



## **Disponibilidade de fósforo, cálcio e magnésio no solo em função da aplicação de corretivos e sistema de manejo<sup>1</sup>.**

**Moniki Campos Janegitz<sup>(2)</sup>; Elialdo Alves de Souza<sup>(3)</sup>; Ciro Antonio Rosolem<sup>(4)</sup>; Camila Grassmann<sup>(5)</sup>;**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP

<sup>(2,3)</sup> Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Agricultura, Faculdade de Ciência Agronômica, Universidade Estadual Paulista - FCA/UNESP, Campus de Botucatu. Caixa Postal 237. CEP 18603-970 Botucatu (SP). E-mail: monikijanegitz@yahoo.com.br, eli\_agronomo@yahoo.com.br

<sup>(4)</sup> Professor Titular, Departamento de Produção Vegetal, FCA/UNESP, Campus de Botucatu. Bolsista do CNPq. E-mail: rosolem@fca.unesp.br

<sup>(5)</sup> Acadêmica do curso de Agronomia Faculdade de Ciência Agronômica, Universidade Estadual Paulista - FCA/UNESP, Campus de Botucatu. Caixa Postal 237. CEP 18603-970 Botucatu (SP). milinhagrass@hotmail.com.

**RESUMO:** O efeito de práticas de manejo visando à eficiência de uso de corretivos e fertilizantes na disponibilidade de nutrientes são de extrema importância nos sistemas de produção agrícola. O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da aplicação de corretivos na disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo no solo em sistema convencional e semeadura direta de cultivo. O experimento foi conduzido na fazenda Lageado em Botucatu-SP em duas áreas pareadas e independentes. O pH inicial do solo estava em 3.7 e a saturação por bases em 10%. Os tratamentos foram: testemunha, calcário, silicato, gesso+calcário, gesso+silicato. Para os cálculos das doses de calcário e silicato foi levada em consideração a saturação do solo por bases, elevando-a a 70%, e a dose de gesso foi de acordo com o teor de argila do mesmo. Amostras de solo deformadas e indeformadas foram retiradas um ano após aplicação dos tratamentos nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm e analisado o pH, matéria orgânica, estoque de carbono, teor de fósforo, cálcio e magnésio no solo. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste t (DMS) a 5% de significância. Os corretivos aumentaram o pH do solo. A matéria orgânica aumenta a disponibilidade de Ca, Mg e P na camada superficial do solo. O uso de silicato aumenta a disponibilidade de P e Ca. O gesso em conjunto com os corretivos aumentou a disponibilidade de nutrientes no solo.

**Termos de indexação:** manejo de solo, adsorção de fósforo, silicato.

### **INTRODUÇÃO**

A matéria orgânica composta basicamente por carbono tem influência direta na qualidade do solo e disponibilidade de nutrientes, por sua vez, é afetada por fatores ambientais como temperatura, umidade,

pH, potencial de oxi-redução do solo, assim como por fatores bióticos – quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos e atividade microbiana do solo. (Albuquerque et al., 2005).

A correção da acidez dos solos ácidos é essencial para aumentos de produtividade, especialmente em solos de regiões de clima tropical, nos quais predominam baixos valores de pH, bases trocáveis, P e teores elevados de H+Al (PEIXOTO et al. 1997).

A disponibilidade de P no solo além de estar relacionada com o pH do mesmo, também depende da quantidade de matéria orgânica. Através da elevação do pH e presença de matéria orgânica há formação de complexos com posterior aumento da solubilidade dos fosfatos de ferro e alumínio e redução da adsorção do ânion fosfato na fase sólida do solo (Raij, 1991).

O calcário ainda é o corretivo utilizado em maior proporção para a correção de acidez do solo. Todavia, como alternativa promissora tem se utilizado o silicato de cálcio (CaSiO<sub>3</sub>), pois este tem reações semelhantes ao calcário. O silicato, além de elevar o pH, os teores de Ca e Mg no solo, disponibiliza o ânion silicato (H<sub>3</sub>SiO<sub>4</sub><sup>-</sup>), que concorre com o ânion fosfato pelo mesmo sítio de adsorção, saturando dessa forma o ponto onde possivelmente seria adsorvido o fósforo (Leite, 1997).

Partindo do princípio que a matéria orgânica aumenta a disponibilidade de nutrientes no solo e reduz a adsorção de P no solo e a aplicação do silicato pode resultar em aumento na disponibilidade de fósforo no solo para as culturas, objetivou-se estudar em solo oxidado a influência da aplicação de calcário, silicato e gesso no pH, disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo no solo e estoque de carbono em sistema convencional e semeadura direta de cultivo.



## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda Lageado em Botucatu-SP em duas áreas pareadas e independentes um em sistema de semeadura direta (SD) e outro em sistema convencional (SC) de cultivo. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram: testemunha, calcário, silicato, gesso+calcário, gesso+silicato. Para os cálculos das doses de calcário e silicato foi considerada a saturação de base do solo elevando a 70% e a dose de gesso foi de acordo com o teor de argila do mesmo. Antes da aplicação dos tratamentos, a análise química (Raij et al., 2001) e granulométricas (Camargo et al., 1986) apresentou: pH 3,7; 11 mg dm<sup>-3</sup> de P, 3,0 mmolc dm<sup>-3</sup> de Ca, 3,0 mmolc dm<sup>-3</sup> de Mg, 0,7 mmolc dm<sup>-3</sup> de K, 60 mmolc dm<sup>-3</sup> de Al+H, saturação por bases de 10% e 23 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica, com 57% de areia, 20% silte e 33% de argila. Na aplicação dos tratamentos em outubro (2012) houve preparo do solo com grade intermediária no SC para incorporação dos resíduos e corretivos. Contudo, um ano após a aplicação dos tratamentos, antes da amostragem de solo, houve posterior repetição do procedimento de preparo do solo com a grade intermediária.

A análise química dos corretivos apresentou para o calcário: 0 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,0 K<sub>2</sub>O, 251 Ca, 178 Mg, 6,5 S, 1,3 Fe, 21 Si e PRNT 109 %, silicato: 6,0 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 3,0 K<sub>2</sub>O, 233 Ca, 36 Mg, 1,0 S, 116 Fe e 68 Si e PRNT 60% gesso: 8,5 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,7 K<sub>2</sub>O, 189 Ca, 10 Mg, 140 S, 2,0 Fe e 21 Si, sendo que, todos os valores estão expressos em g kg<sup>-1</sup>.

Ressalta-se que foram feitas duas aplicações de adubos no solo da formulação NPK uma de 350 kg ha<sup>-1</sup> de 02-20-20 em novembro de 2012 na semeadura da soja e outra de 290 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-14-08 em abril (2013) na semeadura do consórcio milho-braquiária.

Amostras de solo deformadas e indeformadas foram retiradas um ano após a aplicação dos tratamentos (novembro, 2013) nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm e analisado o pH (CaCl<sub>2</sub>), matéria orgânica, fósforo, cálcio e magnésio (Raij et al. 2001). A matéria orgânica foi determinada a partir da análise de carbono feita no analisador elementar multiplicando-se os valores pelo fator 1.724. Para o cálculo de estoque de carbono no solo foi considerado a densidade, onde amostras foram retiradas com anéis de 100 cm<sup>3</sup> de volume segundo a metodologia da Embrapa (1997).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste t (DMS) a 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de corretivo e gesso aumentou o pH do solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm nos dois sistemas, diferindo da testemunha (Figura 1a). Porém, na profundidade de 10-20 cm o SC diferiu estatisticamente do SD com maior pH, o que está relacionado com a mobilização e incorporação dos corretivos no solo, favorecendo a reação. Na camada de 20-40 cm não houve respostas significativas para tratamentos e manejo de solo.

Houve maiores quantidades de matéria orgânica no SD do que no SC em todas as profundidades, entretanto, os tratamentos não se diferiram da testemunha (Figura 1b). A mobilização do solo no SC diminuiu os estoques de carbono do solo, com a incorporação dos resíduos ocorre o aumento da atividade microbológica formando agregados menos instáveis (Bayer & Mieleniczuk, 1999), enquanto no sistema direto a ciclagem do material é constante e oxidado gradativamente. Houve também consequentemente, diferença estatística significativa entre os sistemas para o estoque de carbono até 40 cm de profundidade (Figura 1c).

Os menores teores de matéria orgânica e estoque de carbono no SC estão correlacionados com a menor densidade do solo (dados não apresentados). Não houve diferença entre os tratamentos para estas variáveis, porém, ao longo do tempo, o acúmulo de matéria orgânica em função dos diferentes tratamentos poderá apresentar diferenças devido à diferença de produção de massa de matéria seca com posterior deposição de resíduos na superfície do solo e produtividade de grãos da área em estudo em ambos os sistemas de manejo.

De acordo com a Tabela 1, a aplicação dos corretivos ao solo aumentou os teores de Ca e Mg assim como observado por Rezende et al. (2007), isto deve-se ao fato dos produtos apresentarem Ca e Mg em sua composição. A maior disponibilidade de Ca foi na presença do silicato. Na camada superficial houve maior teor de Ca no SD enquanto em profundidade maiores teores foram observados no SC de cultivo.

