
ADUBAÇÃO FOSFATADA CORRETIVA PARA A CULTURA DO MILHO

ORIOLO JÚNIOR, Valdeci¹⁰⁰
COUTINHO, Edson Luiz Mendes¹⁰¹
OTSUBO, Auro Akio¹⁰²
COUTINHO NETO, André Mendes¹⁰³

Recebido em: 2008-07-12

Aprovado em: 2008-08-28

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.114

RESUMO: O experimento foi conduzido durante três anos consecutivos, em condições de campo, em um Latossolo Vermelho distrófico argiloso, com o objetivo de verificar os efeitos da adubação fosfatada corretiva na produção de grãos de milho e em algumas características químicas do solo. Foram utilizadas seis doses de termofosfato magnésiano (0 – 180 – 270 – 360 – 450 – 540 kg ha⁻¹ de P₂O₅), aplicadas no primeiro ano, a lanch com posterior incorporação com grade. Verificou-se que a adubação fosfatada corretiva promoveu incrementos significativos na produção de grãos de milho e nos teores de P no solo. De maneira geral, doses superiores a 270 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram eficientes até o terceiro ano agrícola. Uma produção relativa de 90% esteve associada a uma concentração de P no solo ao redor de 15 mg dm⁻³. A dose mais elevada de termofosfato promoveu, nos dois primeiros anos, um aumento significativo na saturação por bases, valor de pH e teores de Ca e Mg no solo.

Palavras-chave: *Zea mays*. Fósforo. Nível crítico. Termofosfato magnésiano.

PHOSPHATE FERTILIZATION TO THE MAIZE CROP

SUMMARY: The experiment was carried out in field conditions, during three cropping seasons, in a clayey soil (Oxisol), with the objective to verify the effects of phosphate fertilization in the corn grain yield and in some soil chemical characteristics. Six rates of fused magnesium phosphate (0 - 180 - 270 - 360 - 450 - 540 kg ha⁻¹ of P₂O₅) were broadcast and only applied for the first cropping period. It was verified that the phosphorus application promoted significant increments in the corn grain production and in soil P concentrations. The rates higher than 270 kg ha⁻¹ of P₂O₅ were efficient until the third year. A relative production of 90% was associated with a soil P concentration around of 15 mg dm⁻³. The highest rate of fused magnesium phosphate promoted, in the two first years, a significant increase in the base saturation, pH value and soil Ca and, Mg concentrations.

Key words: *Zea mays*. Phosphorus. Critical level. Fused magnesium phosphate.

¹⁰⁰ Mestrando em Agronomia (Produção Vegetal). UNESP – Campus de Jaboticabal.

¹⁰¹ Professor Titular. UNESP – Campus de Jaboticabal. E-mail: coutinho@fcav.unesp.br

¹⁰² MSc, Pesquisador, EMBRAPA Agropecuária Oeste.

¹⁰³ Acadêmico do Curso de Agronomia da FE/FAFRAM

INTRODUÇÃO

A cultura do milho, hoje disseminada em todo o país, tem uma grande importância para nossa agricultura, sendo utilizada desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. A freqüente limitação da produtividade desta cultura está relacionada, em parte, à baixa disponibilidade de fósforo dos solos (COUTINHO et al. 1991a).

Essa baixa disponibilidade natural de fósforo é um dos aspectos mais marcantes da grande maioria dos solos da região tropical, aliada a uma alta capacidade de adsorção deste nutriente. Estes fatos têm levado, muitas vezes, à necessidade de adoção da prática da adubação fosfatada corretiva, no sentido de permitir uma rápida construção da fertilidade destes solos, levando a uma maior eficiência das adubações de manutenção e inserindo-os no processo produtivo.

Para essa finalidade, têm sido recomendados adubos fosfatados solúveis em água ou citrato neutro de amônio (LOPES; ABREU, 1987). Poucos estudos têm sido conduzidos com fontes de P insolúveis em água, mas bastante solúveis em ácido cítrico. Uma dessas fontes, o termofosfato, é bastante interessante uma vez que além de P, apresenta também Mg na sua composição e, dependendo da dose, pode ainda auxiliar na correção da acidez do solo (SOUZA; YASUDA, 1995; BÜLL et al. 1997).

