%. Após isso, as sementes de soja foram plantadas, 5 cm ao lado e abaixo da linha do local de aplicação do adubo. Foram avaliados os teores de Si (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹), P, Ca, Mg e o pH (CaCl₂) do solo aos 30 dias após o plantio da soja. Concluiu-se com este estudo, que o silicato aplicado ao solo aumentou a disponibilidade de Si no solo e na folha de soja e o pH do solo aos 30 dias após o plantio da soja. Houve interação significativa entre as doses de silicato e a acidez residual dos fosfatos e entre doses e saturação por bases, na disponibilidade de Si no solo. E não foi observada diferença entre o superfosfato simples de alta e o de baixa acidez livre no P Mehlich, Ca e Mg trocáveis e pH do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Fósforo. Silício. Eficiência. Fertilizante.

INTRODUÇÃO

A indústria de fertilizantes, em alguns casos, não tem respeitado o tempo de cura (em torno de 15 dias) necessário para a completa reação da rocha fosfática com o ácido sulfúrico, para a produção do superfosfato simples. Em consequência, o superfosfato simples pode apresentar acidez livre elevada e essa acidez interferir na eficiência do P aplicado em relação a absorção pela planta, bem como afetar a nodulação da soja.

Nesse sentido, a mistura do silicato de cálcio (componente básico) com o superfosfato simples na composição de fórmulas poderia contribuir para reduzir a acidez livre e aumentar a eficiência do P aplicado. A presença do silicato na mistura também poderia contribuir para um ambiente mais adequado à multiplicação de bactérias responsáveis pela fixação biológica do nitrogênio em leguminosas, devido a elevação do pH próximo a rizosfera. A avaliação logo após a aplicação do fertilizantes em mistura com o silicato de cálcio, cerca de 30 dias após o plantio, poderia dar uma idéia se o silicato de

cálcio estaria contribuindo para a redução da acidez livre dos fertilizantes fosfatados.

A aplicação localizada do adubo fosfatado restringe o acesso das raízes das plantas, ou seja, apenas parte do sistema radicular entrará em contato com o fertilizante, absorvendo-o efetivamente (NOVAIS; SMYTH, 1999). Assim sendo, embora a aplicação de fósforo em volumes restritos de solo, reduza sua adsorção e a precipitação (ANGHINONI, 1992; MODEL; ANGHINONI, 1992; PRADO et al., 2001), a aplicação localizada do P, não acarretará, necessariamente, suprimento satisfatório desse nutriente às plantas, dependendo, em grande parte, do sistema radicular da cultura estudada.

Após a aplicação dos adubos fosfatados, ocorre a dissolução, onde grande parte do fósforo é retido na fase sólida do solo, formando compostos menos solúveis indisponíveis as plantas, sendo apenas parte do fósforo aproveitado. A recuperação do fósforo, proveniente do adubo, pela planta depende da espécie cultivada e é afetada pela textura, tipos de minerais de argila e acidez do solo. Além disso, a forma e local de aplicação da fonte de P,

também influenciam nesse processo (SOUSA et al., 2004).

Diversos estudos têm sido realizados visando identificar o modo de aplicação de fertilizantes fosfatados para melhor aproveitamento do P pelas culturas. Pottker (1995), comparando a aplicação de fósforo no sulco e a lanço em solo com alto teor de fósforo ($13,6 \text{ mg dm}^{-3}$) e 420 g kg^{-1} de argila, e outro com teor médio de fósforo ($4,3 \text{ mg dm}^{-3}$) e 360 g kg^{-1} de argila, concluiu que a aplicação de P nas linhas de semeadura foi mais eficiente que a aplicação a lanço.

A eficiência agrônômica dos adubos fosfatados pode ser afetada pelas fontes de fósforo, propriedades do solo, modos de aplicação e espécies vegetais (CHIEN; MENON, 1995). O fósforo é de grande importância na cultura da soja, sendo responsável pela maioria das respostas significativas no rendimento. Trabalhos de vários pesquisadores têm mostrado resultados positivos à sua aplicação na cultura da soja, nas mais diferentes formas (SMYTH; SANCHEZ, 1982; CORRÊA et al. 2004). Ventimiglia et al., (1999), estudando a produtividade da cultura da soja em função da disponibilidade de P e espaçamento das entrelinhas, concluíram que a baixa disponibilidade de P no solo pode diminuir o potencial de rendimento da soja nos estádios reprodutivos iniciais, o efeito desse baixo teor de P continua a se manifestar na formação e aborto de vagens, o que resultará na diminuição do potencial de rendimento da cultura.

Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito do silicato de cálcio granulado em mistura com

adubos fosfatados contendo alta e baixa acidez livre (superfosfato simples), na disponibilidade de P e de Si para a cultura da soja e no pH do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de terra de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVdt), coletada no município de Uberlândia-MG, sob vegetação nativa, na profundidade de 0-20 cm. As características químicas e granulométricas da amostra do solo foram: matéria orgânica = $2,8 \text{ g dm}^{-3}$; pH em H_2O (1:2,5) = 4,8; P Mehlich-1 = $0,9 \text{ mg dm}^{-3}$; K = 0,06; Ca = 7; Mg = 1; H + Al = 98, todos trocáveis em $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e V = 3 % (Embrapa, 1997) e Si = $3,9 \text{ mg dm}^{-3}$, Si “extraível” em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ (KORNDÖRFER et al., 2004). As características físicas do solo LVdt foram: areia grossa = 90, areia fina = 43, silte = 33 e argila 834, todos em g kg^{-1} (EMBRAPA, 1997).

Inicialmente, a amostra foi incubada com $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ (p.a.), calculado para 40% e 60% de saturação por bases, nas doses de $2,70 \text{ t ha}^{-1}$ e $4,17 \text{ t ha}^{-1}$ equivalentes a 34,2 g e 52,8g para 30 kg de solo, mantendo-se a relação 4:1 para Ca e Mg. A mistura do corretivo com o solo, foi realizada com betoneira e, posteriormente, o solo foi umedecido até a capacidade de campo e mantido em sacos plásticos de 60 kg, por 30 dias. Após 30 dias, a amostra de terra foi novamente misturada e seca ao ar, tendo sido realizadas análises químicas (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do Latossolo Vermelho Distrófico típico, após 30 dias de incubação, utilizado na instalação do experimento, com 40% e 60%, saturação por bases, respectivamente

Solo	pH (H_2O)	Ca	Mg	Al	P	K	Si	H+Al	T	V	m	M.O.
LVdt	1:2,5	---- $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ----			--- mg dm^{-3} ---		- $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -		--- % ---		g kg^{-1}	
40%	5,5	17,0	6,0	0,0	0,5	36,0	5,8	38,0	24,0	39	0	2,5
60%	6,2	21,0	7,0	0,0	0,8	27,0	6,1	26,0	54,0	52	0	2,8

Si extraído com CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ (KORNDÖRFER et al., 2004); Ca, Mg, Al = KCl 1 mol L^{-1} ; P, K = HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ + H_2SO_4 $0,025 \text{ mol L}^{-1}$; H+Al = SMP; T = CTC pH 7; V = Saturação por bases; MO = Walkley-Black (CFSMG, 1999).

A terra incubada foi adicionada aos vasos do tipo jardineiras (20 cm de altura, 80 cm de comprimento por 25 cm de largura) com capacidade para 20 kg de solo. Os tratamentos consistiram de dois valores de acidez (40% e 60% de saturação por bases), duas fontes de superfosfato simples, com acidez livre baixa (3,12%) e alta (5,94%), aplicado

na dose de 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 e de doses do silicato de cálcio - Siligram AWM (0, 150, 300 e 600 kg ha^{-1}) (Tabela 2).

A caracterização química da fonte de silício e fósforo utilizada no experimento encontra-se nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 2. Tratamentos usados no experimento antes do plantio da soja

Tratamentos	
1	V= 40% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- A) + 0 kg ha ⁻¹ Siligran
2	V= 40% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- A) + 150 kg ha ⁻¹ Siligran
3	V= 40% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- A) + 300 kg ha ⁻¹ Siligran
4	V= 40% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- A) + 600 kg ha ⁻¹ Siligran
5	V= 40% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- B) + 0 kg ha ⁻¹ Siligran
6	V= 40% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- B) + 150 kg ha ⁻¹ Siligran
7	V= 40% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- B) + 300 kg ha ⁻¹ Siligran
8	V= 40% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- B) + 600 kg ha ⁻¹ Siligran
9	V= 60% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- A) + 0 kg ha ⁻¹ Siligran
10	V= 60% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- A) + 150 kg ha ⁻¹ Siligran
11	V= 60% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- A) + 300 kg ha ⁻¹ Siligran
12	V= 60% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- A) + 600 kg ha ⁻¹ Siligran
13	V= 60% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- B) + 0 kg ha ⁻¹ Siligran
14	V= 60% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- B) + 150 kg ha ⁻¹ Siligran
15	V= 60% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- B) + 300 kg ha ⁻¹ Siligran
16	V= 60% - P ₂ O ₅ = 240 kg ha ⁻¹ (SSP Gran.- B) + 600 kg ha ⁻¹ Siligran

Tabela 3. Caracterização química da fonte de silício (Siligran AWM)

Fonte de Silício	CaO	MgO	PN	Si Total	Si* Solúvel
----- % -----					
Siligran AWM	29,7	11,7	76,2	12	2,16

PN- Poder de neutralização, * silício solúvel em Na₂CO₃+ NH₄NO₃.

