

DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM DOIS LATOSSOLOS ARGILOSOS E SEU ACÚMULO EM PLANTAS DE SOJA, EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO pH¹

Phosphorus availability in two clayey oxisols and its accumulation in soybean as a function of the increase in pH

Carlos Alberto Viviani², Marlene Estevão Marchetti³, Antonio Carlos Tadeu Vitorino³,
José Oscar Novelino³, Manoel Carlos Gonçalves³

RESUMO

O melhor aproveitamento do P, tanto o aplicado no cultivo quanto o residual do solo, em razão do uso de calcário em solos argilosos cultivados e adubados por muitos anos, pode ser viável. Objetivando avaliar o efeito do aumento do pH do solo e da aplicação de adubo fosfatado e calcário na semeadura sobre a disponibilidade de P e o seu acúmulo em plantas de soja, realizaram-se dois experimentos em Latossolo Vermelho Distrófico-LVD e Latossolo Vermelho Distroférrico-LVDf, argilosos, com elevados níveis de fertilidade. O delineamento experimental foi blocos casualizados, num fatorial 4x2x2: quatro níveis de pH, duas doses de P e duas de calcário, com quatro repetições. Cultivaram-se plantas de soja em vaso até a floração. Avaliaram-se o peso da massa seca, teor e acúmulo de P na parte aérea; teor de P e P remanescente no solo. A disponibilidade de P nos solos aumentou com a elevação do pH. Para o LVDf, houve interação entre pH e doses de P, os teores de P no solo aumentaram com o pH e com a aplicação de P. Para o LVD, houve interação entre pH e doses de calcário. O P remanescente foi reduzido pelo aumento do pH em ambos os solos. Nos dois experimentos, com o aumento do pH do solo houve incremento na produção de massa seca e de P acumulado. Em solos argilosos e com alto teor de P, a elevação do pH aumenta a disponibilidade de P, proporcionando maior produção de massa seca de soja.

Termos para indexação: Calcário, fósforo remanescente, teor de P, fertilização fosfatada.

ABSTRACT

The best P employment, both applied in the culture as the P soil residual, is possible, due limestone use in clayey soils cultivated and fertilized for many years. Aiming at evaluating the pH increase in the soil and the effect of the application of phosphated fertilizer and lime on the sowing on the P availability and its accumulation in soybean plants, two experiments in oxisols, Haplortox (one LVD and the other LVDf), with high fertility levels, were carried out. The experimental design was random blocks, in a 4x2x2 factorial, being four pH levels, two P doses and two limestone doses, with four repetitions. Soybean plants were cultivated in vases up to flowering. The dry mass weight, P contents and accumulation in the area, P content and P remaining in the soil, were evaluated. P availability in soils increased with pH elevation. For the LVDf, there was an interaction between the pH and the P doses, the P contents in the soil increased with the pH and with the P application. For the LVD, there was an interaction between the pH and the doses of lime applied. The P remaining was reduced by the pH increase in both soils. In both experiments, with the pH increase in the soil, there was an increment in the dry mass production and P accumulated. In clayey soils with a high P content, the pH elevation increases the P availability, providing greater soybean dry mass production.

Index terms: Lime, remaining phosphorus, P content, phosphate fertilizers.

(Recebido em 9 de abril de 2008 e aprovado em 30 de outubro de 2009)

INTRODUÇÃO

Os solos da região Centro Oeste brasileira ocupam, atualmente, posição de destaque no cenário agrícola nacional, pois, apesar de serem naturalmente ácidos e de baixa fertilidade, apresentam condições físicas favoráveis ao desenvolvimento das culturas e relevo de fácil mecanização. Solos dessa natureza, uma vez corrigidos quimicamente, apresentam grande potencial agrícola, possibilitando uma agricultura tecnificada com elevadas produtividades.