No processo de obtenção deste fertilizante utilizam-se apenas insumos nacionais, fontes de energia renováveis, e exclui a necessidade do uso de S, matéria prima importada de alto custo e, ainda, aceita maior quantidade de impurezas em relação ao processo de obtenção de fertilizantes solúveis em água, o que torna o produto ainda mais atrativo (GUARDANI et al. 1983).

Assim, objetivou-se avaliar o efeito da adubação fosfatada corretiva, realizada com termofosfato magnésiano na produção de grãos de milho e em alguns atributos químicos do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Pereira Barreto – SP, num solo argiloso (54 % de argila), classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 1999). Os principais atributos químicos do solo na camada de 0 – 20 cm eram: pH (CaCl₂) 5,1; M.O. =

25 g dm⁻³; P (resina) = 2 mg dm⁻³; K = 1,0 mmol_c dm⁻³; Ca = 33 mmol_c dm⁻³; Mg = 9 mmol_c dm⁻³; H+Al = 39 mmol_c dm⁻³; CTC = 82 mmol_c dm⁻³; saturação por bases (V) = 52%; B (água quente) = 0,45 mg dm⁻³; Zn (DTPA) = 1,1 mg dm⁻³.

O experimento foi conduzido segundo o delineamento experimental em blocos casualizados, com seis tratamentos (0 – 180 – 270 – 360 – 450 e 540 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e quatro repetições. As doses de fósforo foram estabelecidas multiplicando-se quantidades de até 10 kg de P₂O₅ por 1% da argila, obedecendo a recomendação de Lopes; Abreu (1987). A fonte de fósforo empregada foi o termofosfato magnésiano (18,6 % de P₂O₅ total e 17,2 % de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico 20 g L⁻¹, na relação 1:100), sendo a quantidade aplicada calculada com base na concentração total de P no fertilizante.

Cada parcela era constituída de seis linhas espaçadas de 0,90 m, com comprimento de 6 m, correspondendo uma área total de 32,4 m², e uma área útil de 21,6 m², pois se desprezou uma linha de cada lado da parcela que representaram a bordadura. As unidades experimentais foram separadas por carregadores de 2 m.

Em novembro/1990, oito dias antes da semeadura, o termofosfato foi aplicado a lança na área total de cada parcela e incorporado com grade a uma profundidade de aproximadamente 10 cm. Cumpre destacar que o fertilizante fosfatado foi aplicado apenas no primeiro ano agrícola.

Nos três anos agrícolas (1990/91; 1991/92; 1992/1993), a semeadura do milho foi realizada na segunda quinzena de novembro. Por ocasião da semeadura, todos os tratamentos receberam uma adubação constante com 20 kg ha⁻¹ de N e 70 kg ha⁻¹ de K₂O, tendo-se respectivamente como fontes o nitrato de amônio e o cloreto de potássio. Em cobertura, 30 dias após o plantio, aplicou-se 90 kg ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio.

Com o objetivo de se avaliar o pH, acidez potencial e os teores de P, Mg, Ca e K no solo, foram realizadas três amostragens de solo (janeiro/1990; novembro/1991 e 1992) na profundidade de 0 - 20 cm. As análises químicas do solo foram realizadas segundo Raij et al. (1987).

Os resultados foram submetidos à análise estatística, conforme Banzatto; Kronka (1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O incremento nas doses de P aplicadas antes do primeiro cultivo de milho, na forma de termofosfato, aumentou significativamente o pH e reduziu a acidez potencial do solo (Figura 1). Esses efeitos do adubo fosfatado, entretanto, foram evidenciados apenas nos dois primeiros anos agrícolas. Em diferentes condições de trabalho, resultados semelhantes foram observados por Defelipo et al. (1978), Goedert et al. (1990), Büll et al.(1997), Santos et al. (2006) e Coutinho et al.(2007). Essa capacidade do termofosfato de atuar na correção da acidez do solo tem sido atribuída à presença de silicatos de Ca e de Mg na sua composição (GOEDERT et al. 1990).