Tabela 4. Caracterização química da fonte de fósforo (Superfosfato simples)

Fonte de P	P ₂ O ₅ Total CNA*	P ₂ O ₅ Solúvel H ₂ O	Acidez livre
----- % -----			
SSP Baixa	19,38	19,11	3,12
SSP Alta	17,80	17,52	5,94

*Citrato neutro de amônio. (BRASIL, 1983)

Cultivou-se a soja (*Glycine max* L.), variedade M-Soy 8001, considerada de alto potencial de produção, pertencente ao grupo de maturação semiprecoce. As sementes foram previamente inoculadas com material turfoso (Glycimax) e logo em seguida realizou-se a semeadura. O adubo foi colocado 5 cm ao lado e abaixo da semente, simulando adubação em linha.

A adubação da soja foi feita com cloreto de potássio, aplicado na dose equivalente de 200 kg ha⁻¹ de K₂O e com os micronutrientes na dosagem de aproximadamente 100 kg ha⁻¹, na forma de fritas em pó (FTE-BR12) o qual continha: Zinco = 9,0%; Boro = 1,8%; Cobre = 0,8%; Ferro = 3,0%; Manganês =

2,0% e Molibdênio = 0,1%, todos aplicados na linha de plantio.

A irrigação dos vasos foi feita diariamente com água destilada, para manter o solo próximo a capacidade de campo. Aos 15 dias após a germinação, foi realizado o primeiro desbaste deixando 20 plantas por vaso. Quinze dias após o primeiro desbaste fez-se o segundo permanecendo 15 plantas por vaso.

Trinta dias após o plantio, amostras de terra foram retiradas dos vasos, na linha de adubação, com o auxílio de trado, para a determinação de: Si em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ (KORNDÖRFER et al., 2004), pH em CaCl₂ (1:2,5), Ca e Mg (KCl 1,0 mol L⁻¹) e P Mehlich-1 (EMBRAPA, 1997).

As comparações entre as médias dos tratamentos foram feitas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade e fez-se análise de regressão para as doses de silício. O delineamento experimental foi blocos casualizado (DBC), sendo a análise estatística realizada num esquema fatorial 2x4x2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de Mg no solo foi maior (10,3 mmol_c dm⁻³), quando a saturação por bases foi de 60%, aos 30 dias após a aplicação do silicato, conforme esperado devido às maiores quantidades de MgCO₃ e CaCO₃ aplicadas. Com relação às doses de silicato aplicadas ao solo, não foi observada diferença estatística para os teores de Mg no solo, apesar da presença do Mg na composição do silicato (Tabela 2), o que se deve à baixa reatividade do silicato utilizado no estudo.

Os valores encontrados para o Mg trocável no solo, 30 dias após a aplicação do silicato,

variaram de 9,0 a 9,7 mmol_c dm⁻³ no controle e na dose de 600 kg ha⁻¹ de Si, respectivamente, valores estes menores que observados por Ramos (2005), que encontrou teores de Mg trocável no solo de 15,0 mmol_c dm⁻³ aos 60 de incubação, em um Latossolo Vermelho Distrofítico típico, utilizando a fonte Siligran AWM, na dose de 200 mg kg⁻¹. Silva (2002), trabalhando com a fonte Siligran pó observou teores de Mg no solo variando de 2 a 11,7 mmol_c dm⁻³ após 54 dia de incubação nas doses de 100 e 800 kg ha⁻¹, teores estes muito próximo do encontrado no presente estudo, indicando que o tempo de contato da fonte silicatada com o solo, mesmo após 54 dias de incubação, não foi muito maior do que os teores determinados no presente experimento.

Com relação à acidez residual do fertilizante (Tabela 5), pode-se notar que não houve diferença estatística para os teores de Mg no solo aos 30 dias após a incorporação do adubo ao solo quando ele foi analisado para a mesma saturação por bases.

Tabela 5. Teor de magnésio trocável na amostra de terra coletadas 30 dias após a aplicação de doses de silicato, em função da saturação por bases e acidez residual do fertilizante

Doses de Silicato	Magnésio trocável no solo				MÉDIA
	Saturação por bases				
	----- 40 % -----		----- 60 % -----		
	ALTA Acidez	BAIXA Acidez	ALTA Acidez	BAIXA Acidez	
kg ha ⁻¹	----- mmol _c dm ⁻³ -----				
0	7,2	8,5	10,0	10,5	9,0
150	11,2	7,5	10,0	10,0	9,6
300	7,7	8,2	10,5	10,7	9,3
600	8,2	9,7	10,2	10,7	9,7
Média acidez	8,6 a	8,5 a	10,1 a	10,5 a	--
D.M.S.	1,3		1,3		
Média Satur. B.	8,5 b		10,3 a		n.s.
D.M.S.	0,9				

C.V. = 20% ; *médias seguidas por letras distintas minúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade; n.s. – não significativo.

