

FÓSFORO REMANESCENTE E CORRELAÇÃO COM AS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM UM LATOSSOLO VERMELHO SOB DIFERENTES SUCESSÕES DE CULTURA EM PLANTIO DIRETO

REMAINING PHOSPHORUS AND CORRELATION WITH HUMIC SUBSTANCES UNDER DIFFERENT CULTURE SUCCESSION IN A NO-TILLAGE RED LATOSSOL

Ademir Fontana¹, Marcos Gervasio Pereira², Júlio César Salton³, Arcângelo Loss⁴, Tony Jarbas Ferreira Cunha⁵

- NOTA TÉCNICA -

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar os teores de fósforo remanescente e correlacioná-los com as substâncias húmicas em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico sob diferentes sistemas de cultivo no cerrado. Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 – 10 cm, após 5 anos de cultivo com diferentes tipos de cultura: lavoura, pastagem permanente, lavoura/pastagem/lavoura e pastagem/lavoura/pastagem, todas sob plantio direto. Determinando-se os teores carbono orgânico total, valores fósforo remanescente (Prem) e o teor de carbono orgânico das substâncias húmicas. Foi observada uma diferença de 2,67 vezes entre o maior e menor valor de Prem. As substâncias húmicas FAH, HUM e SOMA apresentaram correlação positiva com Prem, com valores entre 0,64*** e 0,72***. Os sistemas de cultivo com sucessão soja/aveia com ou sem Bd e a sucessão que inclui também nabo/milho no período de lavoura promoveram, em maior intensidade, a redução da adsorção de fósforo.

Palavras - chave: Frações da matéria orgânica, competição, adsorção de fósforo.

ABSTRACT

This work had as objective to evaluate the values of remaining phosphorus and correlate with humic substances in a Red Dystrophic Latossol under different crop system in Brazilian cerrado. After 5 years of different crop systems, such as: grain, permanent pasture,

*grain/pasture/grain and pasture/grain/pasture, in no-tillage, soil samples at 0 – 10 cm depth were taken. Were determined total organic carbon tenors, remaining phosphorus values (Prem) and the organic carbon tenor at humic substances. A difference of 2.67 times between the highest and lowest value of remaining phosphorus was observed. The humic substances HAF, HUM and SOMA presented positive correlation with Prem, showing values ranging between 0.64*** and 0.72***. The crop system soybean/oat sequence with or without Bd (Brachiaria decumbens) and that include also turnip/corn sequence in the grain period influence at phosphorus adsorptions reduction with major intensity.*

Key words: Organic matter fractions, competition and phosphorus adsorption.

Solos de clima tropical apresentam como principais constituintes da fração argila oxidróxidos de ferro e alumínio, que atuam nos processos de adsorção de fosfato. Tais solos tem sido objeto de estudos detalhados com o objetivo de estabelecer possíveis formas de manejo que possam minimizar e aumentar a disponibilidade de fósforo devido estreita relação destes minerais nos processos de adsorção de fósforo. Este fenômeno ocorre principalmente quando os óxidos estão carregados positivamente, apresentando desta forma, alta capacidade de fixação de fosfato, que é adsorvido

¹ Aluno de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo. Bolsista do CNPq. UFRRJ, BR 465 km 7, CEP: 23890-000, Seropédica, RJ. ademir.fontana@gmail.com.

² Professor Adjunto do Depto de Solos. Bolsista do CNPq. UFRRJ, BR 465 km 7, CEP: 23890-000, Seropédica, RJ.

³ Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste. BR 163, km 253,6, CEP: 79804-970, Dourados, MS.

⁴ Estudante de Agronomia. Bolsista PIBIC/CNPq. UFRRJ, BR 465 km 7, CEP: 23890-000, Seropédica, RJ.

⁵ Pesquisador da Embrapa Semi-Árido. BR 428, km 152, Zona Rural, Caixa Postal 23, CEP: 56302-970. Petrolina, PE.

às superfícies dos colóides por um complexo de esfera interna (MEURER et al., 2004).

