



# Manejo da água disponível no solo e adubação fosfatada: efeito sobre a cultura do milho<sup>1</sup>



Wagner W. de A. Alves<sup>2</sup>, João H. de Albuquerque<sup>3</sup>, Francisco A. de Oliveira<sup>4</sup>,  
Lourival F. Cavalcante<sup>4</sup> & Carlos C. de Souza<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Parte da Monografia de Graduação apresentada pelo primeiro autor ao Centro de Ciências Agrárias/UFPB

<sup>2</sup> CCT/UFCG. Fone: (83) 337-2867. E-mail: [wagneragron@bol.com.br](mailto:wagneragron@bol.com.br) (Foto)

<sup>3</sup> Mestrando em Manejo de Solo e Água, CCA/UFPB. Campus III, CEP 58397-000, Areia, PB

<sup>4</sup> DSER/CCA/UFPB. Fone: (83) 321-1540, Fax: (83) 362-2259. E-mail: [oliveira@cca.ufpb.br](mailto:oliveira@cca.ufpb.br)

<sup>5</sup> Bolsista DCR/Programa Nordeste de Pesquisa e Pós-Graduação/CNPq. Campus III, Email: [oliveira@cca.ufpb.br](mailto:oliveira@cca.ufpb.br)

Protocolo 081 - 1/6/2001

**Resumo:** Para o presente estudo conduziu-se um ensaio em casa-de-vegetação, no Departamento de Solo e Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, com o propósito de se avaliar quatro doses de fósforo (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e quatro níveis de água no solo (20, 40, 60 e 80% da água disponível) sobre algumas características da cultura do milho (*Zea mays* L.). Usou-se o delineamento blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 4, com três repetições. A unidade experimental foi representada por um vaso plástico com 9 kg de solo coletado na profundidade de 0 a 20 cm do perfil de um Latossolo Amarelo e, segundo a análise de variância, ocorreu efeito altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ) tanto para os tratamentos com fósforo como para os de água disponível no solo, sobre os resultados de produção de biomassa na parte aérea, consumo de água pela cultura e teor de P na biomassa da parte aérea. Constatou-se necessidade de se ter uma quantidade mínima de 40% de água disponível no solo, para que a cultura do milho responda significativamente às dosagens de fósforo aplicadas ao solo. Verificou-se, ainda, efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) da interação entre fósforo e água disponível sobre o teor de P na biomassa da parte aérea da cultura.

**Palavras-chave:** evapotranspiração, biomassa, curva de resposta

## Management of available soil water and phosphorus fertilization: Effect on corn crop

**Abstract:** This study was conducted under greenhouse conditions at 'Centro de Ciências Agrárias' of 'Universidade Federal da Paraíba', located in Areia, PB, Brazil. The main objective was to evaluate the effect of four doses of phosphorus (0, 40, 80 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), and of four levels of available soil water (20, 40, 60 and 80%) on some characteristics of corn (*Zea mays* L.) crop. The experiment was carried out in a randomized block using a 4 x 4 factorial scheme, with three replications. The experimental unit was represented by a plastic recipient with 9 kg of soil of the superficial layer (0 - 20 cm) of Oxisol. The analysis of variance showed significant effect ( $p \leq 0.01$ ) for the phosphorus treatments as well as for the levels of the available soil water on total dry biomass of the aerial parts, evapotranspiration and the phosphorus content of the dry biomass. The necessity of a minimal value of 40% of available soil water for the corn crop was observed to obtain the response of phosphorus doses applied to soil. A significant effect ( $p \leq 0.01$ ) of the interaction between phosphorus and available water on phosphorus content in the biomass of aerial part of the crop was also notable.

**Key words:** evapotranspiration, biomass, response curve

## INTRODUÇÃO

Atualmente, o milho é considerado um dos cereais mais explorados no mundo, superado em produção de grãos apenas pelo trigo e pelo arroz. Em países como o Canadá, Estados Unidos e França, o rendimento médio do milho chega a ultrapassar os 12.000 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, o que é bastante expressivo

se comparado com a média brasileira, que é de aproximadamente 3.000 kg ha<sup>-1</sup> de grãos (Lucena, 1997).

