

EFEITO DO LIXO URBANO COMPOSTADO COM FOSFATO NATURAL NA NODULAÇÃO, CRESCIMENTO E ABSORÇÃO DE FÓSFORO EM FEIJOEIRO¹

RICARDO TRIPPIA DOS G. PEIXOTO², AVILIO ANTONIO FRANCO³
e DEJAIR LOPES DE ALMEIDA⁴

RESUMO - Foi realizado um experimento em casa de vegetação, com um Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso, para estudar o efeito da aplicação de composto de lixo urbano compostado com fontes de fósforo na nodulação, crescimento e absorção de fósforo pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Fez-se a compostagem do lixo misturado com fontes de fósforo em leiras no campo durante 91 dias. O esquema experimental usado foi um fatorial 3 x 12 sorteado em blocos ao acaso com quatro repetições, consistindo de três níveis de pH em água (4,8; 5,3 e 6,1) e doze tratamentos. Foram utilizadas como inoculantes duas estirpes de *Rhizobium phaseoli*, CO5 e SEMIA 487. Foi observado um efeito favorável do composto na nodulação, desenvolvimento, N e P totais das plantas, assim como um efeito amenizador da acidez do solo. Entretanto, a adição de fosfato natural de Patos de Minas ou fosfato natural de Araxá, com composto ou compostado com lixo, não aumentou a absorção de P destas fontes para o feijoeiro. No pH 4,8, a aplicação de superfosfato triplo que foi compostado com o lixo aumentou a absorção do P pelo feijoeiro em relação ao superfosfato triplo aplicado no plantio com ou sem composto e aos demais tratamentos.

Termos para indexação: solo ácido, calagem, *Rhizobium*.

EFFECT OF URBAN WASTE COMPOSTED WITH ROCK PHOSPHATE ON NODULATION, GROWTH AND P ABSORPTION IN BEANS

ABSTRACT - A greenhouse experiment with a clayey Red-Yellow Latosol was conducted to study the effect of urban waste, composted in heaps in the open field with several phosphate sources, on nodulation, growth and P accumulation of *Phaseolus vulgaris* L. The experimental design was a factorial 3 x 12 randomized in blocks with four replications, with three levels of pH (4.8, 5.3 and 6.1 in water) and twelve treatments. The P sources used were rock phosphates from Patos de Minas and Araxá, MG, Brazil, and triple superphosphate (TS), that were added to the soil with and without compost, and after had been composted. The seeds were inoculated with a mixture of *Rhizobium phaseoli* strains CO5 and SEMIA 487. The results showed a beneficial effect of the compost on nodulation, N and P accumulation in the plants and ameliorated the detrimental effect of soil acidity. However the addition of Patos de Minas or Araxá rock phosphates with compost or composted did not increase significantly the total P accumulated in the plants. At pH 4.8 the application of composted TS increased the total P accumulated by the plants when compared with TS applied with or without the compost to the soil and all other treatments.

Index terms: acid soil, liming, *Rhizobium*.

INTRODUÇÃO

O fósforo é, freqüentemente, nos solos das regiões tropicais e subtropicais, um fator limitante para a produção agrícola, não só pela baixa concentração, mas também por estar sujeito às propriedades adsorptivas desses solos (Parfitt et al. 1975, Rajan & Fox 1975, Munns & Fox 1976,

Andrew & Kamprath 1978), aumentando a necessidade de adubação fosfatada para suprir as exigências nutricionais das plantas em geral, e principalmente das leguminosas dependentes da simbiose como fonte de nitrogênio (Cassman et al. 1981, Munns & Franco 1981, Beck & Munns 1984). O feijoeiro é uma planta exigente e cujas respostas tanto à inoculação como ao nitrogênio mineral têm sido variáveis (Franco 1977). A simbiose *Rhizobium* - feijão tem sido beneficiada pela calagem (Franco & Dobereiner 1967, Munns & Fox 1977, Franco & Day 1980) e pela adição de fósforo (Graham & Rosas 1979), molibdênio (Franco & Day 1980, Franco & Munns 1981) e de matéria orgânica.

No Brasil, a produção de fosfatos solúveis tem um custo industrial elevado, além de depender da

- ¹ Aceito para publicação em 11 de agosto de 1986. Parte da tese apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, na UFRRJ, RJ. Bolsista do CNPq.
- ² Eng. - Agr., M.Sc., Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Caixa Postal 129, CEP 84100 Ponta Grossa, PR.
- ³ Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/UAPNPBS, Km 47, ant. rod. Rio - São Paulo, CEP 23851 Seropédica, RJ.
- ⁴ Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/UAPNPBS.

importação de enxofre e ácido fosfórico para sua fabricação. Entre as tecnologias que vêm sendo desenvolvidas a fim de diminuir essa dependência, a utilização direta de fosfato natural parece ser uma alternativa viável, pela ocorrência de diversos fatores que podem atuar na solubilização do fosfato natural, na maioria dos solos brasileiros (Raij et al. 1982).

