



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Alterações em atributos químicos de um Latossolo Amarelo distrófico influenciando a eficiência de fosfatos reativos aplicados sob condições contrastantes de saturação por bases

Edilson Carvalho Brasil⁽¹⁾; Jardel Diego Barbosa Rodrigues⁽²⁾; Larissa Húrsula Neves⁽²⁾; Ana Júlia Mourão Salheb do Amaral⁽²⁾; Edwin Almeida Assunção⁽³⁾.

⁽¹⁾ Pesquisador, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, Tv. Enéas Pinheiro, s/n, 66095-100, brasil@cpatu.embrapa.br; ⁽²⁾ Graduando do Curso Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, CEP 66.077-901, Belém-PA; ⁽³⁾ Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq, Curso de Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, PA, CEP 66.077-901.

RESUMO – A baixa disponibilidade de fósforo na maioria dos solos brasileiros requer a aplicação de elevadas quantidades de fertilizantes fosfatados. Objetivando avaliar a influência de atributos do solo na eficiência de fosfatos naturais reativos, conduziu-se um experimento em casa de vegetação da Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, utilizando-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 x 2 x 4 + 2. Os tratamentos corresponderam a cinco fontes de P (Arad, Itafós, Bayovar, termofosfato de alumínio e superfosfato triplo), duas doses de P (50 e 100 mg dm⁻³ de P), quatro níveis de saturação por bases (15%, 30%, 60% e 120%) e mais dois tratamentos adicionais (sem P e 60% de saturação por bases; sem P e 15% de saturação por bases). De acordo com os resultados, o aumento dos níveis de saturação por bases promove o aumento dos teores de Ca+Mg, de P e dos valores de pH do solo. Na maior dose de P (100 mg dm⁻³), os fosfatos de Bayovar e Arad contribuíram para o aumento de Ca+Mg no solo.

Palavras-chave: fósforo, índice de eficiência agrônômica, acidez.

INTRODUÇÃO – Altas concentrações de Al, baixos valores de pH, além de baixos teores de cálcio e magnésio são características comuns na maioria dos solos brasileiros (Quaggio, 2000). Estes fatores somados à baixa disponibilidade de fósforo são as principais restrições ao desenvolvimento das culturas, normalmente compensadas pela prática da calagem e adubação fosfatada, que promovem a correção de acidez do solo, com melhorias nos atributos químicos do solo (Miranda e Miranda, 2000).

A limitação de fósforo nesses solos possui grande importância do ponto de vista do manejo, requerendo a aplicação de elevadas quantidades de fertilizantes fosfatados, para atender adequadamente as necessidades nutricionais das culturas.

Os fosfatos mais utilizados no Brasil são os solúveis em água, que apresentam reconhecida eficiência em relação as fontes menos solúveis, mas possuem maior custo em escala comercial. Como alternativa, os fosfatos naturais reativos tem sido utilizados como fontes de fósforo (Horowitz & Meurer, 2003).

A maior eficiência dos fosfatos solúveis a curto prazo está relacionada à maior intensidade de reação no solo, com fornecimento de maiores quantidades de fósforo ao sistema. No entanto, os fosfatos naturais reativos, apesar de reagirem mais lentamente no solo, podem apresentar um efeito residual compensatório, quando a eficiência é estimada por períodos longos, podendo igualar-se aos fosfatos solúveis (Kaminski e Peruzzo, 1997).

Na literatura, diversos fatores têm sido indicados na alteração da eficiência de fosfatos, estando relacionados a origem geológica e solubilidade dos fosfatos, aos atributos do solo (capacidade de adsorção de ânions, pH, teores de Ca, Mg, P, etc.) e às características das espécies cultivadas (Hammond et al., 1986; Kaminski e Mello, 1984; Goedert e Lobato, 1984; Kliemann, 1995; Corrêa et al., 2005; Prochnow et al., 2006). A acidez do solo favorece a solubilização dos fosfatos reativos, aumentando sua eficiência, porém o inverso se verifica para os fosfatos solúveis em água que se tornam indisponíveis para a planta, com o passar do tempo, devido à adsorção pelo solo (Sarmiento et al., 2002).

O objetivo do trabalho foi avaliar as alterações em atributos químicos de um Latossolo Amarelo distrófico, influenciando a eficiência de fosfatos reativos aplicados em duas doses e sob diferentes níveis de saturação por bases.