A acidificação dos solos ocorre de modo especial, em regiões tropicais úmidas e deve-se à substituição de cátions trocáveis por íons H⁺ e Al³⁺ no complexo de troca, absorção de cátions básicos pelas plantas e, também, pelo uso de fertilizantes de caráter ácido. O Al em concentração elevada, além de ser tóxico às plantas, pode interferir na disponibilidade de outros nutrientes, principalmente na solubilidade do fosfato no solo, que tende a reagir com o Al solúvel, formando fosfatos de Al de baixa solubilidade

¹Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD.

²Faculdade de Ciências Agrárias – Universidade Federal da Grande Dourados – Rua Antônio E. Figueiredo, 1.758 – 79.802-020 – Dourados, MS – carlos@snpconsultoria.eng.br

³Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – Dourados, MS

em solos ácidos. Existem evidências de que a disponibilidade de P em solos ácidos altamente intemperizados é governada, principalmente, pelo fosfato ligado a alumínio, que aparentemente é a forma mais lábil de P no solo (Novais & Smyth, 1999), comparando-se às demais formas no solo.

Dentre os atributos do solo o pH, índice que indica o grau de acidez ativa do solo, talvez seja, isoladamente, o mais relevante, no que se refere a utilização de fertilizantes. De maneira especial, a disponibilidade de nutrientes contidos no solo, ou a ele adicionado por meio das adubações, é bastante variável em função do pH do solo (Malavolta et al., 1997). Assim, a calagem prévia dos solos ácidos, além de proporcionar aumento do pH e da saturação por bases, promove a neutralização do alumínio e de grande parte do ferro e do manganês, aumentando a atividade biológica e a eficiência dos fertilizantes, resultando ainda em diminuição na capacidade de fixação via precipitação do P, favorecendo, conseqüentemente, o desenvolvimento vegetal (Ernani et al., 1996).

Em geral, tem-se recomendado a calagem para a cultura da soja para elevar a saturação por bases entre 45 a 60 % (Novais, 1999), o que implica em pH em CaCl_2 0,01 mol L⁻¹ do solo em torno de 4,8 a 5,2 (Raij, 1991). Kliemann et al. (1997), cultivando soja durante três anos obtiveram aumento de produção, em razão da aplicação de doses crescentes de superfosfato simples e calcário. Nesse experimento, o calcário aumentou a eficiência do superfosfato simples, no entanto, quantidades excessivas de calcário diminuíram a produtividade.

Em relação ao P, os solos de regiões tropicais, particularmente aqueles mais intemperizados, apresentam baixos teores de P disponíveis para as plantas e exigem adequada correção da deficiência de P para se tornarem produtivos. Em razão da elevada capacidade de retenção de P desses solos, principalmente naqueles com maior capacidade tampão de P, há uma forte competição do solo com a planta pelo P aplicado como fertilizante (Novais & Smyth, 1999).

Os mecanismos de adsorção de P nos solos são afetados, principalmente, pela competição com outros ânions e pelo pH, sendo este último, um dos fatores mais importantes neste fenômeno. O pH interfere na quantidade de cargas positivas, ou seja, nos grupamentos protonados da superfície e, por outro lado, indica o pK_a ou a constante de dissociação dos ácidos conjugados dos ânions (Cornell & Schwertmann, 2000); como consequência, a adsorção de P deve ser máxima com baixos valores de pH.

Bar-Yosef et al. (1988) constataram, para caulinita, aumento na adsorção de P com aumento da força iônica e decréscimo do pH; os valores máximos de adsorção ocorreram em torno de 6 $\mu\text{mol g}^{-1}$ de P quando trabalhado em pH 6,0. Com o aumento do pH, contudo, diminui a presença do P na

forma H_2PO_4^- , em relação à forma HPO_4^{2-} , essa, preferencialmente adsorvida, contrabalançando o decréscimo no potencial eletrostático do plano de adsorção. Sato & Comerford (2005), avaliando a influência do pH do solo na adsorção e dessorção de P num Ultisol úmido brasileiro, constataram que a adsorção de P diminuiu até 21% e 34% com o aumento do pH de 4,7 para 5,9 e 7,0, respectivamente.

