

# DISTRIBUIÇÃO E NÍVEL CRÍTICO DE FÓSFORO NA PARTE AÉREA DO FEIJOEIRO CULTIVADO EM DIFERENTES SOLOS SOB VEGETAÇÃO DE CERRADOS<sup>1</sup>

ARMINDA MOREIRA DE CARVALHO<sup>2</sup>, NAND KUMAR FAGÉRIA<sup>3</sup>, TOSHIKI KINJO<sup>4</sup>  
e ITAMAR PEREIRA DE OLIVEIRA<sup>3</sup>

RESUMO - Estudou-se, em condições de casa de vegetação, o efeito das doses de P (0, 25, 50, 100, 200 e 400 mg P.kg<sup>-1</sup>) em solos de cerrados (LRd, LEd, LVd e AQd) sobre a distribuição e níveis críticos de P em plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). As doses de P influenciaram significativamente a concentração e a quantidade acumulada de P na parte aérea do feijoeiro, exceto a concentração na parte aérea das plantas cultivadas na AQd aos 90 dias. Os níveis críticos de P na parte aérea foram de 0,20% e 0,28%, respectivamente, para o feijão nos solos LRd e AQd. Em relação à distribuição de P na planta, aproximadamente 15% de P acumulado permaneceu na parte aérea e o restante foi translocado para os grãos, nos solos LRd e LEd. As plantas cultivadas nos solos LVd e AQd apresentaram em média 10% do P acumulado na parte aérea e 90% nos grãos.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, solos dos cerrados, nutrição vegetal, concentração.

## CRITICAL LEVEL AND DISTRIBUTION OF PHOSPHORUS IN COMMON BEAN CULTIVATED IN DIFFERENT SOILS UNDER CERRADO VEGETATION

ABSTRACT - In a greenhouse experiment the effect of P levels (0, 25, 50, 100, 200 e 400 mg P.kg<sup>-1</sup>) in soils of cerrado (Dark-Red Latosol, Duskey Red Latosol, Red-yellow Latosol, and Quartzsament on the distribution and critical P levels in plant bean (*Phaseolus vulgaris* L.) was studied. Phosphorus levels influenced significantly the concentration and accumulation of P in the plant tops, except in AQd at 90 days of growth. Critical P levels in the tops of the plants were 0,20% in LRd and 0,28% in AQd. In relation to P distribution in the plant, approximately 15% of P accumulated remained in the tops and the rest was translocated to grains in LRd and LEd. The plant tillage in the LVd and AQd soils showed an average 10% of P accumulated in the tops and 90% in the grains.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, cerrado soils, plant nutrition, concentration.

## INTRODUÇÃO

O fósforo movimenta-se predominantemente por difusão até à superfície das raízes, onde ocorre sua absorção. Os fatores genéticos da planta, a extensão do sistema radicular, o conteúdo de água e a concentração de P na solução do solo estão

relacionados com a difusão, e, conseqüentemente, com a absorção desse elemento pela planta (Goedert et al. 1986).

Os fatores quantidade e poder-tampão de P, que regulam o equilíbrio entre o P-lábil e o P-solução, também influenciam a concentração e a quantidade de P na parte aérea das plantas. Os principais atributos do solo que refletem esses fatores são: teor de argila (Bahia Filho & Braga 1975a, Lopes & Cox 1979, Novais & Kamprath 1979), matéria orgânica (Bahia Filho & Braga 1975b, Lopes & Cox 1979, Bahia Filho 1982), capacidade de campo, superfície específica do solo, declividade da relação (variação de P-disponível/variação de P-adicionado) e P-concentração de equilíbrio (Novais & Kamprath 1979). Se-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 14 de dezembro de 1992.  
Extraído da Tese de Mestrado da autora.

<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup>-Agr<sup>a</sup>., M.Sc., EMBRAPA/SNLCS-CRGO. Caixa Postal 10125, CEP 74000 Goiânia, GO.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP). Caixa Postal 179, CEP 74001 Goiânia, GO.