São escassas ou praticamente inexistentes informações de pesquisas que definam com clareza o nível de sensibilidade da cultura do milho ao déficit de água no solo, porém se sabe que a evapotranspiração varia com a densidade de plantio (Espinoza, 1979) e com o estágio de desenvolvimento da cultura

(Espinoza, 1979; Oliveira, et al., 1993). Com relação ao manejo de água no solo, Oliveira (1986) verificou, para as condições do cerrado baiano, que o melhor rendimento do milho foi obtido usando-se turno de irrigação de cinco dias. Na região Nordeste, caracterizada pela irregularidade climática, o déficit de água no solo é um dos fatores que mais limita o rendimento da cultura. Mesmo assim, o milho vem-se expandindo em área cultivada na região, chegando a atingir cerca de três milhões de hectares, porém com uma produtividade muito baixa, cerca de 614 kg ha<sup>-1</sup> (Carvalho et al., 1997). Para Pinazza (1993) a baixa produtividade nacional sofre com o reflexo da agricultura de subsistência, principalmente no Norte-Nordeste, onde as técnicas de produção são rudimentares, com baixa ou nula utilização dos insumos modernos disponíveis.

Conforme Bull (1993) vários fatores contribuem para que a produtividade brasileira de milho não alcance patamares mais expressivos, em que um dos principais é a utilização de pouca ou nenhuma tecnologia, em função do baixo nível de capitalização dos pequenos produtores, que respondem por aproximadamente 60% da produção nacional. O autor alega que uma das formas de se aumentar a produtividade da cultura é, sem dúvida, a nutrição mineral adequada, através de programas de adubação que considerem, além da quantidade de fertilizantes fornecida, o balanço entre os nutrientes requeridos, aliado a condições climáticas adequadas, principalmente em termos de precipitação pluviométrica ou do manejo de água no solo, através da irrigação.

A maioria dos solos brasileiros é deficiente em fósforo e, portanto, responde à adubação fosfatada. Os estudos de van Raij et al. (1982) revelam deficiência generalizada de P disponível nesses solos, ocorrendo casos em que não se consegue produção das culturas sem aplicação desse nutriente, como ocorre, por exemplo, nos cerrados da Região Centro-Oeste.

Dentre os macronutrientes, o fósforo é aquele exigido em menores quantidades pelas plantas. Seus baixos teores nos solos brasileiros e a forte interação deste elemento com o solo fazem com que a adubação fosfatada seja usada, no Brasil, em maior quantidade (van Raij, 1991). Segundo Coutinho et al. (1991) a adubação fosfatada promove aumentos significativos na produção de grão de milho e nos teores de fósforo no solo e nas folhas da cultura. Para Oliveira et al. (1993) as respostas à aplicação de fósforo em milho têm sido altas e freqüentes, devido à baixa disponibilidade desse elemento na maioria dos solos brasileiros.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses crescentes da adubação fosfatada e do manejo da água, através da aplicação de diferentes níveis de água no solo, sobre algumas características do crescimento/desenvolvimento da cultura do milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido em galpão coberto com telhas de fibra de vidro transparente, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba - CCA/UFPB, localizado no município de Areia, PB.

Usou-se o material de um Latossolo Amarelo (Embrapa, 1999) da Estação Experimental pertencente ao CCA/UFPB, coletado

na profundidade de 0 - 20 cm do perfil que, após conduzido ao laboratório, foi submetido às análises físicas e químicas, tendo revelado, em média, os seguintes valores: 610, 109 e 281 g kg<sup>-1</sup> para areia, silte e argila; 3,8, 2,05 e 0,19 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>, respectivamente, 6,3 e 66,5 mg dm<sup>-3</sup> de P<sup>5+</sup> e K<sup>+</sup>; 1,35 kg dm<sup>-3</sup> para densidade global; pH 5,05 e 34,66 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica de solo. Procedeu-se à correção da acidez do solo com base no alumínio trocável, cerca de 40 dias antes da semeadura usando-se, para tanto, calcário dolomítico com PRNT de 72%. Também foi realizada uma adubação de manutenção, à base de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N-Urêia e 40 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O-KCl. Os tratamentos foram definidos por quatro dosagens de fósforo, 0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> usando-se, como fonte de fósforo, o superfosfato simples aplicado antes da semeadura, além de quatro níveis de água disponível no solo, 20, 40, 60 e 80%.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 4 x 4 (doses de fósforo x níveis de água disponível no solo) com três repetições. A unidade experimental foi representada por um vaso plástico, com capacidade para 12 dm<sup>3</sup>, contendo 9 kg de solo, com base na massa de solo seco em estufa. Utilizou-se a cultura do milho (*Zea mays* L.) cultivar BR - 106, cujas sementes foram fornecidas pelo CCA/UFPB.