Por outro lado a maior disponibilidade de Mg no solo foi com o uso do calcário tanto na presença quanto na ausência de gesso comparado aos tratamentos com silicato nos dois sistemas de manejo em todas as profundidades. A resposta está na composição do material, pois o calcário utilizado apresenta quatro vezes mais Mg do que o silicato.

O comportamento do P disponível no solo é mostrado na Tabela 1. Com base no teor inicial de P no solo de 11 mg dm<sup>-3</sup>, houve aumento da disponibilidade de P com a aplicação dos corretivos



nos dois sistemas de manejo. Nos tratamentos com presença de silicato na camada de 0-20 cm a disponibilidade de P foi maior comparado à aplicação de calcário, como observado por Prado & Fernandes (2001) ocorrendo diminuição da adsorção de P.

O fato de ter sido aplicado fósforo ao solo, também pode ter contribuído para o efeito positivo do silicato sobre o P disponível no solo, uma vez que, nos trabalhos em que este efeito foi observado, o fósforo e alguma fonte silicatada foram aplicados conjuntamente no solo. Neste caso, os sítios de adsorção de P podem ter sido bloqueados pelo ânion silicato aumentando o P disponível do solo (Lopes, 1977).

Na profundidade de 0-10 cm no SC não houve diferença entre os tratamentos e apresentou menor disponibilidade de P em comparação com o sistema direto. Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos e sistemas em subsuperfície (20-40 cm). O uso do gesso em conjunto com os corretivos contribui também para o aumento da disponibilidade do P no solo (Tabela 1).

A presença de maior teor de matéria orgânica no sistema de semeadura direta aliado a aplicação de corretivos resulta em maiores quantidades de Ca, Mg e P disponível na camada de 0-10 cm, Este são fatores que alteram o comportamento do Al em solução pela formação de complexos Al-orgânicos e pela maior força iônica da solução do solo (Salet et al., 1994, citados por Anghinoni & Salet, 1998).

### CONCLUSÕES

Os corretivos foram eficientes na correção da acidez do solo

A presença de gesso com os corretivos aumentou a disponibilidade de Ca, Mg e P no solo

O uso de silicato aumenta a disponibilidade de fósforo e Ca no solo.

Quanto maior o teor de matéria orgânica no solo, maior disponibilidade de Ca, Mg e P.

### AGRADECIMENTOS

A Capes e a Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pela concessão de bolsa de estudo do primeiro e segundo autor.

### REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A.; ARGENTON, J.; BAYER, C.; WILDNER, L.P. & KUNTZE, M.A.G. Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2005, 29:415-424.

ANGHINONI, I. & SALET, R.L. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N.J., ed. *Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto*. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, 1998. p.27-52

BAYER, C. & MIELNICZUK, J (1999) Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A., CAMARGO, F.A.O. (eds) *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*, 1. ed. Porto Alegre: Gênese, p.9-24.

LEITE, P. C. Interação silício-fósforo em latossolo roxo cultivado com sorgo em casa de vegetação. 1997. 84 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

LOPES, M.S. Relações entre o pH e a adsorção de fósforo e silício em solos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1977. 45p. Dissertação de Mestrado

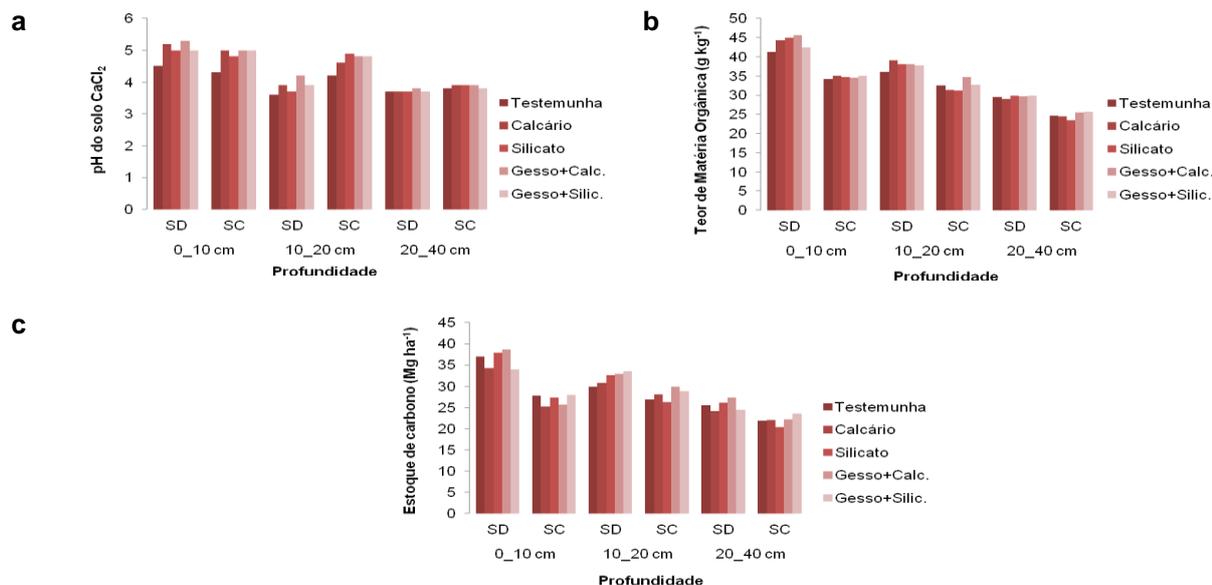
PEIXOTO R. T. G.; AHRENS D. C.; SAMAHAM, J. *Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável*. Ponta Grossa, IAPAR, 1997. 275p.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Efeito do calcário e da escória de siderurgia na disponibilidade de fósforo no Latossolo Vermelho-Escuro e na Areia Quartzosa. *Revista de Agricultura*, v.74, n.2, p.235-242, 1999.

