

## Fósforo da Biomassa Microbiana do Solo sob Sistemas de Manejo, Fontes e Modos de Aplicação do Adubo Fosfatado

**Larissa Gomes Araújo<sup>(1)</sup>; Cícero Célio de Figueiredo<sup>(2)</sup>; Sara Dantas Rosa<sup>(1)</sup>; Rafael de Souza Nunes<sup>(3)</sup>; Djalma Martinhão Gomes de Sousa<sup>(3)</sup>; Ieda de Carvalho Mendes<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> Estudante de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV, Universidade de Brasília, UnB, Brasília, DF, E-mail: lga.agro@gmail.com; <sup>(2)</sup> Professor da FAV/UnB; <sup>(3)</sup> Pesquisador, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

**RESUMO:** O Fósforo (P) contido na biomassa microbiana funciona como uma proteção desse nutriente contra a sua adsorção aos colóides do solo. A reserva de P microbiano (Pmic) sofre influência dos sistemas de manejo adotados e das adubações fosfatadas adicionadas para suprir as plantas nesse nutriente. O objetivo deste trabalho foi avaliar o fósforo microbiano em solo sob sistemas de manejo, fontes e modos de aplicação do adubo fosfatado. O experimento localizado na Embrapa Cerrados, em Planaltina – DF, em Latossolo Vermelho muito argiloso, cultivado por 18 anos com culturas de soja e milho, e milheto como planta de cobertura, sob sistema de preparo convencional (SPC) ou sistema plantio direto (SPD) recebendo 80 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como superfosfato triplo ou fosfato natural reativo, aplicados no sulco de semeadura ou a lanço na superfície. Foram coletadas amostras nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm e determinados o Pmic e a fosfatase ácida. O SPD apresentou maiores teores de Pmic na camada superficial 0-5 cm. Verificou-se maior estratificação de Pmic em profundidade sob SPD, comparado ao SPC. O Pmic apresentou relação positiva com a enzima fosfatase ácida.

**Termos de indexação:** Plantio direto; Cerrado; Fosfato natural.

### INTRODUÇÃO

A necessidade da aplicação de grandes quantidades de adubos fosfatados na região do Cerrado está relacionada à baixa fertilidade apresentada nesses solos e também à elevada capacidade de adsorção dos íons de fosfato aos óxidos de ferro e alumínio e também à caulinita, principais representantes da fração argila de tais solos (Cessa et al., 2009).

A aplicação de adubos em sulco é frequentemente adotada para fontes solúveis de P e em culturas anuais que necessitam de tal nutriente prontamente disponível em menor espaço de tempo (Prado et al., 2001; Araújo et al., 2005), alterando-se as frações de fósforo do solo.

O P armazenado na biomassa microbiana (Pmic) é resultado da imobilização do P inorgânico, constituindo os componentes celulares da microbiota. Com a morte desses microrganismos ocorre a liberação (mineralização) desse P para a solução do solo (Conte et al., 2002; Martinazzo et al., 2007). Essa dinâmica de imobilização e mineralização de P é influenciada por diversos fatores, entre eles, os sistemas de manejo do solo, quantidade e relação C/P da biomassa vegetal.

Os microrganismos também são os principais responsáveis pela produção das enzimas fosfatases ácidas, capazes de transformar o P orgânico em P inorgânico, disponível para as plantas (Dick & Tabatabai, 1993).

A adoção do SPD eleva a biomassa microbiana que está associada ao aumento no teor de matéria orgânica do solo, ocasionando a imobilização do P inorgânico por tais microrganismos, possibilitando sua disponibilização pela ruptura das células microbianas. Dessa forma o P contido na biomassa microbiana funciona como uma proteção desse nutriente contra a sua adsorção aos colóides do solo (Guerra et al., 1995).

A aplicação de fosfato solúvel a lanço eleva o Pmic nos primeiros dias após a adubação, mostrando que parte do P aplicado é imobilizado pela biomassa microbiana, presente em maior quantidade nas camadas superficiais do solo, onde o adubo é depositado quando aplicado a lanço (Martinazzo et al., 2007).

Considerando a complexa dinâmica do P no solo e sua elevada importância para manutenção das altas produtividades agrícolas, o objetivo deste trabalho foi determinar o P microbiano, em Latossolo do Cerrado sob sistemas de manejo, fontes e modo de aplicação de adubo fosfatado.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Tratamentos e amostragens

O estudo foi realizado numa área experimental localizada na Embrapa Cerrados, em Planaltina –

DF, com altitude de 1.014 m, clima Cwa na classificação de Köppen, precipitação média anual de 1.570 mm e temperatura média anual de 21,3 °C. O relevo caracteriza-se como plano, a vegetação original é o Cerrado e o solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico muito argiloso.