O controle das irrigações iniciou-se aos 8 dias após a emergência das plântulas. Diariamente e com base no peso do recipiente (solo + vaso + tutor + planta) todos os tratamentos e repetições eram pesados e, a medida em que a água perdida do solo e da planta por evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) atingisse peso equivalente a 20, 40, 60 e 80% da água disponível do solo, essas parcelas eram irrigadas com quantidade de água suficiente para que o teor de água no solo atingisse a condição de capacidade de campo (CC).

Após se submeter o substrato à capacidade de campo, realizou-se a semeadura em sulcos abertos, a uma profundidade média de 3 cm. Aos 15 dias após a emergência, realizou-se o desbaste deixando-se apenas duas plântulas por vaso e, aos 40 dias após a emergência foi coletada uma planta para determinação do teor de fósforo na biomassa, segundo metodologia de Vettori (1969) adaptada por Tedesco (1982) e a outra planta mantida para o acompanhamento e avaliação dos dados referentes à produção de biomassa e ao consumo de água pela cultura.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, com desdobramento dos efeitos em polinômios ortogonais, segundo sua significância. A escolha do modelo de regressão foi feita com base no modelo de maior grau significativo pelo teste F, cujo desvio da regressão tenha sido não significativo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou efeito altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ) tanto para os tratamentos de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) como para os de água disponível (AD) no solo, sobre os resultados de produção de biomassa seca da parte aérea (BS), evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) e teor de fósforo (P) na biomassa seca; registrou-se efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) da interação entre doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e AD apenas para o teor de P na parte aérea das plantas.

Como ocorreu efeito para fósforo, procurou-se verificar o comportamento dos tratamentos de fósforo dentro dos níveis de água disponível no solo, através da análise de regressão polinomial, que apresentou efeito linear positivo do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sobre a produção de biomassa seca da parte, nos níveis de 80, 60 e 40% da AD (Fig. 1A). Segundo os modelos estimados, houve acréscimos da ordem de 0,216, 0,179 e 0,136 g de biomassa seca da parte aérea para cada unidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada ao solo, nos níveis de 80, 60 e 40% da AD, respectivamente. Ainda com relação à Figura 1, a análise dos coeficientes angulares obtidos permite afirmar-se que a resposta da biomassa seca à aplicação das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aumentou com os níveis de água disponível no solo. Verifica-se, ainda, que para a cultura atingir seu máximo patamar de produção de biomassa seca da parte aérea, seria necessária a aplicação de dosagens de fósforo acima de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

De acordo com as equações de regressão obtidas nos níveis de água disponível no solo e para a dosagem máxima de fósforo (120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a produção de biomassa seca da parte aérea seria, teoricamente, de 77,4, 62,5, 49,5 e 25,8 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente, para os níveis de 80, 60, 40 e 20% de AD, sinalizando, neste sentido, para uma correlação positiva entre teores de água disponível no solo e produção de biomassa seca. Klepker & Anghinoni (1995) e Santos et al. (1996) constataram, também, que a elevação de dosagens de fósforo promove aumento na produção de biomassa seca das plantas de milho.

Na Figura 1B têm-se os resultados do consumo de água pela cultura do milho, em função das doses crescentes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos diferentes níveis de AD, onde é possível observar-se efeito linear positivo dos tratamentos de fósforo nos níveis de 80, 60 e 40% que, segundo as equações obtidas, sugerem acréscimos no consumo de água pela cultura, de 0,445, 0,659 e 0,319 mm para cada unidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada ao solo, respectivamente. Mesmo não apresentando efeito significativo no nível de 20% de AD, o consumo de água pela cultura foi da ordem de 0,203 mm para cada unidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> adicionada ao solo.

Os resultados obtidos sinalizam no sentido de que deve existir um teor mínimo de água disponível no solo, acima do qual a cultura do milho apresenta resposta significativa das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas ao solo. Os resultados permitem afirmar-se que, dentro dos níveis de água disponível 80, 60 e 40% para a cultura atingir o consumo máximo, haveria necessidade de se aplicar ao solo doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> superiores a 120 kg ha<sup>-1</sup>. Verifica-se, também, que o consumo acumulado nos 99 dias de ciclo da cultura para cada nível de água disponível 80, 60, 40 e 20%, foi de 483,2, 436,6, 322,7 e 214,2 mm, obtendo-se as médias diárias de 4,8, 4,4, 3,2 e 2,1 mm d<sup>-1</sup> para cada nível de água disponível, respectivamente. Os resultados do consumo de água obtidos pela cultura, de certa forma estão compatíveis com os obtidos por Espinoza (1979) que obteve uma evapotranspiração acumulada de 513, 443,7, 399,8 e 369,2 mm nas densidades de 80, 60, 40 e 20 mil plantas ha<sup>-1</sup> e uma média diária de 3,6, 3,1, 2,8 e 2,64 mm d<sup>-1</sup> em condições de campo.