Conduziu-se este trabalho, com o objetivo de avaliar o efeito do aumento do pH do solo e da aplicação de calcário com adubo fosfatado na disponibilidade de P no solo, no P remanescente e no acúmulo desse elemento em plantas de soja.

MATERIALE MÉTODOS

No período de novembro de 2004 a janeiro de 2005, foram realizados dois experimentos em casa de vegetação, na Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, MS. Para realização dos experimentos foram coletadas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico (LVD) e de um Latossolo Vermelho Distroférrico (LVDf), selecionadas de duas áreas cultivadas durante o verão com soja e milho, ininterruptamente, por mais de 20 anos, utilizando-se fertilizantes e corretivos para obtenção de elevadas produtividades. Nos últimos 10 anos, as duas áreas foram cultivadas sob sistema de cultivo mínimo, com semeadura de milho, milheto ou aveia, logo após a colheita da soja ou milho no cultivo de verão, ou milheto, logo após as primeiras chuvas da primavera. Na aplicação de calcário foi realizada uma gradagem intermediária e nivelção.

No experimento 1, foi utilizado o Latossolo Vermelho Distrófico (LVD), textura argilosa, coletado no município de Chapadão do Sul (MS), em talhão comercial de soja (18°45'49" S; 052°55'36" W) pertencente à empresa Ribeirão Agropecuária. A altitude média local é de 820 metros e a precipitação média entre 1990 e 2004 foi de 1.971 mm anuais, variando entre 1.725 e 2.216 mm (Ribeirão Agropecuária, 2005)⁴.

No experimento 2, foi utilizado o Latossolo Vermelho Distroférrico (LVDf), textura argilosa, coletado no município de Ponta Porã (MS), em talhão comercial de soja (22°21'51" S; 055°06'04" W) pertencente à Fazenda Paquetá. A altitude média da propriedade é de 410 metros e a precipitação média foi de 1.376 mm anuais, com valores entre 1.152 e 1.600 mm, nos últimos 20 anos (Fazenda Paquetá, 2005)⁵.

As amostras de solo foram coletadas com trado calador na camada de 0 a 20 cm de profundidade, sendo retiradas 20

⁴Ribeirão Agropecuária, 2005. Comunicação pessoal.

⁵Fazenda Paquetá, 2005. Comunicação pessoal.

subamostras em cada área sob resteva de soja, foram secas ao ar, passadas em peneira com malha de 2 mm e analisadas quanto às características químicas e físicas (Quadro 1).

A análise granulométrica foi realizada usando como dispersante o hidróxido de sódio 1 mol L⁻¹, de acordo com Embrapa (1997). Na análise química, foram determinados o pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ (Raij et al., 1987) e o P remanescente com base nos trabalhos de Alvarez et al. (2000). A matéria orgânica foi obtida pela oxidação via úmida com dicromato de potássio 1 mol L⁻¹, utilizando a modificação do método descrito em Tedesco et al. (1985); o P, K, Ca e Mg extraídos por meio da mistura de resinas trocadoras de cátions e ânions (Raij et al., 2001); o enxofre foi extraído pelo fosfato de cálcio; o Al trocável foi extraído por solução de KCl 1 mol L⁻¹ e o H+Al foi estimado por método indireto com solução tampão SMP. Os micronutrientes Fe, Zn, Cu e Mn foram extraídos com duplo ácido (HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹).

Em ambos os experimentos, o delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com quatro

repetições, com os tratamentos arranjados em um fatorial 4x2x2, consistindo da combinação de quatro níveis de pH em CaCl₂ 0,01M L⁻¹ (pH original de cada solo, 6,0; 6,5 e 7,0); duas doses de P (0 e 21,82 mg dm⁻³ de P), tendo como fonte o superfosfato triplo e duas doses de uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃, ambos os sais p.a., em relação estequiométrica de 4:1.

