



## Teores de fósforo no solo, em função de culturas de cobertura, residual de doses de calcário e nitrogênio no sistema plantio direto.

**João William Bossolani<sup>(1)</sup>; Edson Lazarini<sup>(2)</sup>; Luiz Gustavo Moretti Souza<sup>(1)</sup>; Renato Jaqueto Goes<sup>(3)</sup>; Leandro Rebuá Rodrigues<sup>(4)</sup>; Luiz Henrique Marcandalli<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Graduando do Curso de Agronomia FE/UNESP, Ilha Solteira - SP, CEP: 15385-000, joaowilliam\_shk@hotmail.com, souzamoretti@gmail.com; <sup>(2)</sup> Professor Adjunto do Curso Agronomia, FE/UNESP, Ilha Solteira, SP, lazaroni@agr.feis.unesp.br; <sup>(3)</sup> Doutorando em Agronomia, FE/UNESP, Ilha Solteira SP, renato\_goes5@yahoo.com.br; <sup>(4)</sup> MSc em Agronomia, FE/UNESP, Ilha Solteira SP, leandrorebua@gmail.com; <sup>(5)</sup> Engenheiro Agrônomo, ex-aluno FE/UNESP, Ilha Solteira SP, luizmarcandalli@gmail.com.

**RESUMO:** O presente trabalho foi realizado na FE/UNESP. Campus de Ilha Solteira, iniciando-se no ano agrícola de 2000/01 com a implantação do sistema plantio direto com o cultivo da soja, objetivando avaliar o comportamento do fósforo (P) no solo em função de culturas de cobertura (milheto e *Crotalaria juncea*), residual de doses de calcário e nitrogênio. No ano agrícola de 2001/02, instalou-se os modos de aplicação de calcário (dose total incorporada, dose total em superfície, parcelamento da dose em 2 ou 3 vezes, em superfície) e testemunha. No ano agrícola de 2003/04, subdividiram-se as parcelas para a instalação dos tratamentos com doses anuais de nitrogênio (0; 90 e 180 kg/ha) e sucedeu-se a soja pelo milho, avaliando o residual nas safras 2004/05 e 2005/06. No agrícola 2006/07 avaliou-se a cultura da soja quanto ao residual dos tratamentos. Na safra 2007/08, foi realizado reaplicação de calcário em superfície nas doses 0, 812 e 1624 kg/ha, calculada em função dos resultados da análise química do solo. Sendo assim o presente trabalho refere-se ao ano agrícola de 2008/09, que após a colheita da soja, foram coletadas amostras de solos nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, para avaliação dos teores de fósforo. Verificou-se os que teores de P não sofreram alterações até na camada de 0,10 m por influência das doses de calcário, cobertura e doses de N, e a crotalaria juntamente com a maior dose de calagem foram bem efetivas na camada entre 0,10 m e 0,40 m.

**Termos de indexação:** calcário, superfície, cerrado

### INTRODUÇÃO

O plantio direto é caracterizado pelo não revolvimento do solo e conseqüentemente permanência dos restos culturais antecessores à superfície. Embora a aração dos solos submetidos ao sistema de plantio direto (SPD) seja a melhor forma de incorporar calcário, os produtores abrem mão dessa possibilidade para não destruir o que foi

ganho pela adoção desse sistema (PÖTTKER; BEN, 1998).

O acúmulo de resíduos vegetais, principalmente de culturas de cobertura, corretivos e fertilizantes na superfície do solo proveniente do não revolvimento deste, promove alterações nas características químicas do solo, em relação ao convencional. Estas modificações ocorrem de forma gradual e progressiva a partir da superfície do solo, e afetam tanto a disponibilidade de nutrientes quanto o processo da acidificação do solo (SIDIRAS; PAVAN, 1985; RHEINHEIMER et al., 1998).

A maioria das espécies vegetais utilizadas como condicionadora de solo em condições de Cerrado tem como principal objetivo promover a diversidade biológica dos agrossistemas, aumentar a fitomassa vegetal dos sistemas de produção, incrementar a quantidade e melhorar a qualidade da matéria orgânica do solo, além de serem mais eficiente na reciclagem dos nutrientes, principalmente o P, que é limitante nessas condições, como também proporcionam cobertura ao solo na entressafra, protegendo dos principais agentes de degradação (BURLE et al., 2006).