A dissolução da apatita é representada segundo a reação $\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6 + 12\text{H}^+ \rightleftharpoons 10\text{Ca}^{++} + 2\text{F}^- + 6\text{H}_2\text{PO}_4^-$. Portanto, a acidez e as condições que provocam a remoção dos produtos de reação da solução facilitam a sua dissolução (Chu et al. 1962, Raij et al. 1982, Smyth & Sanchez 1982); e adicionando-se a esses fatores um melhor manejo de matéria orgânica (Igue 1984, Tate 1984), plantas adaptadas e eficientes na utilização de elementos minerais (entre eles o fósforo) em condições de acidez do solo (Junqueira Neto 1982, Oliveira et al. 1982, Oliveira & Malavolta 1983, Silva et al. 1985), assim como a presença de micorrizas vesiculares arbusculares (Lopes et al. 1983, Tinker & Gildon 1983), poderiam possibilitar um manejo de aplicação direta de fosfatos naturais em solos pobres em fósforo.

O lixo urbano é um problema crescente, principalmente nos grandes centros urbanos em face da poluição do meio ambiente. A sua compostagem permite, além da reciclagem de materiais não biodegradáveis (metais, vidros, plásticos, etc), produzir adubo orgânico de boa qualidade para uso na agricultura (Terman et al. 1973), embora com baixo teor de fósforo (0,5% P) (Companhia de Limpeza Urbana do Município do Rio de Janeiro s.d.). Tentativas de enriquecimento do composto com o fosfato natural após a compostagem do lixo urbano não aumentaram a solubilização do fósforo contido no fosfato natural (Mazur et al. 1983 a), provavelmente porque o lixo urbano compostado apresenta um valor de pH alto (pH entre 7,5 e 8,0) (Lima 1979) e população microbiana estabilizada, que não são condições favoráveis à solubilização do fosfato natural. A compostagem do lixo com pH inicial em torno de 5 também não aumentou a disponibilidade de fósforo, avaliado com uma extração com resina, de dois fosfatos naturais (Patos de Minas e Araxá) adicionados ao lixo antes da

compostagem (Peixoto 1984).

Tendo em vista que durante a decomposição do lixo urbano ocorre um aumento de populações microbianas que necessitam de nutrientes (entre eles P e Ca) para se desenvolverem, e considerando que no final da compostagem, com a morte dos microrganismos, o P e o Ca ficariam disponíveis para a planta, foi realizado um experimento em casa de vegetação para estudar o efeito da aplicação de composto de lixo urbano compostado com fosfato natural na nodulação, crescimento e absorção de fósforo pelo feijoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A compostagem do lixo urbano com os fertilizantes: superfosfato triplo (ST), fosfatos naturais de Araxá (FNA) e Patos de Minas (FNP), fosfato de Araxá + sulfato de amônio (FNA + N), foi feita conforme o procedimento descrito por Peixoto (1984). Para a análise química do composto foram determinados o carbono orgânico total, fazendo uma digestão segundo Kalembasa & Jenkinson (1973) e dosagem por colorimetria conforme Romão & Neves (1982); nitrogênio total (Liao 1981); fósforo total pela digestão nítrico-perclórica (Jackson 1964); fósforo disponível, extraído pelo método da resina de troca aniônica, amberlite IRA 400, segundo Hislop & Cooke (1968), utilizando saquinho de nylon proposto por Sibbesen (1977), fazendo-se a dosagem por colorimetria utilizando molibdato de amônio em meio sulfúrico e ácido ascórbico como redutor (Murphy & Riley 1962); cálcio e magnésio totais pela digestão nítrico-perclórica para obter o extrato, sendo a dosagem feita pela técnica de absorção atômica (Sarruge & Haag 1974); potássio total também pela digestão nítrico-perclórica e a dosagem feita pela técnica de fotometria de chama (Sarruge & Haag 1974); pH em água (1:2,5) e teor de umidade, conforme pode ser visto na Tabela 1.

Utilizou-se um Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso do município de Pirai (RJ), coletado até a profundidade de 20 cm estando o solo coberto com vegetação de sapê (*Imperata brasiliensis*). As análises físicas e químicas das amostras do solo foram realizadas de acordo com a metodologia descrita no manual de métodos de análise do solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979), revelando os seguintes resultados: 31,2% de areia; 54,1% de argila total; 49,7% de argila natural; 14,8% de silte; grau de floculação, 8; pH em pasta, 4,5; pH em água (1:2,5), 4,8; cátions trocáveis (meq/100 g), Al^{3+} 0,9, K^+ 0,13, Ca^{++} 0,8, Mg^{++} 0,7, e P disponível, 1,0 ppm. O solo coletado foi seco ao ar, peneirado em malha de 1 cm^2 , homogeneizado e distribuído em vasos de plástico com capacidade para 3,5 kg de terra.

A calagem foi feita por vaso, tomando-se como base a curva de calagem por incubação em pasta do solo com hi-

TABELA 1. Caracterização do composto de lixo urbano utilizado no experimento (médias de 4 repetições).