Ao solo de cada vaso (4,0 dm⁻³) adicionou-se corretivo, CaCO₃ + MgCO₃, nas doses determinadas por curvas de neutralização necessárias para obtenção dos valores de pH em CaCl₂ desejados, com base na acidez potencial (H+Al) determinada com o acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ tamponado a pH 7,0 (Embrapa, 1997). O solo e os corretivos foram homogeneizados, adicionados nos vasos de plástico sem drenagem e incubados durante 21 dias, umedecidos com água deionizada para manter a umidade equivalente a 60% do volume total de poros de cada solo. Após esse período, foi feita uma adubação para experimentos em ambientes controlados (Novais et al., 1991), adicionando-se o P.

Quadro 1 – Resultados das análises químicas e físicas das amostras de solos coletadas antes da aplicação dos tratamentos.

Atributos	LVd	LVdf
pH (CaCl ₂)	5,70	5,60
MO (g dm ⁻³)	41,00	30,00
P remanescente (mg L ⁻¹)	16,70	26,70
P resina (mg dm ⁻³)	118,00	122,00
K (mmol _c dm ⁻³)	3,60	5,60
Ca (mmol _c dm ⁻³)	71,00	61,00
Mg (mmol _c dm ⁻³)	22,00	20,00
Al (mmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	35,00	39,00
SB (mmol _c dm ⁻³)	97,00	87,00
T (mmol _c dm ⁻³)	132,00	126,00
V (%)	73,00	69,00
S (mg dm ⁻³)	15,00	5,00
Fe (mg dm ⁻³)	16,00	17,00
Mn (mg dm ⁻³)	22,20	32,20
Zn (mg dm ⁻³)	13,50	6,00
Cu (mg dm ⁻³)	2,10	3,80
B (mg dm ⁻³)	0,80	0,82
Argila (g kg ⁻¹)	595	419
Silte (g kg ⁻¹)	274	129
Areia Total (g kg ⁻¹)	131	452
Areia Grossa (g kg ⁻¹)	77	108
Areia Fina (g kg ⁻¹)	54	344

Após novo período de incubação de 10 dias, em 27 de novembro de 2004, semearam-se 12 sementes de soja cv. BRS 133 por vaso, inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. Aos oito dias após a semeadura (DAS), com a emergência completa das plântulas fez-se o desbaste, deixando-se quatro plântulas uniformes e equidistantes por vaso. Os vasos foram pesados diariamente e regados na superfície com água deionizada para manter a umidade equivalente a 60% do volume total de poros de cada solo.

Aos 17 DAS, foi aplicado sulfato de potássio (K_2SO_4) na superfície do solo, na dosagem de 0,2 g vaso⁻¹. Aos 52 DAS, no início do estágio de diferenciação floral, as plantas foram cortadas rente ao solo, acondicionadas em sacos de papel, secas em estufa com circulação forçada de ar a 65-70° C até o peso constante, para a determinação da massa seca. Os teores de P foram analisados na massa seca da parte aérea, em extratos obtidos por meio da digestão nítrico-perclórica, utilizando-se o método descrito por Malavolta et al. (1997). Determinou-se o acúmulo de P nos tecidos da parte aérea, multiplicando-se a quantidade de massa seca produzida pelo teor do elemento no tecido foliar.

Após o corte das plantas, o solo de cada vaso foi peneirado para eliminação das raízes, seco ao ar e homogeneizado. Amostras de 0,2 dm³ de cada unidade experimental foram submetidas às análises de rotina e determinação de P remanescente, utilizando-se os mesmos procedimentos laboratoriais das análises anteriores aos tratamentos.