Dessa forma, é provável que, em solo cultivado por longo período nesse sistema, as interações MO x Al trocável, MO x P disponível, estrutura x retenção de água, etc. se manifestem mais intensamente, influenciando a acidez, a disponibilidade e a absorção de nutrientes e o rendimento das culturas (NICOLODI et al., 2004).

Diante do apresentado, este trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nas características químicas do solo, em função de culturas de cobertura antecessoras, residual de adubação nitrogenada e doses de calcário reaplicadas em superfície, em área com sistema plantio direto estabelecido há oito anos.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS,



(51°22'W e 20°22'S e altitude de aproximadamente 335 m), região esta caracterizada por clima tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. O solo da área experimental de acordo com a nomenclatura atual (Embrapa, 2006) é um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (LVd). Nessa área experimental, iniciou-se no ano agrícola 2000/01, um trabalho com modos e épocas de aplicação de calcário na implantação do sistema plantio direto e culturas de cobertura na entressafra, tendo a soja, como a cultura principal, cultivada no período de primavera/verão. O preparo do solo para a implantação da cultura da soja na safra 2000/01 foi convencional, com aração e gradagens leve. Após a colheita da soja, iniciou-se a instalação dos tratamentos com épocas e modos de aplicação da dose de calcário recomendada, baseando-se o cálculo da dose, obtendo uma saturação por bases de 70%, recomendada para o milho, segundo Raij et al. (1996). Os tratamentos utilizados no início do ensaio foram: T1 - aplicação total da dose recomendada, incorporada a 0,20 m; T2 - aplicação total da dose recomendada em outubro de 2001, em superfície; T3 - aplicação de 1/2 da dose recomendada em outubro de 2001 e 1/2 em agosto de 2002, todas em superfície; T4 - aplicação de 1/3 da dose recomendada em março de 2001, 1/3 em outubro de 2001 e 1/3 em agosto 2002, todas em superfície; T5 - testemunha (sem aplicação de calcário). A soja foi cultivada na área, novamente nos anos agrícolas 2001/02 e 2002/03, sempre no período de primavera/verão. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com os tratamentos dispostos em um esquema fatorial (5 x 2), ou seja, 5 modos e épocas de aplicação de calcário e 2 culturas de cobertura em cada entressafra, com três repetições, onde cada parcela possuiu 15 x 12 m de dimensão. A partir do ano agrícola 2003/04, as culturas de cobertura sempre foram o milheto e a *Crotalaria juncea*, semeadas na primavera com o milho em sucessão (2003/04, 04/05 e 05/06), subdividindo-se as parcelas para a aplicação anual de doses de N (0, 90 e 180 kg ha<sup>-1</sup>). Portanto, o experimento passou a possuir tratamentos dispostos em um esquema fatorial 5x2x3, ou seja, 5 modos de aplicação de calcário na implantação do sistema plantio direto, 2 culturas de cobertura de primavera (crotalária e milheto) e 3 doses de nitrogênio em cobertura (0, 90 e 180 kg ha<sup>-1</sup>), utilizando-se como fonte o sulfato de amônio e a uréia. Todos os tratamentos apresentavam 3 repetições. No ano agrícola 2006/07 a soja sucedeu o milho como cultura de verão, mantendo-se as culturas de cobertura implantadas na primavera, modos de aplicação de calcário na implantação do sistema plantio direto e residual das doses de N aplicadas em cobertura na cultura do milho nos anos agrícolas anteriores. Em outubro de 2007, foi reaplicado em superfície as doses 0, 812 e 1624 kg

ha<sup>-1</sup> de calcário, respectivamente, nos tratamentos com parcelamento em 3 vezes, 2 vezes e sem parcelamento da dose total de calcário, aplicada em superfície na implantação do sistema plantio direto. O delineamento experimental, portanto, passou a ser o em blocos casualizados com os tratamentos dispostos em esquema fatorial de 2x3x3, sendo 2 culturas de cobertura, residual de 3 doses de nitrogênio (0, 90, e 180 kg ha<sup>-1</sup>) e 3 doses de calcário aplicadas em superfície. Esses tratamentos foram avaliados na cultura da soja nos anos agrícolas 2007/08 e 2008/09.