Verifica-se ainda na Figura 1, que os efeitos no pH e nos teores de H+Al foram mais pronunciados na presença das doses mais elevadas do termofosfato. Esse fato corrobora as observações de Coutinho et al. (1991a,b), os quais não constataram variação significativa no pH do solo, utilizando doses até 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de termofosfato.

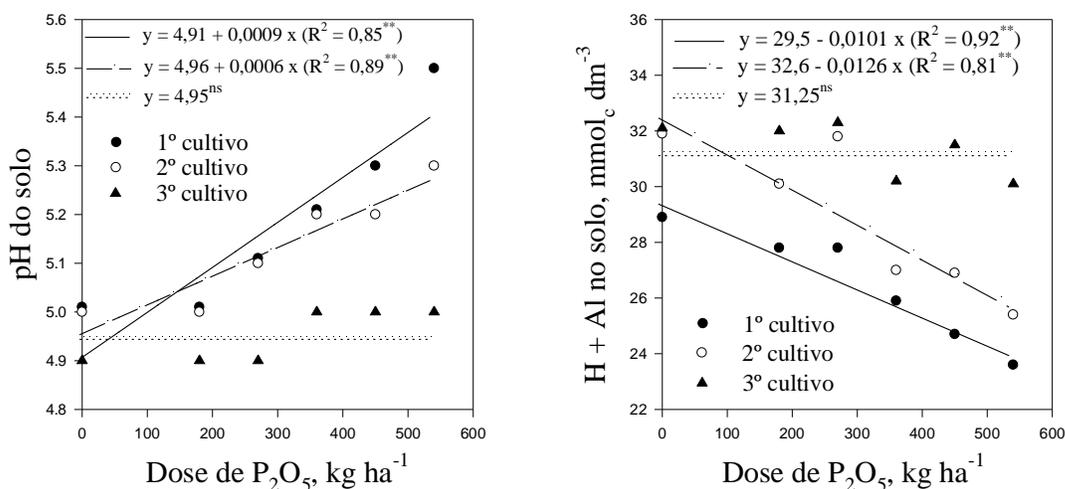


Figura 1: Efeitos da adubação fosfatada com termofosfato magnésiano no pH e na acidez potencial do solo.

A aplicação das doses mais elevadas do adubo fosfatado proporcionou, ainda, aumentos significativos nos teores de Ca e Mg do solo (Figura 2), sendo esse efeito observado nos dois primeiros cultivos. Por outro lado, em função dessas alterações nas concentrações desses cátions e na acidez potencial, verificou-se também um aumento significativo na

saturação por bases (Figura 3) do solo. Resultados semelhantes foram observados por Coutinho et al. (2007). Estes incrementos podem ser entendidos ao considerar-se a composição do termofosfato magnésiano, que possui cerca de 20% de Ca e 8% de Mg.

Por outro lado, chama a atenção, principalmente no terceiro cultivo, a redução com o tempo, nos teores de Ca e Mg e nos valores do pH e da saturação por bases. Isto pode ser explicado pela extração Mg e também de Ca do solo pelas plantas e também pela acidificação do solo, provocada pelo adubo nitrogenado fornecido por ocasião das semeaduras e das adubações de cobertura.

É importante ressaltar que, mesmo quando aplicado em grande quantidade, como no caso de adubação fosfatada corretiva, o termofosfato não substitui totalmente a calagem, fato evidenciado na Figura 3, onde se pode observar que a aplicação de 540 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (3.000 kg ha⁻¹ de termofosfato) elevou a saturação por bases de 55% para 68%.