Foram realizadas, para cada experimento, análises de variância para teor de P e P remanescente no solo, produção de massa seca (MS) e conteúdo de P acumulado na parte aérea das plantas. Para as características nas quais os efeitos de pH foram significativos, foram ajustadas

equações de regressão em função dos valores de pH utilizando-se o aplicativo computacional estatístico SANEST. A partir dessas equações, estimou-se para cada característica o valor adequado de pH do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A disponibilidade de P no solo aumentou significativamente com o aumento do pH dos solos (Figura 1). Esses teores são determinados pela solubilidade dos principais compostos fosfatados no solo, ou seja, fosfatos de Al, de Fe e de Ca. A maior disponibilidade de P na solução do solo será determinada na faixa de pH em que conjuntamente os compostos fosfatados apresentem máxima solubilidade. Essa faixa é descrita por Raij (2004) como sendo entre os valores de pH em $CaCl_2$ de 5,0 e 6,2.

Nos dois experimentos realizados, não foi possível determinar faixas ótimas de pH em relação à disponibilidade de P, pois o comportamento das curvas de resposta estimadas foi crescente até o valor máximo de pH estabelecido, ou seja, a máxima disponibilidade de P, que para a faixa de pH em $CaCl_2$ estudada, ocorreu no pH igual a 7,0 (Figura 1).

No experimento com solo LVdf, a interação entre pH e doses de P foi significativa. Os teores de P aumentaram com o pH do solo em ambas as doses de P, sendo que no tratamento que recebeu 21,82 mg dm⁻³ de P, o teor máximo (120,6 mg dm⁻³ de P) foi obtido com pH 6,85. No tratamento sem aplicação de P, o teor máximo de P foi verificado no pH 7,0 (Figura 1a).

Para o solo LVd houve significância para a interação entre pH do solo e doses de calcário na linha de semeadura (Figura 1b). Com a aplicação de calcário na linha, o efeito de aumento dos teores de P no solo com o pH foi menor a

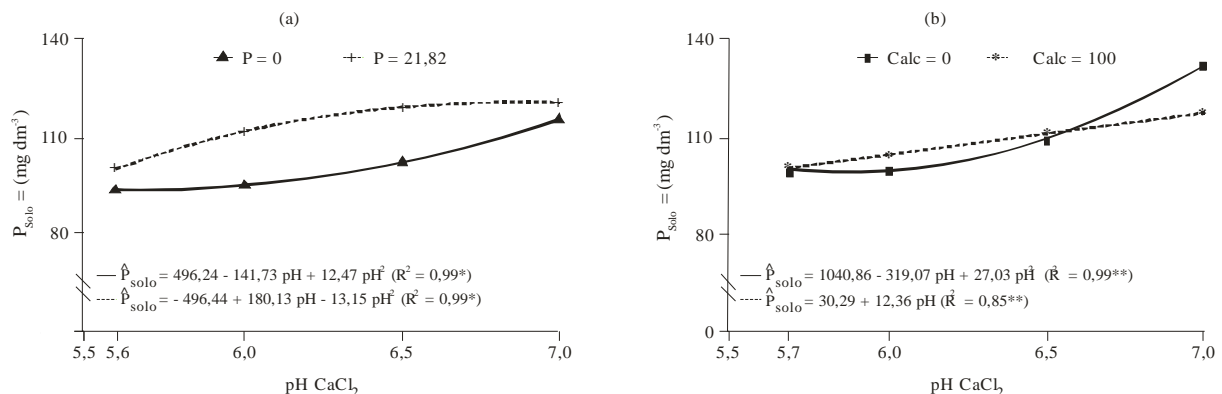


Figura 1 – Teores de P extraído pela resina de troca iônica, em função do pH, para o Latossolo Vermelho Distroférico (a) e Latossolo Vermelho Distrófico (b).

partir do pH 6,58 e a curva de resposta que melhor ajustou-se aos dados foi linear. Com o calcário na linha, para cada aumento unitário no valor do pH em CaCl_2 , há um aumento de 12 mg dm^{-3} de P no solo. Esse efeito menos expressivo do aumento do pH do solo com a adição de calcário na linha de semeadura deve estar relacionado também a um aumento na precipitação de P-Ca.