Sendo assim o presente trabalho refere-se ao ano agrícola de 2008/09, que após a colheita da soja, foram coletadas amostras em área experimental, uma amostra composta por sub-parcela em quatro profundidades diferentes (0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 m), sendo cada amostra composta constituída de quinze sub amostras nas quatro profundidades. As sub amostras foram coletadas em três pontos aleatórios da sub-parcela, onde cada ponto tinha uma sub-amostra coletada na linha de semeadura, da cultura da soja colhida, duas amostras coletadas a direita e duas amostras a esquerda da linha, formando assim cinco sub-amostras por ponto amostral da sub-parcela, nas quatro profundidades diferentes. Em seguida as amostras compostas foram levadas ao laboratório onde foram secas ao ar e moídas com peneira de 2,0 mm, sendo posteriormente determinados os teores de P, segundo metodologia de Raij e Quaggio (1983).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Com relação a doses realizou-se regressão polinomial com auxílio do programa estatístico Sisvar.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores médios de fósforo no solo e os valores de F nas diferentes camadas de solo analisadas em função dos tratamentos testados são apresentados na tabela 1. Os valores médios de fósforo nos diferentes tratamentos variaram de 17,14 a 3,65, apresentando valores superiores nas duas camadas superficiais do solo (0 a 0,05 e 0,05 a 0,1 m). Para a maioria dos tratamentos o teor de fósforo encontrado é classificado como baixo (7-15 mg dm<sup>-3</sup>) conforme descrito em Raij et al. (1996), exceto para a camada de 0,05 a 0,1 no tratamento que recebeu a maior dose de calcário. A maior concentração de fósforo na camada de 0,05 a 0,1 m ocorre em função da baixa mobilidade desse elemento no solo e com a adoção do sistema plantio direto (SPD), a aplicação de P feita no sulco de semeadura a uma profundidade entre 0,05 e 0,10 m (SOUSA et al., 2008), aliado ao fato do não



revolvimento do solo sob SPD, justifica essa maior concentração nas camadas superiores.

Concordando com essa informação, Carvalho (2000) também encontrou maior concentração de P nas camadas superiores em área agrícola com 5 anos de cultivo, sendo 3 sob SPD. A disponibilidade de P em solos altamente intemperizados é um fator agrônomico limitante bem conhecido (SOUZA et al., 2008) e na região dos Cerrados os teores de P na solução dos solos são geralmente muito baixos, além de existir alta capacidade de adsorção do fosfato pela fração argila, principalmente os óxidos de ferro e alumínio. Nas camadas de 0 a 0,05 e 0,05 a 0,1 m não houve diferença em nenhum dos tratamentos, enquanto que, na camada de 0,1 a 0,2 m houve diferença entre as doses de calcário, culturas de cobertura e na interação desses fatores.

No caso da interação de doses de calcário com 2 culturas de cobertura, verifica-se na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** que houve efeito linear crescente no teor de fósforo no solo com o aumento da dose de calcário, ajustando os dados a equação linear ( $y=0,0033x + 7,0983$   $R^2=0,79$ ), quando se utilizou a crotalaria como cultura de cobertura. Os teores médios de fósforo na área que recebeu a crotalaria como cultura de cobertura, foram superiores aos encontrados em área cultivada com milho, em quase  $2 \text{ mg dm}^{-3}$ . Entretanto, apenas se diferenciou do milho, estatisticamente, quando a dose aplicada de calcário foi  $1624 \text{ kg ha}^{-1}$ . Esses resultados não concordam com os dados obtidos por Gonzaga (2009) ao avaliar a influência de diferentes culturas de cobertura do solo sobre os teores de fósforo em sistema de rotação de culturas (soja/milho) ou monocultivo, onde esse autor não verificou influência dos tratamentos sobre os teores de P no solo.