<sup>4</sup> Químico, Ph.D., ESALQ/USP, Dep. Solos, Geologia e Fertilizantes. Caixa Postal 9, CEP 13400 Piracicaba, SP.

gundo Lopes & Cox (1979), a percentagem da argila é a variável agrônômica que melhor se relaciona com o P solúvel nos solos sob vegetação de cerrados.

Para Holford & Mattingly (1979) a absorção de P da solução do solo pelas plantas relaciona-se negativamente com a energia de ligação de P e com o poder-tampão desse elemento no solo. Muniz et al. (1985) encontraram relações inversas entre taxas de recuperação de P pela soja e características do solo que refletem o fator capacidade, ocorrendo decréscimo de 11,4% em um solo com menor teor de argila (16%) para 2,1% no solo que apresentou valor mais elevado para esse parâmetro (66%). Outros também observaram relações inversas entre o P absorvido pela planta e o poder tampão do solo, refletido principalmente pelo teor de argila (Khasawneh 1971, Bahia Filho & Braga 1975b, Holford & Mattingly 1976, Bahia Filho 1982, Muniz et al. 1985, Fabres 1986, Fonseca 1987).

Assim, para uma mesma quantidade absorvida de P, em dois solos com diferentes valores de poder-tampão de fosfato, será necessária maior quantidade desse nutriente no solo com o poder-tampão mais elevado.

De acordo com Sumner & Lott et al., citados por Fagéria (1984), o nível crítico na planta refere-se à concentração do nutriente em determinado estágio de crescimento, no qual ocorre redução de 5 a 10% no rendimento máximo. Uma série de fatores da planta, do solo e do meio ambiente influenciam a determinação do nível crítico. Bates (1971) relacionou os seguintes fatores: idade e tecido da planta, espécies ou variedades, níveis e interação entre nutrientes, umidade do ar e do solo, temperatura e luz.

O objetivo deste trabalho foi o de determinar a quantidade absorvida, a concentração e o nível crítico de P na parte aérea das plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivadas em solos de cerrados com diferentes teores de argila.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), em Goiânia-GO, utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições dos trata-

mentos, dispostos num fatorial 4 x 6 (quatro solos e seis doses de P). Os resultados das análises química e física dos solos estudados (LRd, LEd, LVd e AQd) estão nas Tabelas 1 e 2.

As amostras dos solos da camada superficial (0 - 30 cm) coletadas em região de cerrados foram secadas, peneiradas e colocadas em vasos com capacidade de 6,0 kg. A quantidade de calcário aplicada foi calculada com base na curva de calibração desenvolvida para elevar o pH (H<sub>2</sub>O) a 6,0. Após 15 dias de incubação com o calcário, os solos receberam doses crescentes de P (0, 25, 50, 100, 200 e 400 mg P.kg<sup>-1</sup>), como superfosfato triplo. Aplicou-se a seguinte adubação básica de plantio: 400 mg de N ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 960 mg de K (KCl), 200 mg de Mg (MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) e 1000 mg de FTE BR-12 (Zn=9,2%; B=2,2%; Cu=0,8%; Fe=3,7; Mn=3,4; Mo=0,1) como fonte de micronutrientes. A adubação de cobertura foi feita aos 35 dias após o plantio, aplicando-se 420 mg de N ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) por vaso.

Após 7 dias de incubação foram retiradas amostras para análises químicas e semeou-se o feijão EMGOPA-202 Rubi. Executou-se o desbaste, deixando 4 plântulas em cada vaso. O teor de água foi mantido em torno da capacidade de campo durante todo o ciclo da cultura, e periodicamente realizou-se o rodízio dos vasos.