O P remanescente foi significativamente reduzido pelo aumento do pH em ambos os solos (Figura 2). Para o Latossolo Vermelho Distroférico não houve diferenças significativas entre a ausência e presença de P. O aumento do pH proporcionou maior capacidade de adsorção dos solos, expressa pela redução do valor do P remanescente, principalmente a partir do pH 6,0 em CaCl_2 .

Analisando a figura 2b, e de acordo com o modelo obtido, é possível inferir que para o LVd existe um ponto em que ocorre adsorção ou precipitação mínima ($> P_{\text{rem}}$) que poderia estar relacionado com um nível de pH em que a adsorção ou precipitação do P por Al e Fe é mínima, bem como por Ca. Elevando-se o pH a partir desse ponto, ocorre excedente de Ca para retomar a adsorção. Esses valores correspondem a pH 5,89 com a aplicação de P, pH 6,15 sem aplicação de P e pH 6,05 independente de P.

Verificou-se que o aumento do pH em CaCl_2 do solo promoveu aumento na produção de massa seca (MS) da parte aérea da soja, para os dois solos estudados (Figura 3). No experimento com o solo LVdf, a resposta foi linear, com um aumento de cerca de 11% entre o pH original e pH 7,0 (Figura 3a). No LVd, a resposta ao aumento do pH do solo foi quadrática, resultando num aumento de 18% na MS entre valores de pH de 5,7 e 7,0 (Figura 3b), com valor mínimo de $23,14 \text{ g vaso}^{-1}$ de MS no pH 6,02. Considerando-se a relação alométrica entre parte aérea e produção de grão relativamente constante (Santos, 2002), pode-se inferir

que esses aumentos na produção de MS também refletem aumento semelhante na produção de grãos.

Vale salientar que esses resultados não são concordantes com a maioria das pesquisas que apontam para uma recomendação por bases ideal para a cultura da soja na faixa de 50 a 60% (Lima, 2004), ou seja, o pH em CaCl_2 de aproximadamente 5,1 (Raij et al., 1987). De fato, Lima (2004), estudando a sustentabilidade da produção de soja no Brasil Central, verificou que em solos argilosos e de textura média, o pH em CaCl_2 variou entre 4,8 a 5,1 na camada de 0 a 15 cm, faixa que se mostrou compatível com a produtividade média de 3.120 kg ha^{-1} a 3.480 kg ha^{-1} de grãos de soja. Esses valores de pH corresponderam a valores de saturação por bases entre 30 e 49%. Tais valores de pH e saturação por bases, por terem viabilizado produtividades de soja acima de 3.000 kg ha^{-1} , são de grande importância para a recomendação de calagem para a cultura de soja. Por outro lado, esse autor estimou uma correlação positiva e significativa entre o pH em CaCl_2 e a produtividade e sugeriu que essa correlação indica que a calagem deveria ser aumentada, tanto nos solos argilosos e, especialmente, nos de textura arenosa e média.

Para os dois solos, houve efeito significativo do aumento do pH do solo sobre o P acumulado na parte aérea da soja (Figura 4). No experimento com o solo LVdf, de modo similar a MS, a resposta do P acumulado foi linear ao aumento do pH do solo, com um aumento de cerca de 7% em relação ao P acumulado para cada unidade de elevação de pH (Figura 4a). Para o LVd, houve aumento de cerca de 10% no P acumulado entre os valores extremos de pH de 5,7 e 7,0. No entanto, no intervalo de pH entre 6,0 e 6,5 as quantidades de P acumulado foram menores do que no valor de pH 5,7 original do solo (Figura 4b), sendo mínima ($59,00 \text{ mg vaso}^{-1}$) no pH 6,19, de acordo com o modelo.