Foram realizadas análises química e granulométrica do solo em setembro de 1994 e em seguida a correção dos níveis de acidez e fertilidade, com exceção de fósforo, visando o máximo potencial produtivo das culturas. Foram aplicados 0,38 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 100%), elevando a saturação por base a 50%, 3 t ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola, micronutrientes na forma de FTE BR-10, na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup>, potássio na forma de KCl, na dose de 180 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>.

O primeiro cultivo foi realizado na safra 1994/95 com a cultura da soja, que foi cultivada até a safra 2002/03 (9 cultivos). Neste período não houve a utilização de plantas de cobertura no inverno. Em julho de 2003 cultivou-se o milho como planta de cobertura, que foi cortado com roçadeira 30 dias antes do plantio da cultura principal, sendo esta prática mantida durante os anos que se seguiram. Nas safras 2003/04 e 2004/05 cultivou-se o milho e nas safras seguinte até 2010/11 a sucessão soja/milho. Na safra 2011/12 cultivou-se o milho.

Os tratamentos consistem de uma faixa cultivada sob sistema de preparo convencional (SPC), constituído de uma aração até 20 cm de profundidade com arado de discos e uma grade niveladora, e outra, distante 8 metros da primeira, cultivada sob sistema plantio direto (SPD).

A adubação fosfatada foi realizada anualmente, do 1º ao 17º cultivos, na dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato triplo (SFT) e fosfato natural de Gafsa (FNR). A aplicação do fertilizante fosfatado foi feita no sulco de semeadura ou a lanço na superfície, sendo que no SPC a aplicação do adubo a lanço foi realizada antes do revolvimento do solo e no SPD imediatamente após o plantio. No 18º cultivo o milho foi cultivado sem adubação fosfatada.

As amostras de solo foram coletadas em janeiro de 2012, na floração do 18º cultivo com milho, efetuando-se a coleta na profundidade de 0-5; 5-10 e 10-20 cm sendo uma amostra composta por cada parcela do experimento. Cada amostra composta foi formada por 28 sub-amostras: 4 pontos dentro de cada parcela x 7 sub-amostras por ponto (uma na linha e 6 nas entre-linhas).

Depois de coletadas as amostras foram imediatamente peneiradas em malha de 4 mm e acondicionada em geladeira para análises microbiológicas. Avaliou-se o conteúdo de P da

biomassa microbiana pelo método da fumigação extração (Brookes et al., 1982).

Foram pesadas amostras de solo em triplicata, sendo as sub-amostras de 10 g de solo distribuídas em frascos de vidro, passadas por um período de pré-incubação, e fumigadas, por 24 h, num dessecador na presença de clorofórmio. Outras três sub-amostras de cada tratamento não foram submetidas à fumigação. A extração do P foi realizada pela adição de 40 mL de uma solução de NaHCO<sub>3</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup> (pH 8,5) e, posteriormente, quantificado, em espectrofotômetro a 882 nm, em solução de molibdato-ácido ascórbico. Para a correção da "fixação" do P inorgânico durante a extração, foi estimada a taxa de recuperação de uma quantidade conhecida de P adicionado ao solo juntamente com o extrator NaHCO<sub>3</sub>. O fator de correção para o cálculo do P da biomassa foi de 0,4.

A atividade da enzima fosfatase ácida foi determinada de acordo com Tabatabai (1994), baseando-se na determinação colorimétrica do *p*-nitrofenol liberado por essa enzima.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com parcelas subdivididas com os sistemas de cultivo (SPC e SPD) nas parcelas e nas sub-parcelas as fontes de P (FNR e SFT) e os modos de aplicação (sulco e lanço), distribuídos aleatoriamente dentro de cada uma delas, com três repetições.

A análise de variância foi realizada considerando o modelo misto via PROC MIXED do SAS 9.1.

Quando a análise de variância apontou significância o teste de hipótese de Tukey-Kramer (P<0,05) foi utilizado para distinção das médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância para os teores de P<sub>mic</sub> foram significativos os efeitos: sistema, modo e profundidade, a interação dupla sistema \* profundidade, fonte \* profundidade, modo \* profundidade; a interação tripla sistema \* fonte \* modo, sistema \* fonte \* profundidade, sistema \* modo \* profundidade; e a interação quadrupla sistema \* fonte \* modo \* profundidade.