Com relação ao cálcio no solo (Tabela 6), esse não variou com a elevação da saturação por bases. Esse fato não era esperado, uma vez que aumentando a saturação por bases de 40% para 60% à quantidade de Ca adicionado também aumentou, o fato pode ser atribuído ao alto coeficiente de variação (37%) observado para essa análise. Aliado a isso, a acidez residual do fertilizante fosfatado não afetou a disponibilidade de Ca no solo. Fortes et al

(2008), estudando os níveis de silicato de cálcio e magnésio na produção de gramíneas, observaram teores de Ca no solo que variam de 4 a 21 mmol_c dm⁻³, a maior doses trabalhada foi de 8,36 g vaso⁻¹ e correspondeu ao maior teor de Ca no solo (21 mmol_c dm⁻³) aos 30 dias após o período de incubação do solo com silicatos. Os valores encontrados por esses autores foram menores que do presente estudo, onde os teores variam de 33,7 a 54,5 mmol_c dm⁻³.

Tabela 6. Teor de cálcio trocável em amostras de terra coletadas 30 dias após a aplicação de doses de silicato, em função da saturação por bases e da acidez residual do fertilizante

Doses de Silicato	Cálcio trocável no solo				MÉDIA
	SATURAÇÃO POR BASES				
	----- 40 % -----		----- 60 % -----		
	ALTA Acidez	BAIXA Acidez	ALTA Acidez	BAIXA Acidez	
kg ha ⁻¹	----- mmol _c dm ⁻³ -----				
0	35,5	41,0	33,7	37,2	36,7
150	50,7	35,5	50,5	47,0	45,9
300	41,7	53,0	51,2	54,5	50,1
600	37,7	52,2	34,7	39,7	41,1
Média acidez	41,3 a	45,4a	42,5 a	44,6 a	---
D.M.S.	11,1		11,1		
Média Satur. B.	43,3 a		43,5 a		n.s.
D.M.S.	0,78				

C.V. = 37%;* médias seguidas por letras distintas minúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

A disponibilidade de Si no solo extraído com CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ aumentou em função das doses de Si aplicadas no solo (Tabela 7 e Figura 1). A maior dose de Si (600 kg ha⁻¹) disponibilizou 7,0 mg kg⁻¹, sendo crescente. Esse teor, no entanto, não foi significativo em função das duas saturações por bases, no entanto foi significativo quanto à acidez residual do adubo fosfatado (Tabela 7), onde a baixa

acidez residual possibilitou maiores teores de Si disponível no solo, quando comparado com a acidez alta. A alta acidez dos adubos fosfatados ocasionada pelo pouco tempo de cura do material pode ter influência na reação de disponibilidade de Si das fontes de silicatos utilizadas, sendo que esse tempo de cura(ou incubação) deve ser respeitado para que a mistura com fontes de silício seja oportuna.

Tabela 7. Teor de silício extraído com CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, em amostras de terra coletadas 30 dias após a aplicação no solo de doses de silicato, em função da saturação por bases e da acidez residual do fertilizante

Doses de Silicato	Silício disponível no solo em CaCl ₂				MÉDIA
	Saturação por bases				
	----- 40 % -----		----- 60 % -----		
	ALTA Acidez	BAIXA Acidez	ALTA Acidez	BAIXA Acidez	
kg há ⁻¹	----- Si - mg kg ⁻¹ -----				
0	5,9	7,0	5,8	6,1	6,2
150	6,8	6,3	6,9	6,4	6,6
300	6,5	6,4	6,9	7,7	6,9
600	6,8	7,4	6,4	7,2	7,0
Média acidez	6,5 b	6,8 a	6,5 b	6,9 a	---
D.M.S.	0,32		0,32		
Média Satur.B.	6,6 a		6,7 a		*
D.M.S.	0,32				

C.V. = 11%;* médias seguidas por letras distintas maiúsculas ou minúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

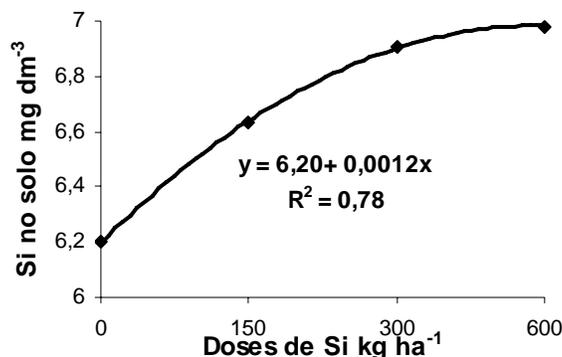


Figura 1. Silício no solo extraído com CaCl_2 0,01 mol L^{-1} aos 30 dias após a aplicação das doses de Si no solo.