Tratamentos*	Teor total (%)								pH em H ₂ O
	C	N	C/N	Ca	Mg	K	P	Umidade	
Composto puro	12,57	1,52	8,27	5,40	0,47	0,56	0,53	1,94	7,88
Composto com FNA	9,60	1,27	7,57	9,67	0,48	0,44	2,10	1,73	7,78
Composto com FNP	9,98	1,31	7,68	8,67	0,43	0,57	1,72	3,15	7,88
Composto com FNA + N	10,51	1,43	7,38	9,07	0,34	0,40	1,85	1,37	5,85
Composto com ST	11,27	1,42	8,10	6,93	0,45	0,50	2,04	1,73	6,88

* Os fosfatos naturais, nitrogênio e superfosfato triplo foram adicionados ao lixo antes da compostagem.

dróxido de cálcio magnesiano (Mineral-112% PRNT), contendo 42% de CaO, 20% de MgO, 100% de PEN 10 Tyler, 50% de PEN 50 Tyler, por dois dias, e determinando-se o pH. Com isso, aplicaram-se doses correspondentes a 0; 637,5; 2.000 kg de mineral por hectare, a fim de ter pH 4,8 5,3, 6,1, respectivamente.

Sem qualquer período de incubação do calcário nos vasos, semeou-se o milho (*Zea mays* L.) IPEACS sintético, sem adição de fertilizantes, para retirar o excesso de nitrogênio, mineralizado graças à aplicação de calcário no solo. Aos 54 dias após o plantio, as plantas de milho foram retiradas juntamente com as raízes.

Logo após a colheita do milho foram feitas adubações em todos os vasos, com uma solução de micronutrientes, adicionando-se por kilograma de solo: 150 mg de MgSO₄. 7 H₂O; 15,8 mg de CuSO₄. 5 H₂O; 8,9 mg de Zn SO₄. 7 H₂O; 0,3 mg de H₃BO₃; 0,5 mg de Na₂MoO₄. 2H₂O; 20 mg de Fe SO₄. 7 H₂O. Foi adicionado o equivalente a 24,4 kg de Ca/ha na forma de CaSO₄. 2H₂O e 50 kg/ha de N como NH₄NO₃. Aplicou-se o composto em quantidade equivalente a 10 t/ha, com ou sem adição de fertilizante fosfatado, de acordo com o delineamento experimental. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, consistindo de um fatorial 3 x 12 sorteado em blocos ao acaso com quatro repetições, consistindo de três níveis de pH em água (4,8, 5,3, e 6,1), e doze tratamentos (composto puro, FNA compostado, FNP compostado, FNA + N compostado, ST compostado, FNA adicionado com composto, FNP adicionado com composto, ST adicionado com composto, FNA sem composto, FNP sem composto, ST sem composto e solo sem composto ou P).

As fontes de fósforo utilizadas foram: superfosfato triplo (ST) contendo 43,7% de P₂O₅ total, que foi moído em moinho contendo peneira de malha com 1 mm de diâmetro; fosfato natural de Araxá (FNA) - fosfato concentrado arafétil, finos de eletrofiltro contendo 35,25% de P₂O₅ total e 4,5% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico; fosfato natural de Patos de Minas (FNP), contendo 23,89% de P₂O₅ total e 4,5% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico. As quantidades de fertilizantes aplicadas fo-

ram correspondentes a 200 kg/ha de P₂O₅ total, usaram-se 2 x 10⁶ kg solo/ha para conversão de kg de solo para hectare.

A seguir semeou-se o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. BAT 304 (capixaba precoce), que foi inoculado, logo após o semeio, com uma mistura das estirpes de *Rhizobium phaseoli*, COS e SEMIA 487, que foram deixadas crescer em meio de cultura 79, sólido, (Fred & Waksman 1928). Durante todo o experimento o teor de umidade do solo foi mantido em torno de 80% da capacidade máxima de retenção de umidade, com irrigações periódicas com água coletada de chuva.

A coleta de plantas de feijão foi feita na floração plena, com 42 dias após a sementeira. Determinou-se o nitrogênio total (Bremner 1965) e fósforo total (Jackson 1964) da parte aérea. Separou-se uma amostra das raízes, que foi cortada conforme técnica descrita por Kormanik & McGraw (1982), a fim de determinar a percentagem de infecção de micorriza vesicular arbuscular (Giovannetti & Mosse 1980). Do restante da raiz, após secagem em estufa, obteve-se o peso, e ao separar os nódulos, o número e peso dos mesmos. Determinou-se também o fósforo total da raiz.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os aumentos proporcionados pela adição do superfosfato triplo (ST) na produção total de matéria seca (Fig. 1), (da mesma forma para o nitrogênio total da parte aérea), fósforo total na planta (Fig. 2), número de nódulos (Fig. 3) e peso seco de nódulos (Fig. 4), foram superiores aos obtidos com adição de fosfato natural, aplicado antes ou após a compostagem.