MATERIAL E MÉTODOS – O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, utilizando-se amostra da camada superficial (0-20 cm) de um Latossolo Amarelo distrófico, textura média. As características químicas e físicas da amostra foram: 4,5 de pH em água; 2 mg dm⁻³ de P (Mehlich 1); 18 mg dm⁻³ de K⁺ (Mehlich 1); 0,4

cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 0,3 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 1,3 cmol_c dm⁻³ de Al³⁺; V% igual a 14,4%; além de valores de areia grossa, areia fina, silte e argila iguais a 607, 183, 90 e 120 g kg⁻¹, respectivamente.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições, em arranjo fatorial 5x2x4+2. Os tratamentos corresponderam a cinco fontes de P (Arad, Itafós, Bayovar, termofosfato de alumínio e superfosfato triplo), duas doses de P (50 e 100 mg dm⁻³ de P, com base no teor de P₂O₅ total), quatro níveis de saturação por bases (15%, 30%, 60% e 120%) e mais dois tratamentos adicionais (sem P e 15% de saturação por bases; sem P e 60% de saturação por bases).

Para elevar os índices de saturação por bases do solo, utilizou-se um calcário dolomítico com 91% de PRNT, 32% de CaO e 15% de MgO. As quantidades do corretivo foram calculadas pelo critério de saturação por bases, a partir dos dados da análise química inicial do solo.

Foram utilizados vasos de plástico com capacidade de 5 dm³, que receberam 3,5 dm³ de terra. Após a aplicação dos corretivos, o solo ficou em incubação por um período de 20 dias, com a umidade mantida próximo à capacidade máxima de retenção de água. Após a incubação, as amostras receberam aplicação dos tratamentos com fósforo e todos os tratamentos receberam aplicação de adubação básica com N, K e micronutrientes. As quantidades foram: 150 mg dm⁻³ de N, na forma de uréia; 100 mg dm⁻³ de K₂O, na forma de KCl; 5 mg dm⁻³ de Zn, na forma de ZnSO₄.7H₂O; 0,5 mg dm⁻³ de B, na forma de H₃BO₃; 1,0 mg dm⁻³ de Cu, na forma de CuSO₄.5H₂O. Os nutrientes foram solubilizados em água e aplicados em solução na quantidade de 20 ml por vaso. Após a aplicação dos tratamentos, coletaram-se subamostras de solo para a quantificação dos atributos químicos, determinando-se os teores de Ca+Mg, P e Al trocável, além dos valores de pH em água e V% (Embrapa, 1997).

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância (teste F), ao nível de 5% de probabilidade. De acordo com a significância dos resultados, as médias das fontes e doses de P foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, enquanto, que os níveis de saturação por bases, foram submetidos à análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO – A análise de variância dos atributos do solo, indicou que os valores de saturação por bases do solo foram influenciados significativamente pela interação de “Fonte vs V%”. Para todos os fosfatos avaliados, em termos médios, os valores de saturação por bases do solo elevaram-se linearmente em função da aplicação de doses de calcário, estimadas a partir do critério de saturação por base (Figura 1). Os valores estimados de saturação por bases, diferiram daqueles obtidos pela análise química de solo, especialmente, nos níveis mais elevados, em que os valores determinados no solo foram muito inferiores aos estimados, os quais não ultrapassaram o índice de 80%.

O pH(água) do solo foi influenciado significativamente, apenas, pelos níveis de saturação por bases, verificando-se um efeito linear crescente do pH, à

medida que houve aumento do nível da saturação por bases (pH_{água} = 5,479** + 0,006**V%, R² = 0,97), independentemente das fontes e doses de P. O pH do solo é um dos parâmetros de solo com grande influência na disponibilidade de P aos vegetais, por influenciar a solubilidade dos fosfatos naturais, a qual é favorecida pela presença de H⁺ nas microrregiões ao redor dos grânulos desses fertilizantes (He et al., 1996).

Os teores de Ca+Mg no solo apresentaram efeito significativo para as interações “Fonte vs Dose de P” e “Fonte vs V%”. Independentemente do nível de saturação por bases, os teores de Ca+Mg no solo não diferiram significativamente, quando as fontes fosfatadas foram aplicadas na dose de 50 mg dm⁻³ de P (Tabela 1). No entanto, na maior dose de P (100 mg dm⁻³), observou-se que os fosfatos que possuem as maiores concentrações de Ca em sua constituição, promoveram o aumento dos teores de Ca+Mg no solo, como é o caso do Bayovar, Arad e superfosfato triplo, que foram significativamente superiores ao Itafós e termofosfato de alumínio. De acordo com Simpson et al. (1997), as concentrações de CaO contidas nos três primeiros fosfatos são da ordem 46,2%, 52,5% e 21,6%, respectivamente, confirmando a contribuição desses produtos no acréscimo de Ca no solo.

Tabela 1 – Teores de Ca+Mg (cmol_c dm⁻³) no solo em função da aplicação de doses de fosfatos com diferentes reatividades em Latossolo Amarelo, textura média.