A amostragem da parte aérea foi feita aos 35 e 90 dias após o plantio, colhendo em cada período duas plantas por vaso, as quais foram colocadas para secar em estufa com ventilação forçada a 70° até peso constante, trituradas, mineralizadas e analisadas. A digestão foi feita com mistura nítrico-perclórica 2:1, e o P, determinado colorimetricamente (Braga & Defelipo 1974).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de P aplicadas influenciaram a concentração e a quantidade acumulada do nutriente na parte aérea do feijoeiro, exceto a concentração na parte aérea das plantas cultivadas na AQd aos 90 dias (Tabela 3). Apesar desse resultado, os incrementos nas doses de P não corresponderam a aumentos representativos sobre a concentração, ocorrendo em alguns casos relações inversas. Essa falta de respostas positivas da concentração de P às doses aplicadas pode ser explicada pelo efeito de diluição de massa.

A interação significativa entre doses e solos (Tabela 4) mostra que além do efeito dos teores de P aplicados, os atributos do solo influenciaram a concentração desse nutriente na parte aérea do feijoeiro, nos dois períodos avaliados.

**TABELA 1. Classificação, composição granulométrica e local de coleta das amostras dos solos em estudo.**

Tipo de solo	Composição granulométrica				Local
	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila*	
	%				
LRd	8,0	17,0	14,0	61,0	Itumbiara
LEd	11,0	17,0	9,0	63,0	Morrinhos
LVd	14,0	44,0	5,0	37,0	Água Limpa
AQd	44,0	37,0	5,0	14,0	D. Federal

\* Método da pipeta.

**TABELA 2. Resultados das análises químicas dos solos.**

Análises	Solos			
	LRd	LEd	LVd	AQd
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	5,20	5,90	5,00	5,20
P (mg.kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	0,40	0,50	0,70	0,60
K (meq/100 ml) <sup>1</sup>	0,04	0,12	0,06	0,02
Ca (meq/100 ml) <sup>2</sup>	0,70	2,30	0,20	0,10
Mg (meq/100 ml) <sup>2</sup>	0,10	0,20	0,25	0,20
Al (meq/100 ml) <sup>2</sup>	0,30	0,20	1,00	0,70
H+Al (meq/100 ml) <sup>3</sup>	6,60	6,43	5,94	4,12
S (meq/100 ml)	0,74	2,62	1,26	0,22
T <sub>pH=7,0</sub> (meq/100 ml)	7,34	9,05	7,20	4,34
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	5,40	2,60	1,30	0,20
Fe (mg.kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	41,00	65,00	81,00	130,00
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	33,00	35,00	16,00	5,00
Mat. orgânica (%) <sup>4</sup>	2,00	2,40	1,60	1,40
Sat. de bases (%)	10,10	29,00	17,50	5,10
Sat. de alumínio (%)	29,00	7,10	44,20	76,10
SiO <sub>2</sub> "total" (%) <sup>5</sup>	10,20	11,20	8,60	3,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> "total" (%) <sup>6</sup>	25,20	26,19	13,00	6,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> "total" (%) <sup>7</sup>	19,12	15,19	7,72	3,5
Ki <sup>8</sup>	0,68	0,72	1,10	0,92
Kr <sup>9</sup>	0,23	0,27	0,41	0,68

<sup>1</sup> Extrator Mehlich-1 (HCl 0,05 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 N)<sup>2</sup> Extrator KCl 1 N<sup>3</sup> Extrator Acetato de Cálcio 1 N<sup>4</sup> Oxidação da matéria orgânica por solução de bicromato de potássio<sup>5</sup> SiO<sub>2</sub> total obtido por ataque sulfúrico<sup>6</sup> Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> total obtido por ataque sulfúrico<sup>7</sup> Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> total obtido por ataque sulfúrico<sup>8</sup> Relação molecular SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>9</sup> Relação molecular SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

As plantas cultivadas nos solos com os teores mais baixos de argila (LVd e AQd) apresentaram, aos 35 dias, maiores valores de concentrações médias de P na parte aérea, os quais tornaram-se mais ou menos constantes aos 90 dias. Essas maiores concentrações de P na parte aérea das plantas cultivadas nos solos mais arenosos, aos 35 dias, resultaram do menor poder-tampão de fosfato desses solos, o que concorda com resultados obtidos por outros autores (Khasawneh 1971, Bahia Filho & Braga 1975a, Holford & Mattingly 1976, Bahia Filho 1982, Muniz et al. 1985, Fonseca 1987). Nesses solos, maiores quantidades do nutriente aplicado permaneceram na solução, sendo absorvidas pelo feijoeiro.