A adsorção de fósforo pode ser minimizada entre outras práticas agrícolas, pela calagem e a adubação orgânica (GUARÇONI & MENDONÇA, 2003; SOUZA et al., 2006a). Pela calagem, ocorre aumento do pH do solo, e a carga superficial do plano de adsorção torna-se cada vez mais negativa, aumentando a repulsão entre esta superfície e o ânion fosfato (NOVAIS & SMYTH, 1999; MEURER et al., 2004). A ação da matéria orgânica, na diminuição da adsorção dos íons fosfatos, pode ser atribuída ao bloqueio dos sítios de adsorção (MESQUITA FILHO & TORRENT, 1993; SILVA et al., 1997; NOVAIS & SMYTH, 1999; ALMEIDA et al., 2003; ARAÚJO et al., 2004; SOUZA et al., 2006ab).

TRAINA et al. (1986) relataram que ácidos orgânicos (substâncias húmicas) da matéria orgânica são capazes de solubilizar fosfatos de ferro e alumínio, reduzindo a precipitação de fosfatos com íons Fe e Al e diminuir a adsorção de fósforo por oxidróxidos de ferro e de alumínio. Estes minerais podem adsorver as substâncias húmicas com grande energia e assim competirem com o fosfato pelos mesmos sítios de adsorção (HAYNES, 1984; MESQUITA FILHO & TORRENT, 1993; BHATTI et al., 1998).

Estudando a ação competitiva das substâncias húmicas em solos tropicais, SIBANDA & YOUNG (1986) verificaram a redução na adsorção de fosfato quando a concentração de ácidos húmicos foi elevada de 4,0 a 30,0 g kg⁻¹, o que equivale a um aumento de 7,2 a 52 g kg⁻¹ da matéria orgânica do solo. Em experimento com aplicação de diferentes ácidos orgânicos e fosfato em LATOSSOLOS, ANDRADE et al. (2003) observaram redução na adsorção com a aplicação conjunta de ácidos húmicos e fosfato e ácidos húmicos anterior ao fosfato em relação a outros ácidos orgânicos, enquanto, ANTELO et al. (2007) observaram redução da adsorção do fosfato quando os ácidos húmicos foram aplicados anterior ou simultaneamente.

A avaliação dos teores de fósforo remanescente, quantidade de fósforo adicionada que fica na solução de equilíbrio após um tempo de contato com o solo, tem-se apresentado como uma análise eficiente para avaliar a

reação do fósforo com os minerais do solo, uma vez que, apresenta estreita relação com a capacidade tampão de fosfatos e a capacidade máxima de adsorção de fosfatos (RESENDE, 1983; ALVARES & FONSECA, 1990; NOVAIS & SMYTH, 1999; ALMEIDA et al., 2003).

Este estudo teve como objetivo avaliar os teores de fósforo remanescente e correlacioná-los com as substâncias húmicas em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico sob diferentes sistemas de cultivo no cerrado.

Para o presente estudo, utilizou-se de uma área experimental montada em parceria entre a Fundação MS e a Embrapa Agropecuária Oeste em 1993, na área experimental da Fundação MS no município de Maracaju (MS). O experimento foi instalado em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, textura muito argilosa, com parcelas de 1500 m² as quais foram submetidas a adubações e calagem em 1993, antes da implantação dos sistemas de cultivo. Os diferentes sistemas de cultivo são apresentados na Tabela 1.

As parcelas foram agrupadas conforme a similaridade entre os sistemas de cultivo, as quais estão descritas a seguir: a) Lav: Lavoura em Plantio Direto (Sistemas 1 e 7); b) Past/Lav/Past: Rotação pastagem - Lavoura em plantio direto (Sistemas 4 e 6); c) Lav/Past/Lav: Rotação lavoura - Pastagem em Plantio Direto (Sistemas 3 e 5) e d) Past: Pastagem contínua (Sistemas 2 e 8).