Em relação aos mesmos parâmetros, a calagem para os três níveis de pH não teve efeito significativo nos tratamentos com fosfatos naturais com ou sem composto, no composto puro e na testemunha (solo); entretanto, no tratamento com ST houve

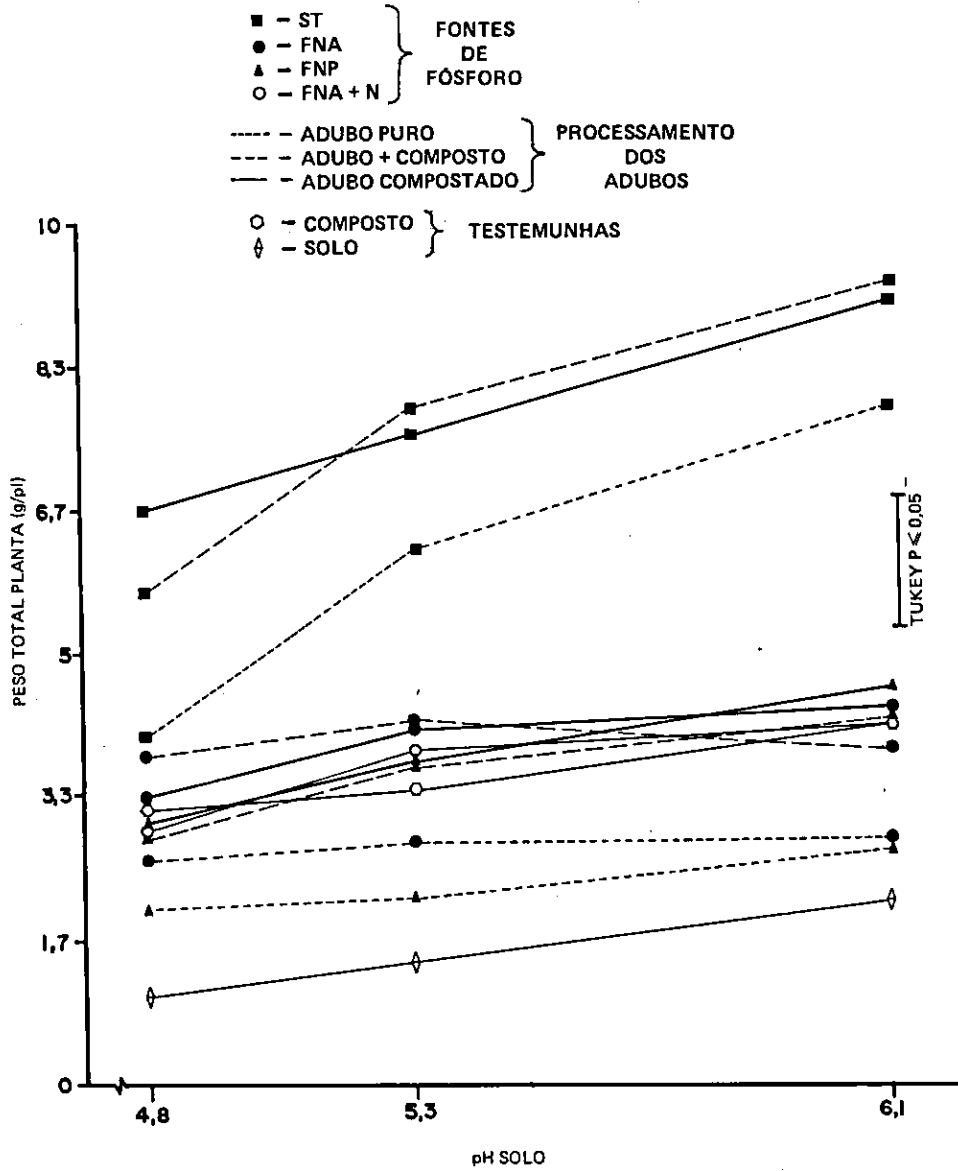


FIG. 1. Efeito do composto de lixo, fontes de fósforo e do pH do solo na produção de matéria seca do feijoeiro (raiz + parte aérea + nódulos). cv = 13,44%.