O menor poder-tampão de P dos solos LVd e AQd foi a causa das reduções mais drásticas do P-solução com a absorção contínua até o final do ciclo (90 dias), pois ao considerar um período mais longo, esses solos restabelecem menores quantidades de P à solução. Os transportes mais acentuados de P para os grãos, nas plantas cultivadas nos solos mais arenosos, também contribuíram para as menores concentrações na parte aérea, principalmente no caso da AQd (Fig. 1).

A absorção de P pelo feijoeiro aos 35 dias apresentou comportamento semelhante à concentração, ao ser relacionada com os diferentes solos de cerrados (Tabela 3). As menores quantidades de matéria seca apresentadas aos 90 dias pelas plantas cultivadas na AQd resultaram nos valores mais baixos de P absorvido. O menor poder-tampão da AQd, limitando o restabelecimento contínuo de P à solução do solo e o transporte mais acentuado desse nutriente para os grãos (Fig. 1) também comprometem a absorção até a fase de maturação da cultura.

A maior parte do P absorvido foi translocada para os grãos, e o comportamento dessa distribuição do nutriente na planta variou segundo as doses aplicadas e os tipos de solos. Em média, 15% do P foram retidos na parte aérea e o restante transportado para os grãos, nos solos LRd e LEd. No LVd e na AQd, ocorreu transporte de 90% de P para os grãos, permanecendo 10% na parte aérea (Fig. 1).

Na Fig. 2 são apresentadas as concentrações críticas de P na parte aérea do feijoeiro necessária para proporcionar 90% da produção de matéria seca aos 35 dias.

**TABELA 3. Concentração e acúmulo de fósforo na parte aérea do feijoeiro para as diferentes doses aplicadas, em dois períodos, nos solos testados.**

Solos	Doses de P	Conc. de P		P acumulado	
		35 (dias) 90		35 (dias) 90	
	—mg.kg <sup>-1</sup> —	%		—mg/2 plantas—	
LRd	0	0,07	0,08	0,36	0,28
	25	0,17	0,08	3,48	2,06
	50	0,19	0,11	5,17	4,15
	100	0,19	0,14	8,21	7,42
	200	0,19	0,15	12,63	8,25
	400	0,24	0,17	18,72	21,20
Teste F <sup>1</sup>		24,53**	10,60**	71,09**	34,68**
Coef. de variação (%)		7,61	10,07	19,60	36,11
LEd	0	0,08	0,10	0,56	0,77
	25	0,19	0,06	3,23	1,86
	50	0,21	0,09	4,93	4,09
	100	0,16	0,15	6,91	8,95
	200	0,16	0,17	10,35	12,10
	400	0,19	0,17	15,14	22,47
Teste F <sup>1</sup>		19,07**	16,62**	40,62**	39,00**
Coef. de variação (%)		7,11	9,74	23,58	31,43
LVd	0	0,35	0,11	2,45	0,49
	25	0,28	0,05	3,70	1,43
	50	0,24	0,10	6,48	3,77
	100	0,20	0,16	10,20	9,39
	200	0,20	0,19	14,10	22,89
	400	0,27	0,15	18,90	14,17
Teste F <sup>1</sup>		92,97**	42,83**	96,95**	58,01**
Coef. de variação (%)		3,88	6,73	14,56	25,87
AQd	0	0,08	0,10	0,58	0,50
	25	0,16	0,09	2,24	1,14
	50	0,19	0,09	4,18	1,68
	100	0,24	0,10	10,49	3,52
	200	0,22	0,13	15,03	7,76
	400	0,34	0,12	28,05	8,72
Teste F <sup>1</sup>		82,34**	1,76 <sup>ns</sup>	81,94**	21,54**
Coef. de variação (%)		4,81	11,80	22,57	38,96

1 \*\* - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

n.s. - Não significativo

O período de 35 dias foi considerado como representativo do nível crítico na parte aérea do feijoeiro, já que o efeito da diluição aumenta com o crescimento vegetativo, provocando redução do teor crítico com a idade da planta. Esse efeito foi observado por Fagéria (1987) em cultivares de arroz.