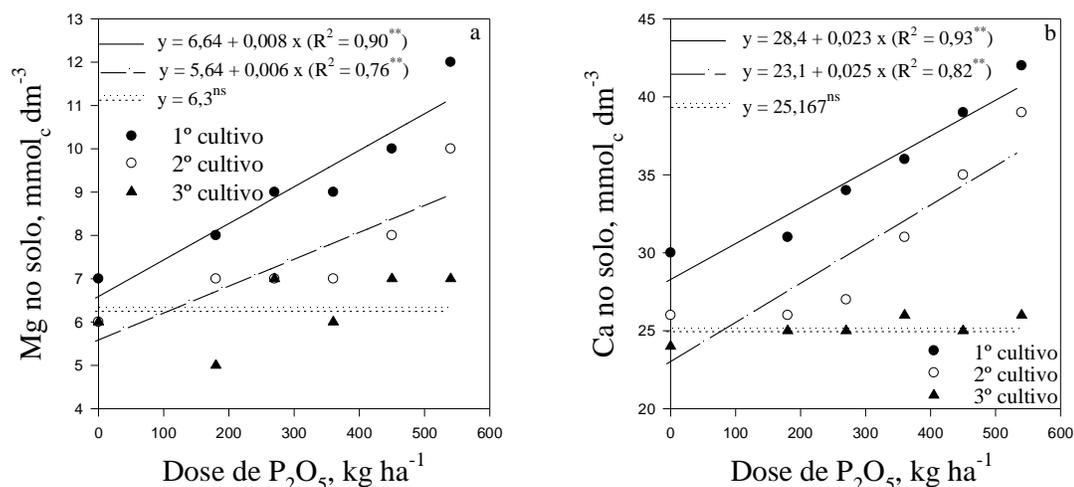


Figura 2: Efeitos da adubação fosfatada com termofosfato magnésiano nos teores de Ca (a) e Mg (b) do solo.

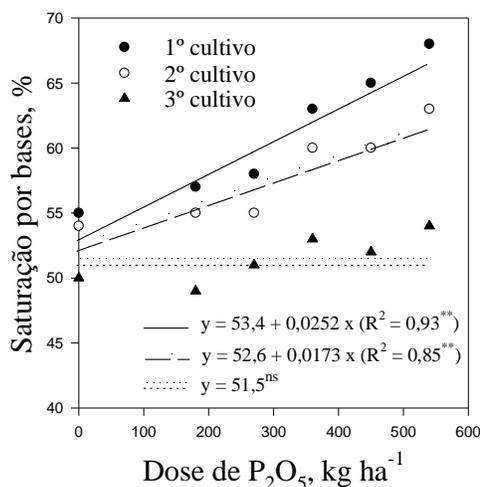


Figura 3: Efeitos da adubação fosfatada com termofosfato magnesiano na saturação por bases do solo.

O teor de P no solo, nos três anos de cultivo, aumentou de forma significativa com as doses desse nutriente empregadas no primeiro ano (Figura 4), corroborando as observações de Oliveira et al. (1984), Goedert et al. (1990) e Coutinho et al. (1991a, b) sobre a existência de uma estreita relação entre a disponibilidade biológica de P e a solubilidade do fertilizante fosfatado em ácido cítrico a 20 g L⁻¹, na relação 1:100.

Considerando que a adubação fosfatada corretiva é realizada com o objetivo de se elevar o teor de P no solo, no mínimo, a níveis médios, que para culturas anuais no estado de São Paulo, situa-se entre 16 e 40 mg dm⁻³ (RAIJ et al. 1996), pode-se observar que a dose de 282 kg ha⁻¹ de P₂O₅ já foi suficiente para esta finalidade (primeiro cultivo). Nota-se ainda, na Figura 4, que ocorreram pequenas diferenças nas concentrações de P no solo no decorrer dos anos, o que contrariaria relatos de que o termofosfato tem sua eficiência aumentada com o tempo, resultando em melhor aproveitamento do P residual. No entanto, se faz importante mencionar que o produto em questão foi aplicado na forma de pó o que, de acordo com Stefanutti et al. (1995), maximiza sua eficiência inicial, com o efeito residual sendo semelhante ao das fontes solúveis em água.