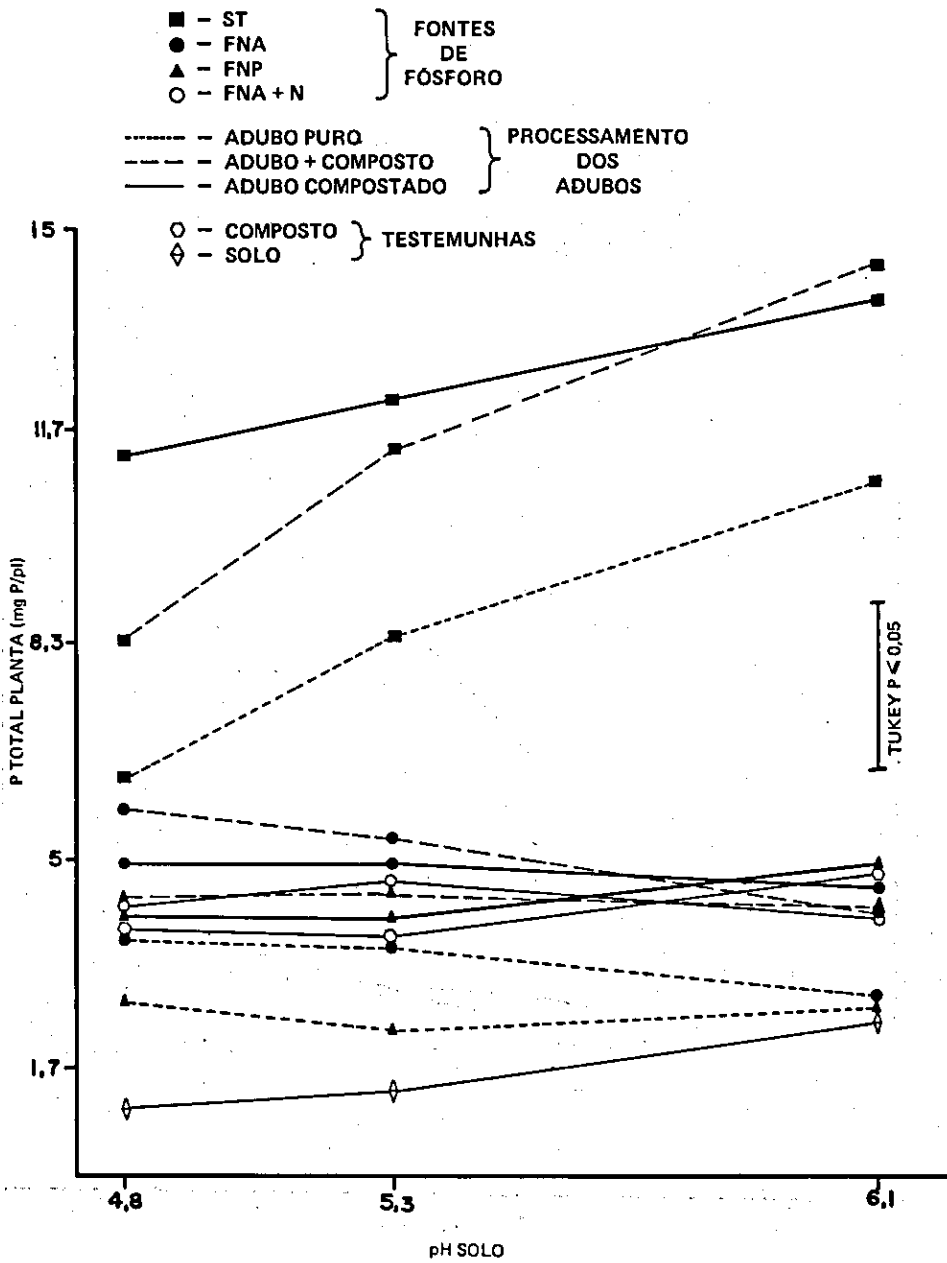


FIG. 2. Efeito do composto de lixo, fontes de fósforo e do pH do solo no acúmulo de fósforo no feijoeiro (raiz + parte aérea + nódulos). cv = 17,38%.