Os teores de P<sub>mic</sub> variaram de 2,9 a 50,1 mg kg<sup>-1</sup> (**Tabela 1**). Estes valores estão dentro de uma faixa normalmente encontrada em diversos trabalhos, quando avaliados sistemas de cultivos (Conte et al., 2002; Souza et al., 2008; Balota et al., 2012).

Os teores de P<sub>mic</sub> para o SPD na camada de 0-5 cm foram superiores aos do SPC. O mesmo comportamento foi verificado por Rheinheimer et al. (2000), observando-se maiores teores de P<sub>mic</sub> em camadas superficiais para o SPD em relação

SPC, fato decorrente da criação de condições favoráveis ao desenvolvimento microbiano proporcionado pelo SPD, como maior disponibilidade de substrato e aeração.

Na camada de 5-10 cm para os tratamentos sob SPD os teores de Pmic foram superiores para SFT independente do modo de aplicação. Isso pode ser explicado em decorrência da maior disponibilidade de P quando utilizado o SFT, favorecendo a incorporação de tal nutriente pelos microrganismos. De acordo com resultados de Gatiboni et al. (2008) em solos com baixos teores de P disponível a biomassa microbiana não foi capaz de imobilizar grandes quantidades de P.

No entanto, para as duas camadas mais superficiais (0-5 e 5-10 cm), sob SPC, os teores de P microbiano não diferiram quanto ao modo de aplicação, para cada fonte do fertilizante fosfatado.

Na camada de 10-20 cm houve diferença entre os sistemas de cultivo nos teores de Pmic apenas na adubação a lanço para as duas fontes de P. Ainda nessa camada, para o SPC os teores de Pmic foram maiores quando do uso de ambas as fontes no sulco de semeadura. A aplicação localizada do fertilizante em profundidade pode elevar os teores de Pmic, viabilizada pela disponibilidade de P pelos fertilizantes (Conte et al., 2002).

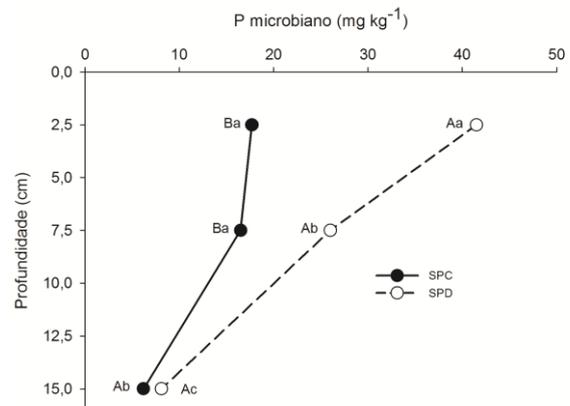
**Tabela 1.** Teores de P microbiano em Latossolo sob sistema de cultivo convencional (SPC) e plantio direto (SPD), adubado com superfosfato triplo (SFT) e fosfato natural reativo (FNR) aplicados a lanço e no sulco de semeadura, na dose de 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> por 17 anos e sem adubação no 18° ano.

Camada	Sistema	SFT		FNR	
		Lanço	Sulco	Lanço	Sulco
-----mg kg <sup>-1</sup> -----					
0-5	SPC	17,5ABb	19,7Ab	13,5Bb	20,2Ab
	SPD	31,3Ca	50,1Aa	38,4Ba	46,0Aa
5-10	SPC	15,9Aa	17,4Ab	13,2Ab	19,5Aa
	SPD	27,8Ab	32,7Aa	20,2Ba	23,1Ba
10-20	SPC	2,9Cb	6,4Ba	4,4Bb	11,0Aa
	SPD	8,9Aa	6,4Ba	8,4ABa	8,8ABa

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna para cada profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kremer (P>0,05).

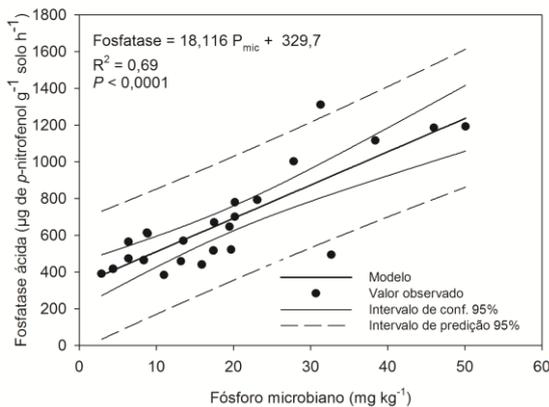
A distribuição dos teores de Pmic em profundidade para cada sistema independente da fonte e do modo de aplicação dos fertilizantes fosfatados é apresentada na **Figura 1**. Para o SPD observaram-se maiores teores de Pmic na camada 0-5 cm ocorrendo redução dos teores conforme aumento da profundidade. Já para o SPC os teores de Pmic não diferiram entre as duas camadas superficiais (0-5 e 5-10 cm), e foram superiores aos da camada de 10-20 cm.