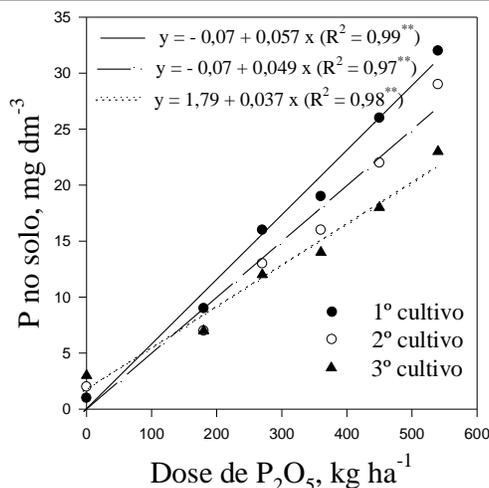


Figura 4: Efeitos da adubação fosfatada com termofosfato magnésiano nos teores de P no solo.

Analisando o coeficiente angular da equação referente ao primeiro cultivo (Figura 4), o qual reflete o incremento de P (mg dm⁻³) na análise química do solo por kg de P₂O₅ aplicado, constata-se que para as condições e tipo de solo do experimento houve um aumento de aproximadamente 5,7 mg dm⁻³ de P disponível para cada 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicados. Embora a recuperação de um nutriente aplicado seja bastante variável, principalmente em função das características intrínsecas de cada solo, o resultado situa-se próximo do observado por Corrêa; Haag (1993), em solo com 31% de argila e 2,5 mg dm⁻³ de P.

Como se pode observar na Figura 5, a produtividade de grãos de milho, nos três cultivos, foi significativamente influenciada pelas doses de fósforo aplicadas, atingindo as máximas produções estimadas (5,5; 7,0 e 6,6 t ha⁻¹) com as doses de 418, 522 e 481 kg ha⁻¹, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro cultivos. Estas produtividades estiveram associadas a 23,9; 25,5 e 19,5 mg dm⁻³ de P no solo, respectivamente. Diversos trabalhos têm demonstrado o efeito benéfico da aplicação de P no solo na produção do milho, podendo-se citar Yost et al. (1979), Coutinho et al. (1991a), Korndörfer et al. (1999), Lucena et al. (2000), Miranda et al. (2000), Miranda et al. (2002) e Cubilla et al. (2007).

Observa-se que, de maneira geral, doses superiores a 270 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram eficientes até o terceiro ano agrícola, mantendo as produtividades de milho próximas dos valores mais elevados.

Chama a atenção o fato da produtividade de grãos do primeiro cultivo ser mais baixa em relação aos cultivos seguintes, mesmo na presença das doses mais elevadas de P. Esta

constatação está provavelmente ligada ao histórico da área, que anteriormente era explorada com pastagem em sistema extensivo e, após a completa degradação da mesma, o solo foi deixado em pousio por um período de um ano. Nestas condições, de acordo com Raij; Cantarella (1996), é improvável a obtenção de alta produtividade de milho em solos com teores muito baixos de P, independentemente da dose utilizada.

Por outro lado, poder-se-ia especular se os aumentos na produtividade de grãos de milho deveu-se exclusivamente a adição de P, uma vez que também foram observados incrementos nas concentrações de Ca e Mg no solo (Figura 2) e saturação por bases (Figura 3). Acredita-se ser pouco provável que os aumentos na saturação por bases (V) e nos teores de Ca e Mg possam ter contribuído com os incrementos observados na produtividade, uma vez que Raij et al. (1996) classificam os teores iniciais de Ca e Mg como altos e o valor de V inicial de médio. Dessa maneira, pode-se atribuir o resultado observado na produção exclusivamente ao fornecimento de P.