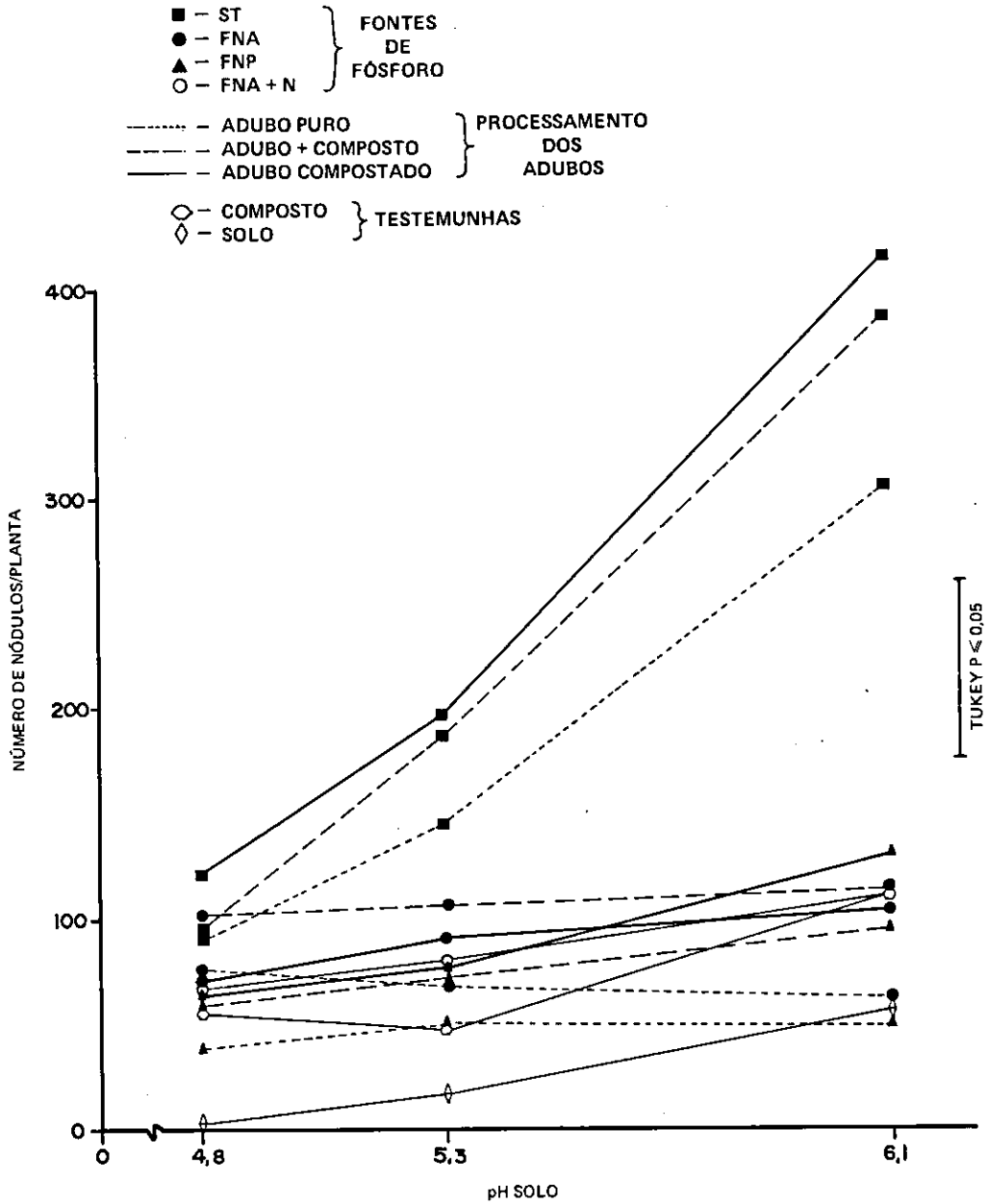


FIG. 3. Efeito do composto de lixo, fontes de fósforo e do pH do solo no número de nódulos do feijoeiro. cv = 28,49%.