Araújo (2007) trabalhando com Wollastonita e Escória transformada, incubadas no solo (LVdt) por um período de 30 dias e considerando a média das doses trabalhadas (200 e 400 kg ha^{-1}) encontrou teores de Si variando de 8,8 e 13,9 mg kg^{-1} , respectivamente. Esses valores foram maiores que os encontrados no presente experimento, indicando que a baixa reatividade da fonte Siligran no solo ou que períodos maiores de contato entre fertilizante e solo sejam requeridos para obtenção de maior quantidade de Si solúvel. Isso pode ser confirmado pelos dados obtidos por Fortes et al. (2008), que verificaram teores de Si no solo maiores que os observados nesse trabalho (4,0 a 9,8 mg dm^{-3}) aos 30 dias após a incubação do solo devido a baixa solubilidade dessa fonte.

Quanto à interação entre a acidez do fosfato e as doses de silicato, foi verificada interação significativa. Na dose de 300 kg ha^{-1} de silicato e com alta acidez residual do fosfato, o teor de Si no solo foi de 6,7 mg kg^{-1} e na dose de 600 kg ha^{-1} do silicato e com a baixa acidez, 7,35 mg kg^{-1} . Isso mostra que em função da dose e da acidez residual do fosfato, os teores de Si variam, sendo recomendável fazer mais estudos para se conhecer melhor a reação das doses de silicato com a acidez gerada pelas fontes fosfatadas.

O Si aplicado na forma de silicato afetou a concentração de Si nas folhas de soja (Tabela 8). Os teores de Si encontrados na planta variaram de 2,4 a 3,0 g kg^{-1} dentro das doses de silicato, respectivamente para a mais baixa e a mais alta de Si (Tabela 8 e Figura 2).

Tabela 8. Silício na parte aérea, em amostras coletadas aos 30 dias após o plantio em função de doses de Si, de saturação por bases e da acidez livre do fertilizante

Doses de Silicato kg ha ⁻¹	Silício na planta - g kg ⁻¹				MÉDIA
	SATURAÇÃO POR BASES				
	40%		60%		
	ALTA Acidez	BAIXA Acidez	ALTA Acidez	BAIXA Acidez	
	-----Si-g kg ⁻¹ -----				
0	1,6	2,3	3,3	2,4	2,4
150	2,1	2,9	3,6	3,2	2,9
300	2,3	4,1	3,0	2,9	3,1
600	2,1	3,5	3,1	3,2	3,0
Medía acidez	2,0 b	3,2 a	3,3 a	3,0 a	---
D.M.S		0,05		0,05	
Medía -Sat.B.		2,6 b		3,1 a	*
D.M.S			0,03		

C.V. = 25%;* médias seguidas por letras distintas maiúsculas ou minúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

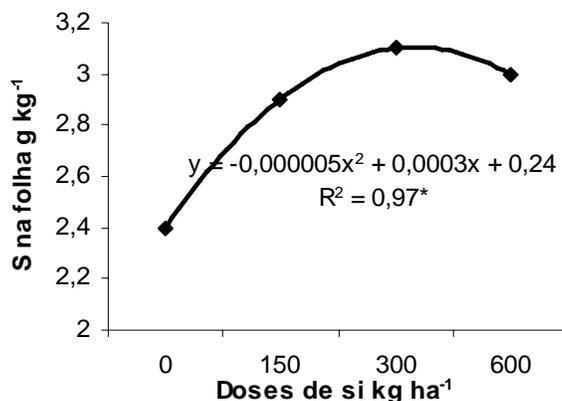


Figura 2. Silício na folha, 30 dias após o plantio da soja em função das doses de Si aplicada.

Apesar da soja ser considerada uma cultura com baixa capacidade de acumular Si, é possível observar um aumento nos teores de Si na parte aérea da planta (Tabela 8). Essa acumulação de Si pela soja pode ser atribuída ao fato do silicato ter sido colocado na linha de plantio e junto à semente. O fósforo aplicado juntamente com o silicato também ter contribuído para diminuir a retenção do Si na fase sólida do solo e, assim, aumentar a disponibilidade do elemento para a planta. Vidal (2005) estudando os solos do cerrado verificou que quando se fazia adição de P ao solo ocorria um aumento no teor de Si presente na solução do solo, ou seja, o P tinha maior preferência pelos sítios de adsorção dos sesquióxidos

de ferro e alumínio, reduzindo a adsorção de Si. Silva (2001) também verificou que após incubação com fósforo, em solos com variados teores de argila, houve um incremento na disponibilidade de silício.

Quanto à saturação por bases utilizadas de 40% e 60%, esta afetou o Si na folha (Tabela 8), sendo que a maior disponibilidade foi verificada com a maior saturação por bases, que apresentou 3,1 g kg de Si.