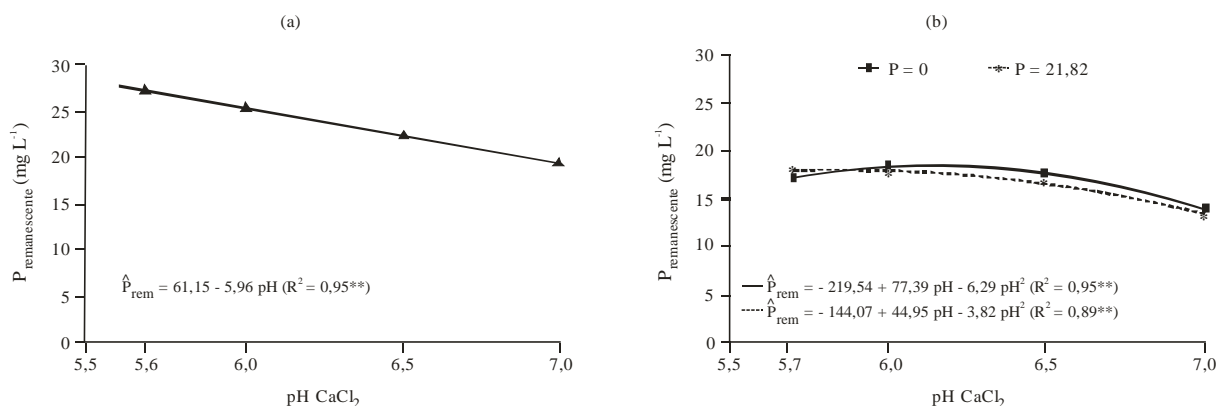


Figura 2 – Teores de P remanescente, em função do pH, para o Latossolo Vermelho Distroférico (a) e Latossolo Vermelho Distrófico (b).

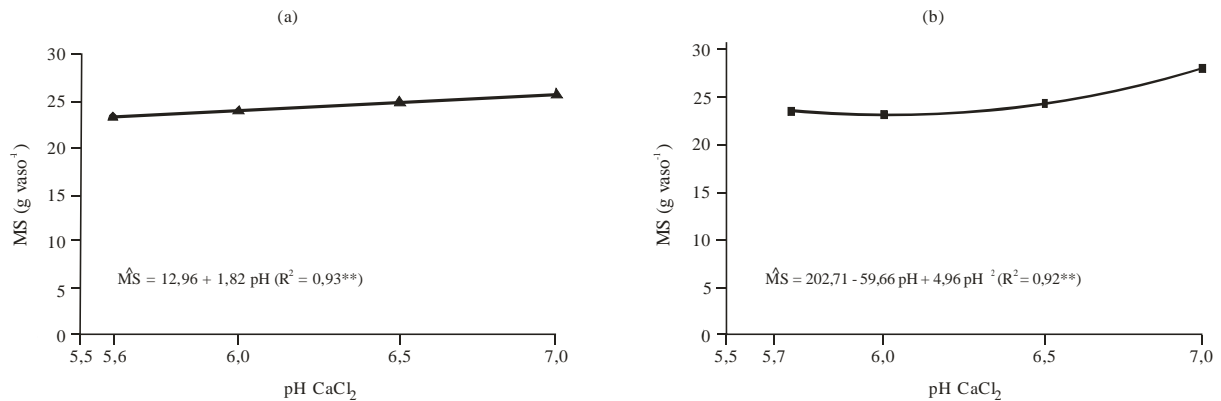


Figura 3 – Produção de massa seca (MS) de parte aérea de plantas de soja, em função do pH, para o Latossolo Vermelho Distroférico (a) e para o Latossolo Vermelho Distrófico (b).