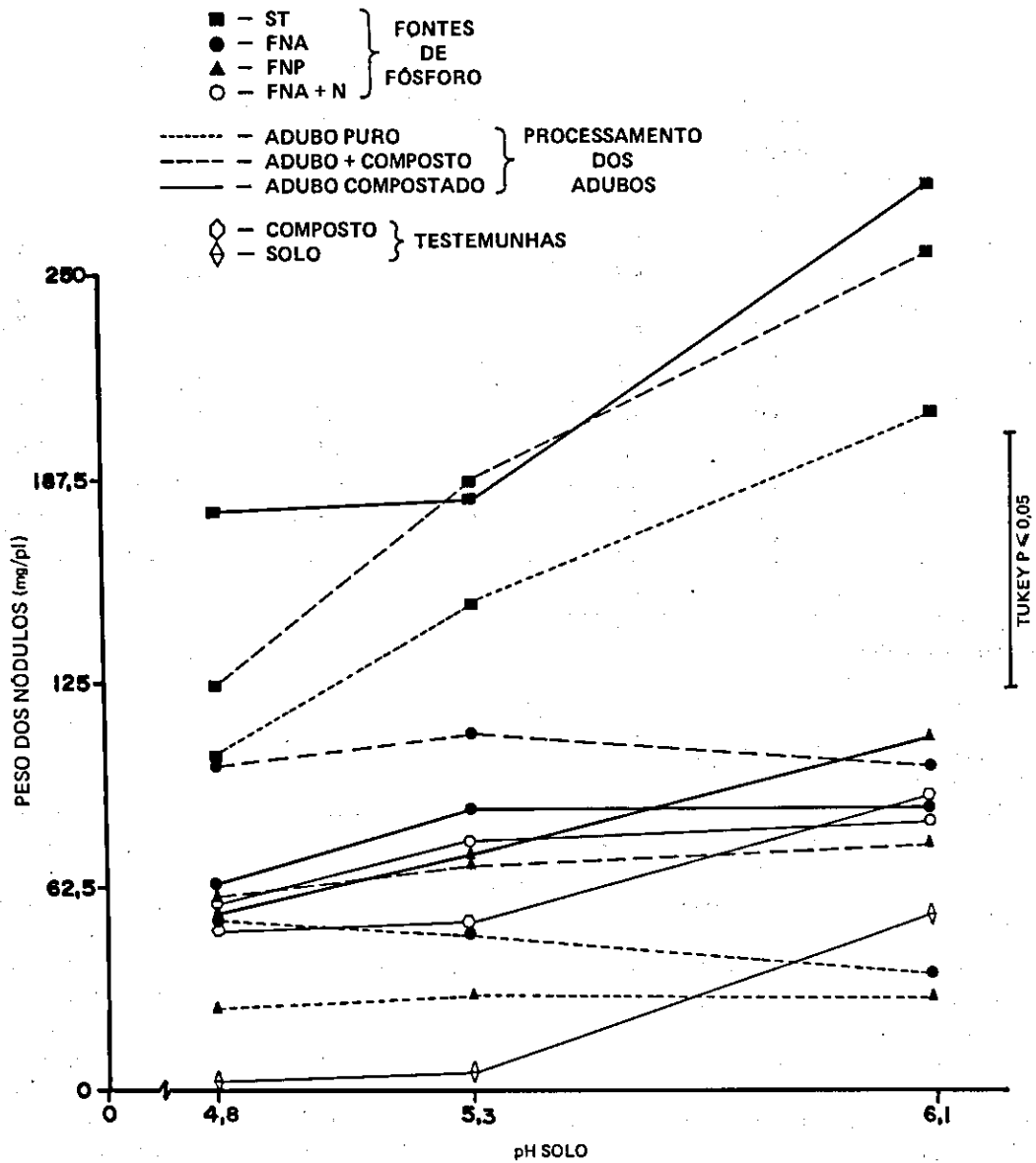


FIG. 4. Efeito do composto de lixo, fontes de fósforo e do pH do solo no peso dos nódulos do feijoeiro. cv = 30,46%.

TABELA 2. Variação do pH (em água) durante o cultivo do feijoeiro (médias de 4 repetições).

Tratamentos	Nível de calagem						
	Zero		638 kg/ha		2.000 kg/ha		
	Amostragem		Amostragem		Amostragem		
	Plantio	Colheita	Plantio	Colheita	Plantio	Colheita	
Solo	4,8	4,6	5,3	5,0	6,1	5,9	
Composto puro	4,9	4,9	5,3	5,4	6,0	6,0	
FNP	a	4,8	4,7	5,4	5,1	6,2	6,0
	b	4,8	4,8	5,4	5,3	6,1	6,0
	c	4,9	4,9	5,3	5,3	6,1	5,9
FNA	a	4,8	4,7	5,4	5,2	6,2	5,8
	b	4,8	4,9	5,3	5,3	6,2	6,0
	c	4,9	4,7	5,2	5,2	6,1	5,9
FNA + N	4,8	4,7	5,3	5,1	5,9	5,9	
ST	a	4,8	4,7	5,3	5,1	6,1	5,7
	b	4,8	4,8	5,4	5,2	6,1	5,9
	c	4,8	4,8	5,4	5,2	6,1	5,9
Média	4,8	4,8	5,3	5,2	6,1	5,9	

a Adubo sem composto.

b Adubo mais composto.

c Adubo compostado.

um efeito pronunciado, que foi maximizado com a adição de composto.

Na Tabela 2 observa-se que o maior valor de pH, que era inicialmente 6,1 na ocasião do plantio, diminuiu para um valor médio de 5,9, e que os outros (pH 4,8 e 5,3), praticamente, não se alteraram.

O efeito dos tratamentos (valores obtidos da média dos valores do pH) no peso total da planta (Fig. 5) (da mesma forma para o fósforo total e nitrogênio total na planta), número de nódulos (Fig. 6) e peso dos nódulos (Fig. 7) mostram que não houve diferença significativa entre o ST compostado e o ST adicionado ao solo com composto, mas houve diferença em relação ao ST sem composto (puro). Em relação aos mesmos parâmetros, também não houve diferença significativa entre os fosfatos naturais (FN) de Patos de Minas e Araxá, independentemente de terem sido adicionados antes da compostagem ou junto com composto ao solo. A compostagem do lixo enriquecido com sul-

fato de amônio e FN Araxá teve efeito igual ao da compostagem com FN Araxá puro; isto mostra que a adição de sulfato de amônio não resultou em aumento de fósforo disponível à planta após a compostagem.

Em relação aos mesmos parâmetros, verificou-se que não houve diferença significativa entre as fontes de FN puro, e destas em relação à testemunha (solo). Goedert & Lobato (1984), em rotação de diferentes culturas de campo, verificaram uma solubilização inicial lenta para essas fontes, embora apresentassem efeito após oito anos de cultivo. Contudo, quando avaliamos o efeito dos níveis de pH separadamente, principalmente o do pH 4,8 em relação aos FN, há uma tendência de um efeito melhor destes em relação à testemunha (solo) e do FN Araxá em relação ao FN Patos no peso total da planta (Fig. 1) (da mesma forma do nitrogênio total da parte aérea), fósforo total (Fig. 2) e número de nódulos (Fig. 4). Estas tendências se devem provavelmente pelo fato de o teor de car-