Na Figura 1C observa-se que a resposta da absorção do fósforo nos níveis de 20 e 60% de umidade em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas ao solo, apresentou comportamento linear positivo, com acréscimo de 0,0054 e 0,0097 g de P kg<sup>-1</sup> de biomassa seca, respectivamente, para cada unidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada ao solo.

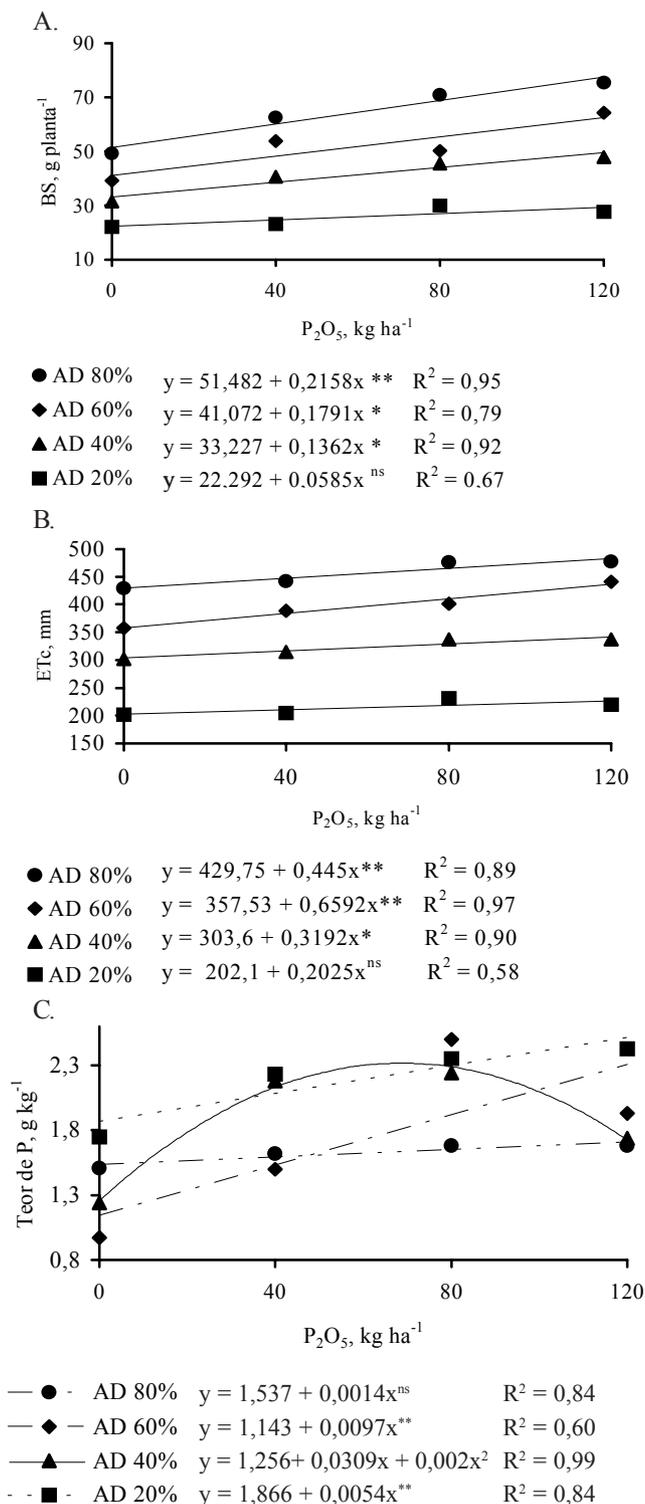


Figura 1. Produção de biomassa seca (BS) - A, consumo de água pela cultura (ETc) - B e teor de fósforo na biomassa seca do milho - C, em função das dosagens de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em condições de diferentes níveis de água disponível no solo