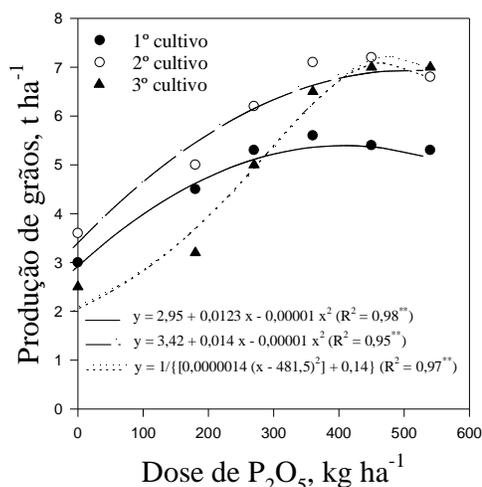


Figura 5: Efeitos da adubação fosfatada com termofosfato magnésiano na produção de grãos de milho em três cultivos sucessivos.

Devido às distintas produções obtidas nos estudos de adubação, que decorrem das diferenças nos atributos do solo, clima, cultivar, manejo etc., o que dificulta a interpretação e uso dos resultados, procurou-se, para minimizar estes efeitos, estabelecer relações entre os teores do nutriente e as produtividades expressas em porcentagem (produção relativa). Dentro desse contexto, procurou-se ainda dividir as observações em duas populações, associando-se uma produção relativa de 90% com o correspondente teor de P no solo (nível crítico).

Pela Figura 6, verifica-se que o nível crítico do nutriente no solo foi de $14,6 \text{ mg dm}^{-3}$. Sabendo-se que o nível crítico, associado a uma produção relativa de 90%, é o valor que limita as classes de baixa e média fertilidade, verifica-se que este valor é bastante próximo com o utilizado por Raij; Cantarella (1996) para as recomendações de adubação de P para a cultura do milho no estado de São Paulo. Valor muito próximo também (16 mg dm^{-3} de P), foi obtido por Korndörfer et al. (1999) em solo de textura média e teor inicial de P de 7 mg dm^{-3} .

Por meio de equação constante na Figura 4, que relaciona o teor de P no solo em função das doses de P aplicadas (primeiro cultivo), pôde-se estimar a dose necessária para atingir o nível crítico de P no solo já no primeiro cultivo (257 kg ha^{-1} de P_2O_5). Portanto, considerando o teor de argila do solo (54%), são necessários $4,76 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 para cada 1% de argila. Esse valor encontra-se dentro da faixa de recomendação proposta por Lopes; Abreu (1987), que varia de 3 a 10 kg de P_2O_5 para cada 1% de argila.

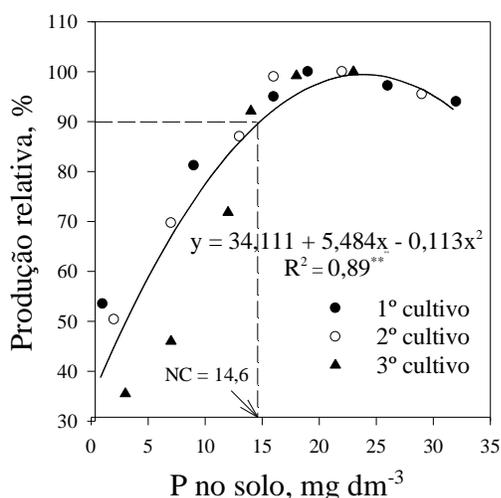


Figura 6: Nível crítico de P no solo.

CONCLUSÃO

A adubação fosfatada corretiva com termofosfato magnésiano promoveu incrementos significativos na produtividade de grãos de milho nos três cultivos, sendo que doses superiores a 270 kg ha^{-1} de P_2O_5 , aplicadas apenas no primeiro ano, foram eficientes na manutenção da produção até o terceiro ano.

Uma produção relativa de 90% esteve associada a uma concentração de P no solo ao redor de 15 mg dm⁻³ (nível crítico).

A dose mais elevada de termofosfato promoveu nos dois primeiros anos uma redução na acidez potencial e aumentos significativos na saturação por bases, valor de pH e teores de Ca e Mg no solo.