A disponibilidade de P no solo não variou com as doses de silicato, variando de 14 a 18 mg dm⁻³ de P em média para o tratamento controle e para a dose de 600 kg ha⁻¹ de silicato, respectivamente (Tabela 9).

Tabela 9. Teor de fósforo extraído por Mehlich-1, em amostras de terra coletadas 30 dias após a aplicação no solo de doses de silicato, em função da saturação por bases e residual do fertilizante

Doses de Silicato kg ha ⁻¹	Fósforo disponível no solo				MÉDIA
	Saturação por bases				
	----- 40 % -----		----- 60 % -----		
	ALTA Acidez	BAIXA Acidez	ALTA Acidez	BAIXA Acidez	
	----- mg dm ⁻³ -----				
0	16	32	1	8	14
150	29	27	18	17	23
300	21	6	28	17	18
600	25	20	14	11	18
Média acidez	23 a	21 a	15 a	13 a	--
D.M.S.		12,37		12,37	
Média - Sat. B.		22 a		14 a	n.s.
D.M.S.			8,74		

C.V. = 95%; *médias seguidas por letras distintas minúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

O coeficiente de variação para o teor de P no solo foi muito alto, cerca de 95%, que pode estar relacionado ao fato da amostragem de solo ter sido

efetuada na linha de adubação. Considerando ainda que o P é pouco móvel no solo (RAIJ, 1991) e a aplicação do adubo foi realizada em linha, qualquer

alteração da amostragem em relação ao local de aplicação do adubo pode determinar grandes variações nos valores de P analisados. Um dos fatores que mais interferem nos teores de P encontrados nas análises de solo, é o erro na amostragem (SCHLINDWEIN; ANGHINONI, 2002). As saturações por bases utilizadas (40% e 60%), assim como a acidez residual do fertilizante fosfatado, também não afetaram o P disponível no solo (Tabela 9).

De acordo com a Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais (1999), valores acima de 12 mg dm⁻³ de fósforo no solo com 60-100% de argila, podem ser considerados muito bom, independente das doses de silicato, da saturação por base e da acidez livre dos fosfatos. Com relação ao pH do solo (CaCl₂), houve incremento significativo do pH em função das doses de silicato aplicadas,

variando em média entre 5,3 a 5,6, respectivamente (Tabela 10), para o controle e para a maior dose de silicato. Os valores encontrados variaram pouco, resultado pode ter sido influenciado pelo fato de que o solo foi corrigido previamente para se elevar a saturação por bases para 40 e 60 %, isso pode ser justificado, pois, antes da correção do solo para elevação da saturação por bases, o solo apresentava valores de pH próximo a 4. Araujo (2007) utilizando a fonte Escoria transformada encontrou valores de pH de 4,44 e 4,49 após 30 dias de incubação, valores menores do que os observado no presente estudo. Fortes et al., (2008), também não encontrou variações nos valores de pH no solo após 30 dias de incubação com silicato de cálcio e magnésio. Novamente, esse fato pode ser atribuído ao pouco tempo de contato do silicato com solo.

Tabela 10. Valores de pH-CaCl₂ no solo, em amostras coletadas 30 dias após a aplicação no solo de doses de Si, em função da saturação por bases e acidez residual do fertilizante

Doses de Silicato	pH CaCl ₂				MÉDIA
	Saturação por bases				
	----- 40 % -----		----- 60 % -----		
	ALTA Acidez	BAIXA Acidez	ALTA Acidez	BAIXA Acidez	
kg ha ⁻¹	-----pH CaCl ₂ -----				
0	5,0	5,2	5,6	5,6	5,3
150	5,1	5,2	5,6	5,5	5,3
300	5,1	5,2	5,7	5,8	5,4
600	5,4	5,4	5,6	5,8	5,6
Media acidez	5,2 a	5,2 a	5,6 a	5,7 a	--
D.M.S		0,05		0,05	
Media -Sat.B.		5,2 b		5,7 a	*
D.M.S			0,05		

C.V. = 2%; *médias seguidas por letras distintas minúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

Foi verificada interação significativa entre a saturação por bases e as doses de silicato (Tabela 11). Na maior dose de silicato foi observado o maior teor de Si no solo, indicando que a saturação por bases tenha influência na disponibilidade de Si no solo.

Houve interação significativa entre saturação por bases e as doses de silicato aplicado (Tabela 11), sendo que na saturação por bases de 60% na dose de 300 kg ha⁻¹ foi observada o maior valor de pH no solo após 30 dias de incubação, podendo se dizer que o pH do solo foi influenciado pela saturação por bases e pelas doses de silicato aplicado ao solo.