Decorridos cinco anos após a implantação das parcelas, em agosto de 1998, amostrou-se as parcelas perfazendo com a coletada de três amostras compostas em cada área na profundidade de 0 – 10 cm, as quais foram secas a sombra (TFSA). Informações referentes à adubação e avaliação das propriedades químicas poderão ser obtidas em FONTANA et al. (2006). Determinou-se o fósforo remanescente (Prem) segundo ALVAREZ & FONSECA (1990), carbono orgânico do solo (COT) conforme EMBRAPA (1997). O fracionamento da matéria orgânica foi realizado utilizando a técnica de solubilidade diferencial estabelecida pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SWIFT, 1996) e segundo modificações de BENITES et al. (2003), obtendo-se: carbono orgânico da fração ácidos fúlvicos (FAF), fração ácidos húmicos (FAH) e humina (HUM), além da SOMA (FAF + FAH + HUM).

Tabela 1 - Sucessão de culturas utilizadas nos diferentes sistemas de cultivo sob Plantio Direto.

Tratamento/ Ano	1	2	3	4	5	6	7	8
	Cultura/Cobertura							
1993/94	Soja	Bd*	Soja	Bd	Soja	Bb	Soja	Bb
1994	Aveia	Bd	Aveia	Bd	Nabo	Bb	Nabo	Bb
1994/95	Soja	Bd	Soja	Bd	Milho	Bb	Milho	Bb
1995	Aveia	Bd	Aveia	Bd	Aveia	Bb	Aveia	Bb
1995/96	Soja	Bd	Bd	Soja	Bb	Soja	Soja	Bb
1996	Aveia	Bd	Bd	Aveia	Bb	Nabo	Nabo	Bb
1996/97	Soja	Bd	Bd	Soja	Bb	Milho	Milho	Bb
1997	Aveia	Bd	Bd	Aveia	Bb	Aveia	Aveia	Bb
1997/98	Soja	Bd	Soja	Bd	Soja	Bb	Soja	Bb
1998*	Aveia	Bd	Aveia	Bd	Nabo	Bb	Nabo	Bb

*Bd - *Brachiaria decumbens*; Bb - *Brachiaria brizantha*

Os resultados de Prem foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade das variâncias, à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios comparados entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade no programa SAEG. Posteriormente foi realizada a correlação de Pearson entre os valores de Prem e os teores de COT e as substâncias húmicas.

Os valores de Prem apresentaram uma diferença de 2,67 vezes entre o maior e menor valor, sendo o menor valor 15 mg kg⁻¹ verificado no tratamento 7 (Lav) e o maior valor a

40 mg kg⁻¹ no tratamento 5 (Lav/Past/Lav) (Tabela 2). Estes resultados indicam que as diferentes sucessões podem estar contribuindo para maior redução da adsorção de fósforo, principalmente para a 1 rotação soja/aveia, com ou sem sucessão com Bd (tratamento 1 e 4), pastagem (tratamento 2) e uma nova sucessão apresentada no tratamento 5, que inclui nabo/milho além de soja/aveia no período de lavoura.

Tabela 2 - Teores de Prem de um Latossolo Vermelho Distroférico sob diferentes coberturas e manejos.

Tratamentos	Sucessão	Prem
		mg kg ⁻¹
1 - Lav	Soja/Aveia	34 A ⁽¹⁾
2 - Past	Bd	30 A
3 - Lav/Past/Lav	Soja/Aveia/Bd	23 B
4 - Past/Lav/Past	Bd/Soja/Aveia	28 A
5 - Lav/Past/Lav	Soja/Nabo/Milho/Aveia/Bb	40 A
6 - Past/Lav/Past	Bb/Soja/Nabo/Milho/Aveia	17 B
7 - Lav	Soja/Nabo/Milho/Aveia	15 B
8 - Past	Bb	20 B

⁽¹⁾ Letras iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%.