## CONCLUSÕES

- os teores de P no solo até a profundidade de 0,10 m não foram influenciados pela cultura de cobertura e residual de doses de calcário e adubação nitrogenada;

- nas camadas entre 0,10 e 0,40 m, a crotalaria influenciou positivamente no teor de P, principalmente na maior dose de calcário utilizada.

## REFERÊNCIAS

BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa-Cerrados, 2006. 369 p.

CARVALHO, M. A. C. **Sucessão de culturas a quatro adubos verdes em dois sistemas de semeadura**. 2000. 185 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e

Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ed. Rio de Janeiro. Embrapa, 2006. 306p.

GONZAGA, R. L. **Efeito de sistemas de preparo e manejo do solo, culturas de cobertura e rotação nas propriedades físicoquímicas do solo e na cultura do milho**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção). Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

HERNANDEZ, F.B.T.; LEMOS-FILHO, M.A.F.; BUZZETTI, S. Software HIDRISA e o balanço hídrico Ilha Solteira. Ilha Solteira: UNESP/FEIS. Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. p.45. (Série Irrigação, 01).

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Relações entre o pH do solo e os indicadores de fertilidade e o rendimento de soja em lavouras no sistema plantio direto. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 5., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004.

PÖTTKER, D.; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p.675-684, 1998.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomico, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, p. 713-721, 1998.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 9, n.3, p. 249-254, 1985.

SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; SILVA, A. A. Variabilidade espacial do fósforo, potássio e da necessidade de calagem numa área de pastagem. **Revista Ciência Agrônoma**, Fortaleza, v. 29, n. 3, p. 384-391, 2008.



**Tabela 1** - Coeficientes de variação, valores de F e de regressão e médias de teores de fósforo no solo nas camadas de 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m de profundidade, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria . MS, 2008/09.

Tratamento	Camada de solo (m)			
	0,00 . 0,05	0,05 . 0,10	0,10 . 0,20	0,20 . 0,40
	-----P em mg dm <sup>-3</sup> -----			
0 . CA	12,09	12,93	7,25	3,65
812 . CA	9,6	11,51	8,04	4,12
1624 . CA	11,28	17,14	10,30	4,43
Milheto	10,55	13,41	7,31	3,04 B
Crotalária	11,43	14,30	9,75	5,09 A
0 N	10,91	14,04	8,48	4,14
90 N	10,90	14,00	8,51	4,12
180 N	11,15	13,52	8,58	3,94
<b>Teste F</b>				
Calcário (CA)	1,27 ns	2,80 ns	4,71 *	0,46 ns
Cobertura (CO)	0,46 ns	0,19 ns	8,39 *	9,49 *
CA x CO	0,79 ns	5,08 ns	3,93 *	0,83 ns
Nitrogênio (N)	0,26 ns	0,39 ns	0,28 ns	0,31 ns
CA x N	0,04 ns	0,51 ns	1,48 ns	0,88 ns
CO x N	0,12 ns	0,01 ns	0,43 ns	0,21 ns
CA x CO x N	0,47 ns	0,54 ns	3,71 *	0,02 ns
RL CA	0,26 ns	2,89 ns	8,74 *	0,91 ns
RQ CA	2,27 ns	2,70 ns	0,68 ns	0,01 ns
RL N	0,37 ns	0,63 ns	0,54 ns	0,52 ns
RQ N	0,15 ns	0,15 ns	0,03 ns	0,11 ns
CV % (1)	43,61	53,55	36,36	60,77
CV % (2)	10,73	14,22	4,66	20,33

- ns - tratamentos não significativos; \* - significativos a 5%.
- médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
- RL . valores de F para regressão linear; RQ . valores de F para regressão quadrática.

**Tabela 2** - Desdobramento da interação doses de calcário e culturas de cobertura significativa para o teor de P no solo na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Selvíria . MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário kg ha <sup>-1</sup>			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milheto	6,62	7,87	7,43 B	0,37 ns	0,30 ns	0,44 ns
Crotalária	7,87	8,21	13,18 A	8,27 **	13,20 **	3,34 ns
F	0,72 ns	0,05 ns	15,48 **			
DMS	3,26					

- ns - tratamentos não significativos; \*\* - significativos a 1% pelo teste F.
- médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
- DMS . diferença mínima significativa para o teste Tukey