No nível de 40% ocorreu efeito quadrático da absorção de  $P_2O_5$  pela planta, em função das doses de P. De acordo com a equação obtida, a máxima absorção ( $2,45 \text{ g de P kg}^{-1}$  de biomassa seca) seria atingida com uma dosagem de  $77,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  para, em seguida, decrescer. No nível de 80% de AD não houve efeitos significativos para as doses de P. Olsen et al. (1961) citado por Franke & Dorfman (1998) reportaram que a absorção de P pelas plantas de milho é inversamente proporcional ao conteúdo de água do solo. Franke & Dorfman (1998) também relatam que em épocas de menor temperatura e menor luminosidade, a absorção do fósforo não se altera, apresentando absorção contínua durante a fase de enchimento de grãos. A absorção de fósforo ocorre praticamente paralela ao acúmulo de biomassa seca durante a maior parte do desenvolvimento vegetativo da planta, com o ponto de exigência máxima situando-se perto da época de pendramento, ao redor de 60 dias após a germinação (Andrade et al., 1975).

## CONCLUSÕES

1. Há resposta linear positiva das dosagens de fósforo aplicadas ao solo sobre os resultados das variáveis biomassa seca e ETc para as condições de umidade no solo: 40, 60 e 80% da água disponível.

2. De acordo com os níveis de umidade do solo, há repostas do fósforo aplicado ao solo, em modelos diferenciados, sobre os teores de P na biomassa seca da parte aérea da planta.

3. Não existe resposta ao fósforo sobre as variáveis biomassa seca e ETc para a condição de 20% da água disponível no solo e, para a absorção de P no nível de 80% da água disponível.

## LITERATURA CITADA

- Andrade, A.G.; Haag, H.P.; Oliveira, G.D. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.). In: Acumulação de macronutrientes. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, v.32. p.115-149, 1975.
- Bull, L.T. Nutrição mineral do milho. In: Cultura do milho, fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 301p.
- Carvalho, H.W.L. de; Santos, M.X. dos; Leal, M. de L. da S. Variedades de milho para o Nordeste Brasileiro. Embrapa. PATC. 1997. p.1. Comunicado Técnico
- Coutinho, E.L.M.; Natale, W.; Stupiello, J.J.; Carniere, P.E. Avaliação da eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura do milho. Científica, São Paulo, v.19, n.2, p.93-104, 1991.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos, 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- Espinoza, W. Efeito da densidade de plantio sobre a evapotranspiração do milho irrigado na época de seca, em cerrado do Distrito Federal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.14, n.4, p.343-350, 1979.
- Franke, A. E.; Dorfman, R. Viabilidade econômica da irrigação sob condições de risco, em regiões de clima subtropical. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37, n.12, p.2003-2013, 1998.
- Klepker, O.; Anghinoni, I. Crescimento radicular e aéreo do milho em vasos em função do nível de fósforo no solo e da localização do adubo fosfatado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, n.19, p.403-408, 1995.
- Lucena, L. de F.C. Efeito de níveis de nitrogênio e fósforo na cultura do milho (*Zea mays* L.) em solo do Brejo Paraibano. Areia: UFPB, 1997. 63p. Dissertação Mestrado
- Oliveira, F.A. de. Efeito do turno de irrigação nas culturas de soja, trigo e milho em solo dos cerrados da Bahia. Salvador: EPABA, 1986. 9p. Comunicado Técnico
- Oliveira, F.A. de; Silva, J.J.S. e; Campos, T.G. da S. Evapotranspiração e desenvolvimento radicular do milho irrigado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.28, n.12, p.1407-1415, 1993.
- Pinazza, L.A. Perspectivas da cultura do milho e do sorgo no Brasil. Cultura do milho, fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 301p.
- Santos, J.C.P.; Kaminski, J.; Ermani, P.R.; Mafra, A.L. Rendimento de massa seca e absorção de fósforo pelo milho afetado pela aplicação de fósforo, calcário e inoculação com fungos micorrízicos. Ciência Rural, Santa Maria, v.26, n.1. p.3-67, 1996.
- Tedesco, M.J. Extração simultânea de N, P, K, Ca e Mg em tecido de plantas por digestão por  $H_2O_2-H_2SO_4$ . Areia: Departamento de Solos e Engenharia Rural/CCA/UFPB, 1982. 12p. Informativo Interno, 01
- van Raij, B. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.
- van Raij; Rosado, P.C.; Lobato, E. Adubação fosfatada no Brasil: Apreciação geral, conclusões e recomendações. In: Oliveira, A.J. ed. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília: Embrapa, 1982. p.10-28.
- Vettori, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura-EPE, 1969, 34p. Boletim Técnico, 07