No SPD ocorreram elevados teores de Pmic na camada de 0-5 cm e a formação de um gradiente no perfil, enquanto que sob SPC teores inferiores são observados, decorrente do revolvimento do solo com arado de discos e grade niveladora. Esta redução dos teores de Pmic nos SPC é resultado da redução da matéria orgânica (Sapkota et al., 2012) que representa o principal reservatório de energia para os microrganismos, desfavorecendo a população microbiana (Babujia et al., 2010).



**Figura 1.** Distribuição do P microbiano sob sistema de cultivo convencional (SPC) e plantio direto (SPD), independentemente da fonte e do modo de aplicação. Letras maiúsculas comparam tratamentos na mesma profundidade e letras minúsculas comparam profundidades no mesmo tratamento. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kremer (p > 0,05).

Os microrganismos são os principais responsáveis pela produção da fosfatase ácida, decorrente de sua elevada renovação populacional (Dick & Tabatabai, 1993). Desta forma, em sistemas estabelecidos a campo por muitos anos e com a manutenção de maiores teores de matéria orgânica a atividade da enzima fosfatase ácida está diretamente relacionada aos teores de Pmic, conforme também verificado por Clarholm (1993) e Gatiboni et al (2008) (**Figura 2**).



**Figura 2.** Relação entre o P microbiano e a atividade da enzima fosfatase ácida em Latossolo sob sistemas de manejo, fontes e forma de aplicação de adubo fosfatado.

## CONCLUSÕES

No SPD os teores de P microbiano são superiores ao SPC nas camadas superficiais (0-5 e 5-10 cm), independentes da fonte e do modo de aplicação.

Para a camada de 10 a 20 cm de profundidade o P microbiano é superior no SPD quando aplicado a lanço, em relação ao SPC.

O P microbiano apresenta relação positiva com a atividade da fosfatase ácida do solo.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. Resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada. *Revista Ciência Agronômica*, 36:129-134, 2005.

BABUJIA, L. C.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BROOKES, P. C. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. *Soil Biology & Biochemistry*, 42:2174-2181, 2010.

BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; MATOS, M. A. Soil microbial biomass under different tillage and levels of applied pig slurry. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 16:487-495, 2012.

BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S.; JENKINSON, D. S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 14:319-329, 1982.

CESSA, R. M. A.; CELI, L.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; BARBERIS, E. Área superficial específica, porosidade da fração argila e adsorção de fósforo em dois Latossolos vermelhos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1153-1162, 2009.

CLARHOLM, M. Microbial biomass P, labile P, and acid phosphatase activity in the humus layer of a spruce forest, after repeated additions of fertilizers. *Biol Fertil Soils*, 16:287-29, 1993.

CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D. S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:925-930, 2002.

DICK, W. A.; TABATABAI, M. A. Significance and potential uses of soil enzymes. In: METTING JUNIOR, F. B. ed. *Soil microbial ecology applications in agricultural and environmental management*. New York: Marcel Dekker, 1993. p. 95-127.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; BRUNETTO, G. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43:1085-1091, 2008.

GUERRA, J. G. M.; FONSECA, M. C.; ALMEIDA, D. L.; DE-POLL, H.; FERNANDES, M. S. Conteúdo de fósforo da biomassa microbiana de um solo cultivado com *Brachiaria decumbens stapf*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30:543-551, 1995.

MARTINAZZO, R.; RHEINHEIMER, D. S.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, C.; KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. *Brasileira de Ciência do Solo*, 31:563-570, 2007.

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*, 25:83-90, 2001.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E. Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24:589-597, 2000.

SAPKOTA, T. B.; MAZZONCINI, M.; BÀRBERI, P.; ANTICHI, D.; SILVESTRI, N. Fifteen years of no till increase soil organic matter, microbial biomass and arthropod diversity in cover crop-based arable cropping systems. *Agronomy*, 32:853-863, 2012.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; LIMA, C. V. S.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; CARVALHO, P. C. F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1273-1282, 2008.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, J. S.; BOTTOMLEY, P. S. *Methods of soil analysis; microbiological and biochemical properties*. Soil Science Society of America, p. 775-883, 1994.