Os valores encontrados foram de 0,20% para o solo argiloso (LRd) e 0,28% para o arenoso (AQd). Essa relação inversa entre níveis críticos na parte aérea e teor de argila concorda com os resultados obtidos pela maioria dos trabalhos desenvolvidos com o mesmo objetivo (Muniz et al. 1985, Fabres 1986, Fonseca 1987). O menor po-

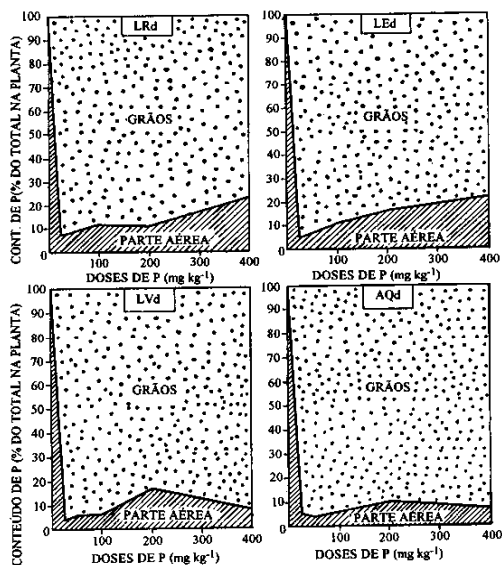
**TABELA 4.** Análise de variância conjunta para a concentração de fósforo na parte aérea do feijoeiro, nos períodos de 35 e 90 dias.

Tratamentos	Concentração de P	
	35 (dias)	90
Teste F <sup>1</sup>		
Solo (S)	22,71**	3,28*
Dose (D)	142,22**	42,78**
SxD	7,65**	3,57**
Contraste <sup>1</sup>		
Linear	297,90**	133,59**
Quadrático	51,58**	42,67**
Coef. de variação (%)	5,92	9,66

<sup>1</sup> \*\* - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

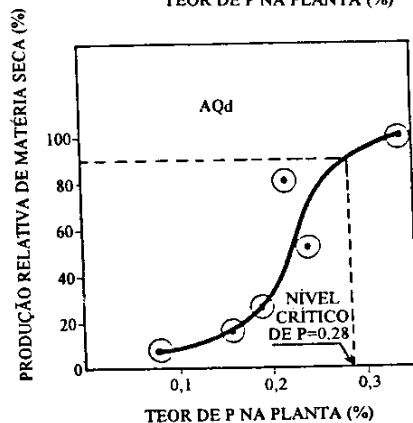
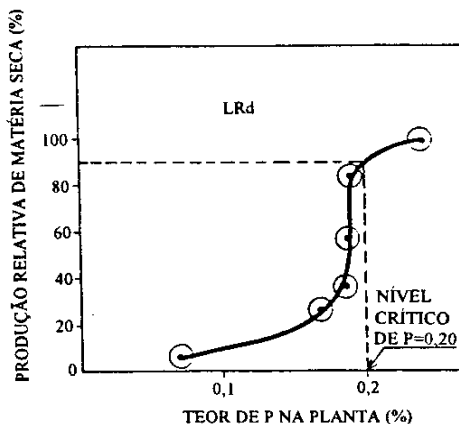
\* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns - Não significativo



**FIG. 1.** Conteúdo de fósforo na parte aérea e nos grãos do feijoeiro.

der-tampão de fosfato da AQd, representado pelos seus baixos teores de argila, foi a principal causa das concentrações críticas de P mais elevadas na parte aérea do feijoeiro, cultivado nesse solo aos 35 dias. Segundo Feitosa et al. (1980), Malavolta (1989) e Wilcox & Fagéria, citados por Oliveira



**FIG. 2.** Concentração crítica de fósforo na parte aérea do feijoeiro aos 35 dias.

& Thung 1988, os teores críticos de P também estão dentro da faixa considerada adequada para a cultura do feijoeiro.