Fonte	Dose de P (mg dm ⁻³)		
	0	50	100
Bayovar	--	2,75 a B	3,25 a A
Arad	--	2,74 a B	3,03 b A
Super triplo	--	2,74 a B	2,95 b A
Itafós	--	2,61 a A	2,77 c A
Termofosfato de Al	--	2,60 a A	2,55 c A
Testemunha	1,90	--	--

* médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

O aumento dos níveis de saturação por bases, via a calagem, promoveu o aumento dos teores de Ca+Mg no solo, para todas as fontes de P usadas, independentemente da dose de P (Tabela 2), o que também foi verificado por Ernani et al. (2001).

Tabela 2 – Teores de Ca+Mg (cmol_c dm⁻³) no solo em função fontes de P de diferentes reatividades e níveis de saturação por bases em Latossolo Amarelo, textura média.

Fonte	Saturação por bases (%)			
	15	30	60	120
Bayovar	1,45 a	1,87 a	3,33 a	5,42 a
Arad	1,28 a	1,93 a	2,88 b	5,45 a
Super triplo	1,10 b	1,78 a	3,05 b	5,45 a
Itafós	0,87 c	1,65 c	2,95 b	5,27 a
Termofosfato de Al	0,73 c	1,47 c	2,80 b	5,33 a
Testemunha (sem P)	0,70 c	--	3,10 b	

* médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Porém, observou-se que as maiores diferenças nos teores desses nutrientes, entre as fontes de P, ocorreram dentro dos menores níveis de saturação por bases (15% e 30%). Nos maiores níveis (60% e 120%), os teores de Ca+Mg no solo não diferiram entre as fontes de P, com exceção do Bayovar que foi superior aos demais com $V\% = 60\%$. Esses resultados estão relacionados à concentração de CaO contida nos diferentes fosfatos, indicando a maior contribuição dos fosfatos, quando os teores de Ca+Mg encontraram-se em níveis considerados baixos.

Independentemente das fontes e doses de P, os teores de P no solo aumentaram linearmente à medida que houve aumento dos níveis de saturação por bases, conforme o modelo $y_{(P\text{ Mehlich } 1)} = 42,765^{**} + 0,0748^{**}V\%$, $R^2 = 0,86$. Esses resultados estão relacionados à redução da acidez, já que a elevação do pH pela aplicação do calcário, esteve associada ao aumento dos níveis de saturação por bases. A elevação dos valores de pH do solo promovem aumento das cargas negativas do solo, favorecendo a diminuição da solubilidade do Fe e do Al e com isso o aumento da concentração de P na solução do solo (Ernani et al., 1996).

Os teores de P no solo, também, foram influenciados pela interação "Fonte vs Dose de P", observando-se que, em ambas as doses aplicadas, os fosfatos de Bayovar e Arad foram superiores aos demais (Tabela 3). Os teores do nutriente no solo, obtidos com a aplicação da fonte solúvel (super triplo), embora tenham sido inferiores significativamente aos anteriores, não refletem as características do fosfato, que em contato com o solo solubiliza de imediato, em forma disponível às plantas.

Tabela 3 – Teores de P (mg dm^{-3}) no solo em função da aplicação de doses de fosfatos com diferentes reatividades em Latossolo Amarelo, textura média.

Fonte	Dose de P (mg dm^{-3})		
	0	50	100
Bayovar	--	46 a B	84 a A
Arad	--	42 a B	86 a A
Super triplo	--	36 b B	75 b A
Itafós	--	22 c B	38 c A
Termofosfato de Al	--	13 d B	27 d A
Testemunha	3	--	--

* médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Esses resultados podem ser devido ao extrator usado para a determinação de fósforo do solo (Mehlich 1). Segundo Raij et al. (1982), os extratores ácidos, como é o caso do Mehlich 1, não são indicados para solos que receberam aplicação de fosfatos naturais recentemente, porque tendem a superestimar a disponibilidade de P para as plantas, já que extraem P ainda não solubilizado dos fosfatos naturais.

CONCLUSÕES – O aumento dos níveis de saturação por bases, associado ao aumento do pH do solo, promove o aumento dos teores de Ca+Mg e de P do solo. Na maior dose de P (100 mg dm^{-3}), os fosfatos de Bayovar e Arad

contribuíram para o aumento de Ca+Mg no solo.