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, 67p. 2001.

RAIJ, B.V. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres, 1991. 343 p.

REZENDE, L.; SOUZA, I.; BARROS, N.; MILAGRES, J. Eficiência agrônômica do agrosilício, comparativamente ao calcário dolomítico, na correção do solo e na disponibilidade de Ca e Mg. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Gramado. Anais... Gramado: SBCS, 2007, CD Rom.



**Figura 1:** a- Valores médios de pH (CaCl<sub>2</sub>), b- matéria orgânica (g kg<sup>-1</sup>) e c- estoque de carbono no solo (Mg ha<sup>-1</sup>) no solo nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 cm, em função da aplicação dos tratamentos e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) de solo. Novembro de 2013.

Tabela 1: Valores médios de fósforo disponível (mg dm<sup>-3</sup>), cálcio (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e magnésio no solo (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) no solo nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 cm, em função da aplicação dos tratamentos e do sistema de manejo direto (SD) e convencional (SC) de solo. Novembro de 2013.

Tratamentos	0_10 cm		10_20 cm		20_40 cm	
	SD	SC	SD	SC	SD	SC
Fósforo mg dm <sup>-3</sup>						
Testemunha	23,4 cA	24,6 aA	18,1 cA	19,9 cA	6,8 aA	5,7 aA
Calcário	34,7 bcA	23,0 aB	22,2 bcA	22,3 bcA	7,8 aA	7,1 aA
Silicato	54,0 aA	24,6 aB	27,2 bA	29,8 aA	7,3 aA	6,6 aA
Gesso+Calc.	31,1 cA	23,6 aA	28,1 abA	28,1 abA	7,0 aA	7,1 aA
Gesso+Silic.	45,3 abA	31,9 aB	33,2 aA	25,4 abcB	8,1 aA	6,4 aA
Média	37,7	24,4	25,8	25,0	7,4	6,6
Cálcio mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						
Testemunha	15,5 dA	11,9 cA	7,2 cA	7,8 cA	2,6 bA	2,6 bA
Calcário	31,4 cA	16,3 bcB	11,4 bcA	17,5 abA	2,4 bA	3,9 abA
Silicato	42,2 bA	18,8 abcB	10,8 bcB	21,5 abA	2,7 bA	5,8 aA
Gesso+Calc.	39,0 bcA	23,7 abB	15,2 abA	15,0 bcA	2,7 bA	4,6 abA
Gesso+Silic.	58,0 aA	28,3 aB	20,9 aA	22,9 aA	4,2 aA	5,9 aA
Média	37,2	19,8	13,1	16,9	2,9	4,6
Magnésio mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						
Testemunha	6,5 cA	6,0 cA	4,3 bA	4,3 bA	1,8 bA	1,5 cA
Calcário	18,7 abA	8,7 aB	7,4 abA	9,0 aA	2,0 bA	3,0 abA
Silicato	16,1 bA	7,3 bB	3,9 bB	7,9 abA	1,3 bA	2,0 bcA
Gesso+Calc.	20,4 aA	9,8 aB	8,2aA	5,8 abA	2,2 bB	3,4 aA
Gesso+Silic.	16,2 bA	6,5 bcB	6,1 abA	5,4 abA	3,5 aA	2,0 bcB
Média	15,6	7,7	6,0	6,5	2,1	2,4

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha (sistemas) e minúscula na coluna (tratamentos), pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.