Para os valores de correlação entre as substâncias húmicas e COT com Prem, foi observado correlação positiva e significativa da FAH, HUM e SOMA (Tabela 3), com valores entre 0,64 e 0,72. Estes resultados indicam que o aumento das substâncias húmicas de maior estabilidade como os ácidos húmicos (alcalino-solúvel) e humina (ligada à matriz do solo) pode contribuir para a menor adsorção de fosfato, aumentando a disponibilidade deste íon na solução do solo, propiciados principalmente pela introdução de plantio direto como sistema base para o cultivo agrícola.

STEVENSON (1982) relata que os compostos orgânicos de estrutura complexa como os ácidos húmicos e humina podem formar "capas" ou "superfícies protetoras" nos oxidróxidos, diminuindo a adsorção de fosfato. Para HAYNES (1984), MESQUITA FILHO & TORRENT (1993) E BHATTI et al. (1998) estes minerais podem adsorver compostos orgânicos com grande energia, competindo pelos mesmos sítios de adsorção de fosfato, diminuindo, conseqüentemente, a capacidade de adsorção de fósforo pelo solo.

Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as substâncias húmicas, COT com Prem (n = 24).

Substâncias húmicas e COT	Prem do solo
FAF	0,33ns
FAH	0,64***
HUM	0,66***
SOMA ⁽¹⁾	0,72***
COT	0,00

*** significativo a 0,1%; ns = não significativo.

O efeito positivo na redução da adsorção de fosfato em minerais de argila pelos ácidos húmicos foi observado por BIONDI et al., (1994), no qual ocorreu 25% a mais lixiviação de fósforo em amostras tratadas com ácidos húmicos em relação a amostras não tratadas. BENITES & MENDONÇA (2001) em estudo semelhante observaram para um LATOSSOLO VERMELHO de textura muito argilosa que a aplicação de ácidos orgânicos (ácido cítrico e ácido húmico) proporcionou movimentação de fósforo, principalmente quando a aplicação de fosfato foi feita sete dias após a aplicação dos ácidos orgânicos. SIBANDA & YOUNG (1986) encontraram redução na adsorção de fosfato, quando a concentração de ácidos húmicos foi elevada de 4 a 30 g kg⁻¹ de carbono orgânico. ANDRADE et al. (2003) observaram que o aumento da relação molar ácido orgânico/fósforo acarretou diminuição na adsorção de fosfato pelo solo, sendo a aplicação concomitante dos ácidos orgânicos ou ácidos húmicos com fosfato e a aplicação de fosfato depois dos ácidos orgânicos ou ácidos húmicos ocasionou redução da adsorção de fosfato em LATOSSOLOS. Neste mesmo

sentido, ANTELO et al. (2007) observaram que aplicação de ácidos húmicos simultaneamente e depois do fosfato reduziu a adsorção de fosfato, sendo com maior intensidade observado quando se aumentava o pH do meio e a concentração de ácidos húmicos na solução.

Os sistemas de manejo em plantio direto em solos de cerrado com sucessão soja/aveia com ou sem Bd (tratamento 1 e 4) e a sucessão apresentada que inclui nabo/milho (tratamento 5) no período de lavoura contribuíram para a redução da adsorção de fósforo, principalmente pelo efeito da FAH e HUM.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J.A.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Cor do solo, formas do fósforo e adsorção de fosfato em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo-sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, Campinas, v.27, p.985-1002, 2003.
- ALVARES, V.H.; FONSECA, D.M. Definição de doses de fósforo para determinação da capacidade máxima de

adsorção de fosfatos e para ensaios em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, Campinas, v.14, p.49-55, 1990.

ANDRADE, F.V.; MENDONÇA, E.S.; ALAVREZ, V.H.; NOVAIS, R.F. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolos e adsorção de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.27, p.1003-1011, 2003.

ANTELO, J.; ARCE, F.; AVENA, M. FIOL, S.; LÓPEZ, R.; MACÍAS, F. Adsorption of soil humic acids at the surface of goethite and its competitive interaction with phosphate. **Geoderma.**, Amsterdam, v.138, p.12-19, 2007.