REFERÊNCIAS

- CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A. do; SOUZA, S. K. de S.; FREIRE, F. J.; SILVA, G. B. da. Gafsa rock phosphate and triple superphosphate for dry matter production and P uptake by corn. *Sci. Agric.*, 62(2),159-164, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo (2ed. ver. atual.). Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- ERNANI, P. R. R.; MICHELE S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. *Sci. Agric.*, 58(4), 825-831, 2001.
- ERNANI, P.R.; FIGUEIREDO, O.A.R.; BECEGATO, V.; ALMEIDA, J.A. Decréscimo da retenção de fósforo no solo pelo aumento do pH. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:159-162, 1996.
- GOEDERT, W. J.; LOBATO, E. Avaliação agrônômica de fosfatos em solo de Cerrado. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 8(1):97-102, 1984.
- HAMMOND, L. L.; CHIEN, S. H.; MOKWUNIE, A. U. Agronomic value of unacidulated and partially acidulated phosphate rocks indigenous to the tropics. *Adv. Agron.*, 40:89-40, 1986.
- HE, Z.L.; BALIGAR, V.C.; MARTENS, D.C.; RITCHEY, K.D.; KEMPER, W.D. Factors affecting phosphate rock dissolution in acid soil amended with liming materials and cellulose. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 60:1596-1601, 1996.
- HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. **Eficiência agrônômica de fosfatos naturais**. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, Piracicaba. Anais. Piracicaba: Potafos/Anda, 2003. CD-ROM.
- KAMINSKI, J. & PERUZZO, G. **Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo**. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 31p. (Boletim Técnico, 3).
- KAMINSKI, J. e MELLO, F. A. F. Épocas de aplicação de fosfatos em relação ao calcário no suprimento de fósforo ao sorgo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 8(3):297-00, 1984.
- KLIEMANN, H. J. Efeitos da calagem e de fontes de fósforo no rendimento da soja em dois solos de Cerrado. *Anais Esc. Agron. e Vet.*, 25(2):129-39, 1995.
- MIRANDA, L. N.; MIRANDA J. C. C. de. Efeito residual do calcário na produção do milho e soja em solo Gleic Pouco Húmico. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 24:209-2015, 2000.
- PROCHNOW, L. I.; QUISPE, J. F. S.; FRANCISCO, E. A. B.; BRAGA, G.. Effectiveness of phosphate fertilizers

of different water solubilities in relation to soil phosphorus adsorption. *Sci. agric.*, 63(4):333-340, 2006.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais.** Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 2000. 111p.

RAIJ, B. van.; ROSAND, P.C.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada no Brasil: apreciação geral, conclusões e recomendações.** In: EMBRAPA-DID. Adubação fosfatada no Brasil. 1982. 326p. (Documentos, 21).

SARMENTO, P.; CORSI, M.; CAMPOS, F.P. de. Eficiência do fosfato natural de Gafsa associado à calagem e gesso e sintomas nutricionais da alfafa, Medicago sativa L. *Acta Sci.*, 24(4):1155-1161, 2002.

SIMPSON, P.G.; SALE, P. W.G.; HEPWORTH, G.; GILBERT, M.A.; BLAIR, G.J.; GARDEN, D.L.; DANN, P.R.; HAMILTON, L.; STEWART, J.; CAYLEY, J.W.G.; WARD, D.L.; JOHNSON, D.; LEWIS, N.C.; FLEMING, N.K.; BOLLAND, M.D.A.; GILKES, R.J.; MCL.AUGHLIN, M.J. National Reactive Phosphate Rock Project - Aims, experimental approach and site characteristics. *Austr. J. Exper. Agric.*, 37:885-904, 1997.

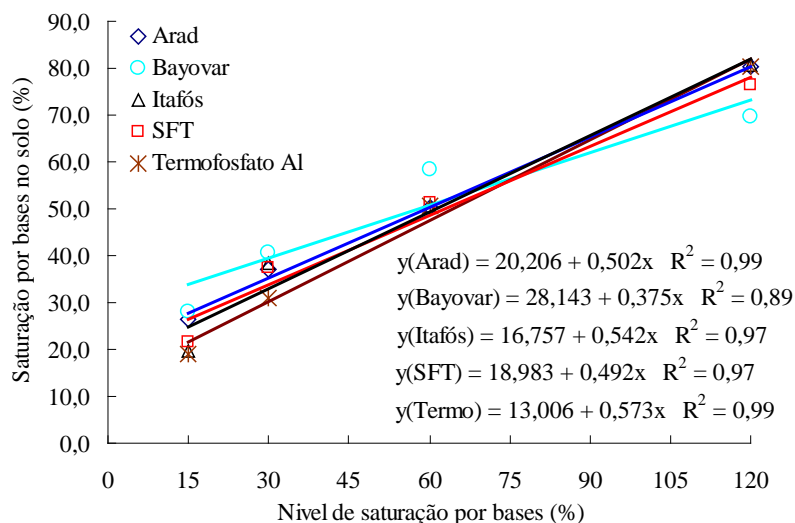


Figura 1 – Valores médios de saturação por bases do solo, em função de doses de calcário aplicadas em quantidades estimadas pelo critério de elevação da saturação por base, em um Latossolo Amarelo distrófico, textura média.