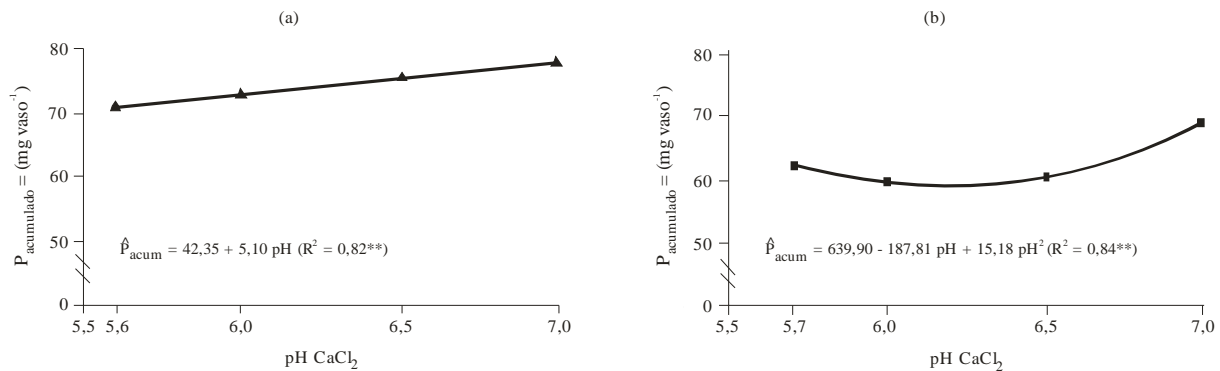


Figura 4 – Fósforo acumulado na parte aérea de plantas de soja, em função do pH, para o Latossolo Vermelho Distroférico (a) e para o Latossolo Vermelho Distrófico (b).

As quantidades de nutrientes acumulados nas plantas é o melhor indicador de sua disponibilidade para as mesmas (Alvarez, 1996). Verificou-se que houve aumento da disponibilidade de P com o aumento do pH em CaCl_2 de 5,5 para 7,0, nos dois experimentos.

CONCLUSÕES

Em solos com alto teor de fósforo, a elevação do pH aumenta a disponibilidade do elemento, proporcionando maior produção de massa seca de soja.

O fósforo remanescente diminuiu com o aumento do pH dos solos estudados.

Para a cultura da soja, a elevação do pH pode ser uma opção de manejo para aumentar a eficiência da adubação fosfatada e, assim, aumentar a produtividade da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS; UFV, 1996. p.615-646.

ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.27-32, 2000.

BAR-YOSEF, B.; KAFKAFI, U.; ROSEMBERG, R.; SPOSITO, G. Phosphorus adsorption by kaolinite and montmorillonite: effects of time, ionic strength and pH. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.52, p.1580-1585, 1988.

- CORNELL, R.M.; SCHWERTMANN, U. **The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrences and uses.** 2.ed. New York: Wiley, 2000. 664p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 214p.
- ERNANI, P.R.; FIGUEIREDO, O.R.A.; BECEGATO, V.; ALMEIDA, J.A. Decréscimo da retenção de P pelo aumento do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.159-162, 1996.
- KLIEMANN, H.J.; COSTA, A. de V.; SILVA, F.C. Resposta à calagem e fosfatagem por três cultivos de soja em três solos no estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.
- LIMA, R.O. **Sustentabilidade da produção de soja no Brasil Central:** características químicas do solo e balanço de nutrientes no sistema solo-planta. 2004. 65p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas:** princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 258p.
- NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. **Método de pesquisa em fertilidade de solos.** Brasília: Embrapa-SEA, 1991. p.189-253.
- NOVAIS, R.F. Soja. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:** 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p.232-324.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solos e plantas em condições tropicais.** Viçosa, MG: UFV, 1999. 399p.
- RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343p.
- RAIJ, B.V. Métodos de diagnose de fósforo no solo em uso no Brasil. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. **Simpósio sobre fósforo na agricultura brasileira.** Piracicaba: Potafos, 2004. p.563-588.
- RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.
- SANTOS, F.C. **Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja.** 2002. 100p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- SATO, S.; COMERFORD, N.B. Influência do pH do solo na adsorção e dessorção de fósforo num ultisol úmido brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.5, p.685-694, 2005.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: UFRS, 1985. 190p.