## CONCLUSÕES

1. O P aplicado no solo influencia a concentração e a quantidade acumulada do nutriente na parte aérea do feijoeiro, sendo que a concentração nem sempre apresenta respostas positivas acentuadas, com o incremento das doses desse elemento.
2. Os valores da concentração e da quantidade de P acumulada na parte aérea do feijoeiro são maiores nos solos com teores de argila mais baixos.

3. Maiores quantidades de P são transportadas para os grãos nos solos mais arenosos.

4. O nível crítico de P na parte aérea do feijoeiro é mais elevado no solo arenoso (0,28%) em relação ao argiloso (0,20%).

## REFERÊNCIAS

- BAHIA FILHO, A.F.C. **Índice de disponibilidade de fósforo em latossolos do Planalto Central com diferentes características texturais e mineralógicas.** Viçosa: UFV, 1982. 178p. Tese de Doutorado.
- BAHIA FILHO, A.F.C.; BRAGA, J.M. Fósforo em latossolos do Estado de Minas Gerais. I. Intensidade e capacidade tampão de fósforo. **Experientiae**, Viçosa, v.19, p.18-32, 1975a.
- BAHIA FILHO, A.F.C.; BRAGA, J.M. Fósforo em latossolos do Estado de Minas Gerais. III. Índices de disponibilidade de fósforo e crescimento vegetal. **Experientiae**, Viçosa, v.20, p.217-234, 1975b.
- BATES, T.E. Factors affecting critical concentration in plants and their evaluation: a review. **Soil Science**, Baltimore, v.112, p.116-130, 1971.
- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratores de solos e plantas, **Revista Ceres**, v.27, p.73-85, 1974.
- FABRES, A.S. **Disponibilidade de fósforo em solos e concentrações críticas de diferentes frações de fósforo em plantas de alface cultivadas em amostras de diferentes solos.** Viçosa: UFV, 1986. 39p. Tese de Mestrado.
- FAGÉRIA, N.K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, Ed. Campus, 1984. 341p.
- FAGÉRIA, N.K. Variação em diferentes estágios de crescimento do nível crítico de fósforo em plantas de arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, p.77-80, 1987.
- FONSECA, D.M. **Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*.** Viçosa: UFV, 1987. 146p. Tese de Mestrado.
- GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. Fósforo, In: GOEDERT, W.J. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo.** Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1986. p.129-166.
- HOLFORD, I.C.R.; MATTINGLY, G.E.G. Effects of phosphate buffering on the extraction of labile phosphate by plants and by soil tests. **Australian Journal Soil Research**, Melbourne, v.17, p.511-514, 1979.
- HOLFORD, I.C.R.; MATTINGLY, G.E.G. Phosphate adsorption and plant availability of phosphate. **Plant and Soil**, v.44, p.377-389, 1976.
- KHASAWNEH, F.E. Solution, ion activity and plant growth. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.35, p.426-436, 1971.
- LOPES, A.S.; COX, F.R. Relação de características físicas, químicas e mineralógicas com fixação de fósforo em solos sob cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, p.82-88, 1979.
- MUNIZ, A.S.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, C.L. Nível crítico de fósforo na parte aérea da soja como variável do fator capacidade de fósforo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p.237-243, 1985.
- NOVAIS, R.F.; KAMPRATH, E.J. Fósforo recuperado em três extratores químicos como função do fósforo aplicado no solo e do "fator capacidade". **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, p.41-46, 1979.
- OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M.D.T. Nutrição mineral, In: ZIMMERMANN, M.J.O. de; ROCHA, M. e YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.175-212.