De acordo com trabalhos da literatura pode-se concluir que a aplicação de silicato de Ca e Mg tem como efeito benéfico à capacidade de elevar o pH, neutralizando o Al trocável e outros elementos tóxicos, além de aumentar a disponibilidade do Si (FARIA, 2000; KORNDÖRFER et al., 2002, RAMOS, 2005; MELO, 2005). No presente experimento pode-se dizer que a pequena alteração no pH do solo após aplicação de doses de silicato, deveu-se ao curto período de incubação, ou seja, 30 dias de incubação, ou provavelmente ao fato do solo ter sido corrigido previamente para elevação da saturação por bases para 40 e 60%.

Tabela 11. Resumo do quadro de análise de variância para as variáveis: pH, Ca, P, Si e Mg analisadas no solo após 30 dias de incubação em Latossolo Vermelho Distrofíco típico (LVdt)

F.V	G.L	pH	Ca	P	Si	Mg
Saturação	1	296.0367 **	0.0186 ns	2.1401 ns	0.1221 ns	13.6091 **
Acidez	1	3.4269 ns	0.4802 ns	0.5748 ns	4.6610 *	0.0254 ns
Doses de silicato	3	6.6190 --	2.3328 --	0.9998 --	4.8118 --	0.3457 --
Saturação x Acidez	1	0.7647 ns	0.1222 ns	0.1637 ns	0.0102 ns	0.2960 ns
Saturação x doses de silicato	3	3.5139 *	0.7488 ns	1.6048 ns	3.5425 *	1.0759 ns
Acidez x doses de silicato	3	0.8538 ns	1.0882 ns	0.9210 ns	3.2079 *	2.0726 ns
Saturação x doses de silicato x acidez	3	1.2411 ns	0.4596 ns	0.0132 ns	1.2006 ns	1.5046 ns
Resíduo	45					
Total	63					

***, * significativo a 0,01 e 0,05, respectivamente. -- Os tratamentos são quantitativos. O Teste F não se aplica n.s. não significativo.

Analisando as saturações por bases isoladamente, verifica-se que as mesmas influenciaram os valores de pH em CaCl_2 encontrados no solo, após 30 dias de reação (Tabela 10), sendo que na saturação por bases de 60% o pH em CaCl_2 foi maior do que na saturação por bases de 40%, este fato era esperado uma vez que aumentando a saturação por bases, a quantidade de calcário utilizado é maior. Na saturação por bases de

40% o pH médio foi de 5,2 enquanto que na saturação por bases de 60% o pH médio foi de 5,7. Não houve efeito da acidez residual do adubo fosfatado sobre o pH do solo (Tabela 10).

A Figura 3 mostra que houve diferença para o pH do solo e as doses de silicatos aplicadas no solo, sendo na dose de 600 kg ha^{-1} o valor encontrado próximo a 5,6.

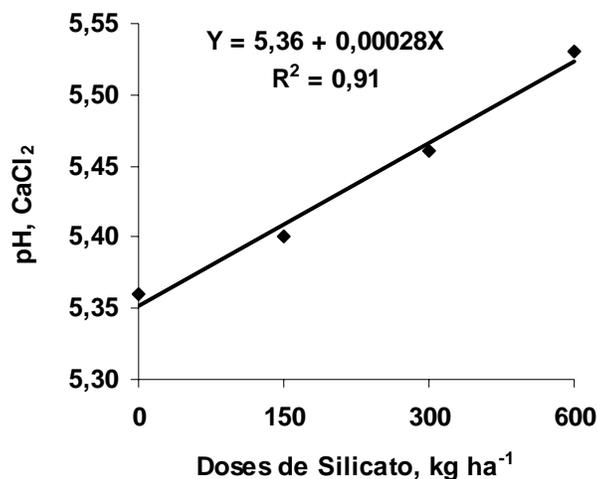


Figura 3. Valores de pH em CaCl_2 no solo, após 30 do plantio da soja, em função das doses de silicato aplicadas no solo.

CONCLUSÕES

Aplicação de silicato, aumentou o pH e disponibilidade de Si no solo e nas folhas e não influenciou os teores de P do solo aos 30 dias após o plantio da soja;

As doses de silicato em conjunto com acidez dos fosfatos, saturação por bases, influenciaram o teor de Si solúvel do solo.

Ocorreu maior disponibilidade Si no solo quando houve baixa acidez residual do fosfato e na maior saturação por bases (60%).

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à FERTION pelo auxílio dado para realização desta pesquisa e pelo suporte financeiro.