ARAÚJO, E.A.; LANI, J.L.; AMARAL, E.F.; GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo Distrófico na Amazônia ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.28, p.307-315, 2004.

BHATTI, J.S.; COMERFORD, N.B.; JOHNSTON, C.T. Influence of oxalate and soil organic matter on sorption and desorption of phosphate onto a Spodic horizon. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 62, p.1089-1095, 1998.

BENITES, V.M.; MENDONÇA, E.S. Adsorção e mobilidade de fósforo no solo em função de aplicação de ácidos húmicos e ácido cítrico. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HUMICAS, 4, Viçosa. **Resumo de palestras e trabalhos apresentados....** Viçosa: UFV, 2001. p.141-143.

BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A. **Extração e fracionamento quantitativo de substância húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7p. (Comunicado Técnico, 16).

BIONDI, F.A.; FIGLIOLIA, A.; INDIATI, R.; IZZA, C. Effects of fertilization with humic acids on soil and plant metabolism; a multidisciplinary approach. In: SENESI, N.; MIANO, T.M. (Eds.). **Humic substances in the global environment and implication on Human Health.**, Amsterdam, p.239-244, 1994.

EMBRAPA. CNPS. **Manual de métodos de análise de solos.** Rio de Janeiro, 1997. 212p.

GUARÇONI, A.M.; MENDONÇA, E.S. Capacidade tampão de pH do solo e disponibilidade de fósforo pela adição de composto orgânico. **Magistra**, Cruz das Almas, v.15, n.2, 2003.

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; CUNHA, T.J.F.; SALTON, J.C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, Brasília, v.41, n.5, p.847-853, 2006.

HAYNES, R.J. Lime and phosphate in the soil-plant system. **Advanced Agronomy**, New York, v.37, p.249-315, 1984.

MEURER, E. J.; RHENHEIMER, D.; BISSANI, C. A. Fenômeno de sorção em solos. In: MEURER, J. E. (Ed.). **Fundamentos de química do solo.** 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2004. p.131-179.

MESQUITA FILHO, M.V.; TORRENT, J. Phosphate sorption as related to mineralogy of a hydrosequence of soils from the Cerrado region (Brazil). **Geoderma**, Amsterdam, v. 58, p. 107-123, 1993.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa : UFV, 1999. 399p.

RESENDE, J.M.A. **Comparação de índices de sorção de fósforo no solo.** 1983, 79f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1983.

SIBANDA, H.M.; YOUNG, S.D. Competitive adsorption of humus acids and phosphate on goethite, gibbsite and two tropical soils. **Journal Soil Science**, Madison, v.37, p.197-204, 1986.

SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J.M.; CARVALHO, A.M. Rotação adubo verde – milho e adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 32, p. 649-654, 1997.

SOUZA, R.F.; FAQUIM, V.; TORRES, P.R.F.; BALIZA, D.P. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, Campinas, v.30, p.975-983, 2006.

SOUZA, R.F.; FAQUIM, V.; FERNANDES, L.A.; AVILA, F.W. Nutrição fosfatada e rendimento do feijoeiro sob influência da calagem e adubação orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.4, p.656-664, 2006.

SWIFT, R.S. Organic matter characterization. 1996. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T.; SUMNER, M.E. (Eds.). **Methods of soil analysis.** Madison: Soil Science Society of America: American Society of Agronomy, (Soil Science Society of America Book Series, 5). Part 3. Chemical methods. p.1011-1020.

FONTANA et al. Fósforo remanescente e correlação com as substâncias húmicas em um latossolo vermelho sob diferentes...

STEVENSON, F.J. **Humus Chemistry:** genesis, Composition, Reactions. New York, NY :John Wiley and Sons, 1982.

TRAINA, S.J.; SPOSITO, G.; HESTERBERG, D.; KAFKAFI, U. Effects of pH and organic acids on orthophosphate solubility in an acidic, montmorillonitic soil. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.50, p.45-52, 1986.