REFERÊNCIA

BANZATTO, D. A; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal, FUNEP, 1995. 247p.

BÜLL, L. T; LACERDA, S; NAKAGAWA, J. Termofosfato: alterações em propriedades químicas em um Latossolo vermelho-escuro e eficiência agrônômica. **Bragantia**, v.56, p.169-79, 1997.

CORRÊA, L. de A; HAAG, H. P. Disponibilidade de fósforo pelos extratores de Mehlich 1 e Resina em Latossolo Vermelho Amarelo, álico cultivado com três gramíneas forrageiras. **Sci. Agric.**, v.50, p.287-294, 1993.

COUTINHO, E. L. M et al. Avaliação da eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura do milho. **Científica**, v.19, p.93-104, 1991a.

COUTINHO, E. L. M. et al. Eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura da soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.26, p.1393-1399, 1991b.

COUTINHO, E. L. M. et al. Efeito de doses e fontes de fósforo na produção de matéria seca e perfilhamento do capim-marandu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, 2007, Jaboticabal. **Anais...Viçosa** : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007.

CUBILLA, M. M. et al. Calibração visando à fertilização com fósforo para as principais culturas de grãos sob sistema plantio direto no Paraguai. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.31, p.1463-1474, 2007.

DEFELIPO, B. V; BORGES, R. E; MENDONÇA, B. M. Adubos fosfatados na correção da acidez do solo. **Seiva**, v.38, p.41-50, 1978.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de informação, 1999. 412p.

GOEDERT, W. J; REIN, T. A; SOUZA D. M. G. de Eficiência agrônômica de fosfatos naturais, parcialmente acidulados e termofosfatos em solo de cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.25, p.521-530, 1990.

GUARDANI, R; RODRIGUES, J. C; CASTILHOS, B. Produção de termofosfatos – estudo de economicidade. **Fertilizantes**, v.5, n.3, p.5-9, 1983.

KORNDÖRFER, G. H., LARA-CABEZAS, W. A.; HOROWITZ, N. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais na cultura do milho. **Sci. Agric.**, v.56, p.32-39, 1999.

LOPES, A. S; ABREU, C. A. Manejo da fertilidade do solo. **Informe Agropecuário**, v.13, p. 3-21, 1987.

LUCENA, L. de F. C. et al. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, v.4, p.334-337, 2000.

MIRANDA, L. N. de et al. Calibração de métodos de análise de fósforo e resposta do feijão ao fósforo no sulco. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.37, p.1621-1627, 2002.

MIRANDA, L. N. de et al. Produtividade do feijoeiro em resposta a adubação fosfatada e a regimes de irrigação em solo de cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.35, p.703-710, 2000.

OLIVEIRA, O. F; CAMARGO, C. E de O; RAMOS, V. J. Efeito do fósforo sobre os componentes de produção, altura das plantas e rendimentos de grãos em trigo. **Bragantia**, v.43, p.31-44, 1984.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H; QUAGGIO, J. A; FURLANI, A. M. C. (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996. p.56-59.

RAIJ, B. Van. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996. 285 p.

RAIJ, B. Van et al. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.

SANTOS, J. R. et al. Atributos químicos do solo e produtividade do milho afetados por corretivos e manejo do solo. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient**, v.10, p.323-330, 2006.

SOUZA, E. C. A; YASUDA, M. **Uso agrônômico do termofosfato no Brasil**. São Paulo: Fertilizantes Mitsui, 1995. 60p.

STEFANUTTI, R; MALAVOLTA, E; MURAOKA, T. Recuperação do fósforo residual do solo, derivado de um termofosfato magnesiano com diferentes granulometrias e do superfosfato simples granulado. **Sci. Agric.**, v. 52, p. 233-238, 1995.

YOST, R. S. et al. Phosphorus response of corn on an Oxisol as influenced by rates and placement. **Soil Sci. Soc. Amer. J.**, v.43, p.338-343, 1979.