ABSTRACT: The mixture of calcium silicate (basic component) with ordinary superphosphate in the composition of formulas could help reduce the free acidity and increase the efficiency of phosphorus applied in the furrow. The objective was to evaluate the source of silicon (Siligran AWM) in mixture with ordinary superphosphate on the possible interactions of silicon in the soil. The study was installed in green house in Uberlândia in 2004. The experiment was conducted in randomized blocks in 2x2x4 factorial arrangement with 4 replications, totaling 64 experimental units. The experiment was developed in pots (20 kg), and the treatments consisting of two values of base saturation in the soil (40 and 60%), a source of phosphorus (ordinary superphosphate) with two values of free acidity (high and low) and a source of Si (calcium silicate). The silicate was applied at doses of 0, 150, 300 and 600 kg ha⁻¹. Samples of Red Latosol (LVdt) were used to during the incubation period of 30 days, using two doses of calcium carbonate and magnesium, calculated to reach saturation of bases from 40% and 60%. After this, the seeds of soybeans were planted, 5 cm on the side of the line and below the site of application of fertilizer. Were analyzed the levels of Si (CaCl₂ 0.01 mol L⁻¹), P, Ca, Mg and pH (CaCl₂) soil at 30 days after planting of soybeans. It was concluded with this study, that the silicate applied to the soil increased the availability of Si in the soil and soybean leaves and the soil pH 30 days after planting of soybeans. There was significant interaction between doses of silicate and residual acidity of phosphates and between doses and base saturation, the availability of Si in the soil. No difference was found between the ordinary superphosphate with high free acidity and low in P Mehlich, exchangeable Ca and Mg and pH of the soil.

KEYWORDS: Phosphorus. Silicon. Efficiency. Fertilizer.

REFERÊNCIAS

- ANGHINONI, I. Uso de fósforo pelo milho afetado pela fração de solo fertilizada com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 16, n. 2, p. 349-353, 1992.
- ARAÚJO, L. S. **Uso da “Escoria transformada” como corretivo de acidez do solo e fonte de silício, cálcio e magnésio**. 2007. 27f. (Monografia graduação)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes métodos oficiais**. Brasília, DF, 1983.
- CHIEN, S. H.; MENON, R. G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Amsterdam, v. 41, n. 3, p. 227-234, 1995.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**, Viçosa, MG, 1999.
- CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997.

FARIA, R. J. **Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo.** 2000. 47f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FORTES, C. A. ; PINTO ; FURTINI NETO, A. E. ; MORAIS, A. R. de ; EVANGELISTA, A. R. ; SOUZA, R. M. de . Níveis de silicato de cálcio e magnésio na produção das gramíneas Marandu e Tanzânia cultivadas em um Neossolo Quartzarênico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 32, n. 1. p. 267-274. 2008.

KORNDORFER, G. H.; PEREIRA H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura.** Uberlândia: GPSi, UFU, 2002.

KORNDORFER, G. H.; PEREIRA.H. S.;NOLLA.A. **Análise de silício no solo, planta e fertilizante.** Uberlândia: GPSi, UFU, 2004.

MELO, S. P. **Silício e fósforo para o estabelecimento do capim-Marandu num Latossolo vermelho-amarelo.** 2005. 123f. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2005.

MODEL, N. S.; ANGHINONI, I. Resposta do milho a modos de aplicação de adubos e técnicas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 16, n. 1, p. 55-59, 1992.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa, UFV, DPS, 1999.

POTTKER, D. Correção de acidez de solo no sistema de plantio direto. In: SEMINARIO INTERNACIONAL DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 1995, Passo Fundo. **Resumos. . .** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p. 15-19.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 85-92, 2001.

RAIJ, B. van; **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: POTAFOS, 1991.

RAMOS. L. A. **Reatividade de fontes de silício e sua eficiência na absorção e acumulação na cultura do arroz irrigado.** 2005. 91f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

SILVA, M. L S. **Disponibilidade de fósforo em solos com aplicação de escoria silicatada como corretivo de acidez.** 2001. 65f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção)- Faculdade de Engenharia da Universidade Paulista de Ilha Solteira, Universidade Paulista, Ilha Solteira, 2001.

SILVA. M. F. **Avaliação de silício através de testes biológico e de incubação.** 2002. 42f. (Monografia graduação)- Universidade Federal de Uberlandia, Uberlandia, 2002.

SOUSA, D. M. G. ; MARTHA, JUNIOR, G. B. ;VILELA.L. Manejo de adubação fosfatada em pastagens.In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 101-138.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Tamanho da subamostra e representatividade da fertilidade do solo no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, 2002.

SMYTH, T.J.; SANCHEZ, P. Effect of lime, silicate, and phosphate application to an Oxisol on phosphorus sorption and ion retention. **Soil Science Society American Journal**, New York, v. 44, p. 500-505,1980.

VENTIMIGLIA, L. A.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; PIRES, J. L. F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 2, p. 195-199, 1999.

VIDAL, A. A. **Efeito do pH na disponibilidade de silício em solos da região do Triângulo Mineiro**. 2005. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.