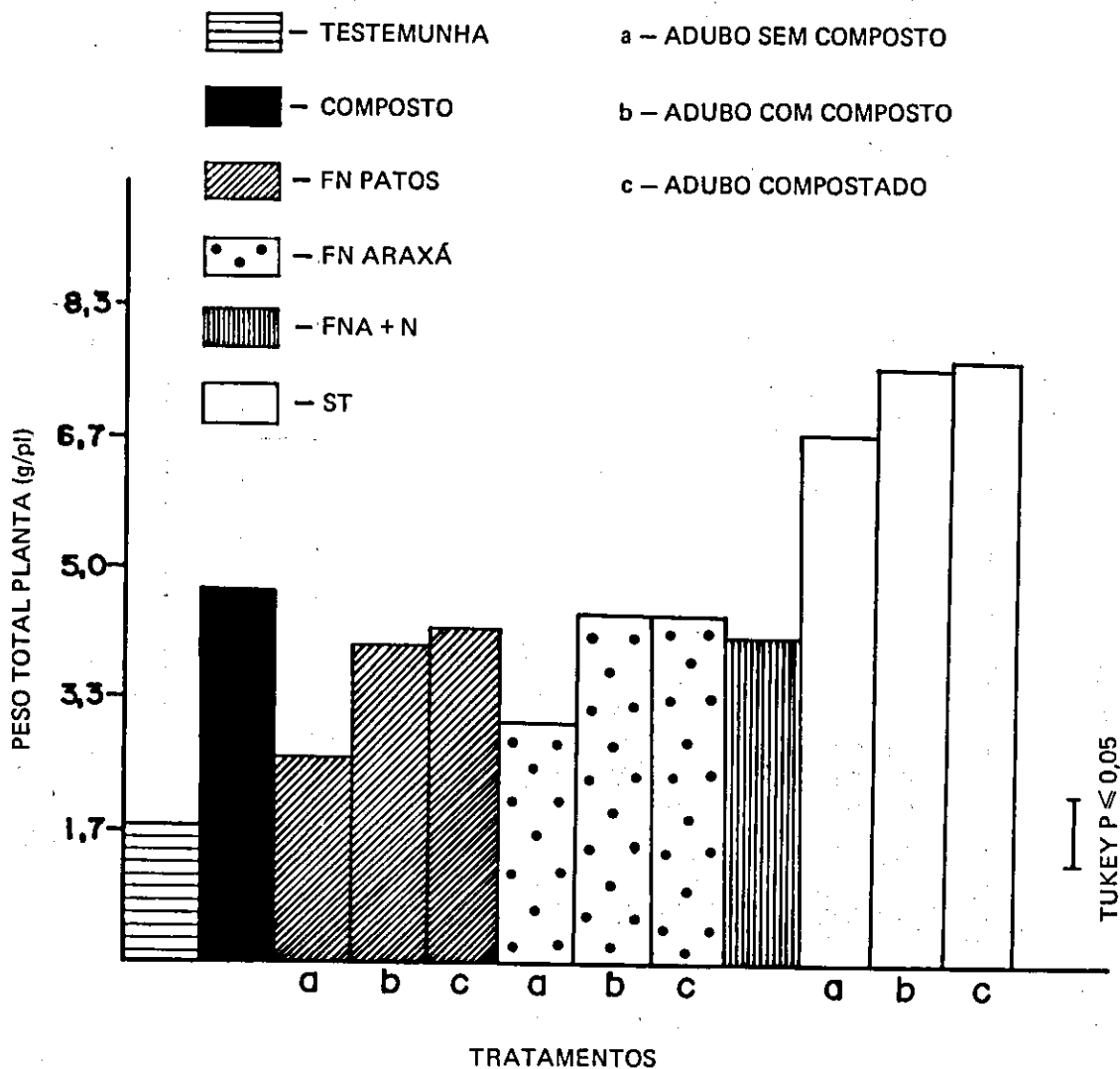


FIG. 5. Efeito do composto de lixo e fontes de fósforo na produção de matéria seca do feijoeiro (raiz + parte aérea + nódulos). Cada coluna sobrepõe os valores obtidos nos três níveis de pH.

bonato ligado à apatita ser de 0,91% no FN Araxá e 0,55% no FN Patos (Alcarde & Ponchio 1983), assim como a acidez (pH 4,8) e as baixas concentrações de P e Ca nesse solo atuam em conjunto na dissolução dos FN (Volkweiss & Raij 1977, Smyth & Sanchez 1982).

O nível de P disponível pode ter sido mantido por causa das características adsorptivas desse solo

(Almeida & Velloso 1982). Uma planta tolerante a condições de acidez e mais eficiente em absorver P (Oliveira et al. 1982; Oliveira & Malavolta 1983) poderia mostrar melhor resposta, e melhorá-la ainda, através de micorrizas vesiculares arbusculares (MVA) (Mosse 1973, Daft & Nicolson 1966, Tinker & Gildon 1983).

A cultivar de feijão utilizada nesse experimento mostrou certa tolerância à acidez do solo, manifes-

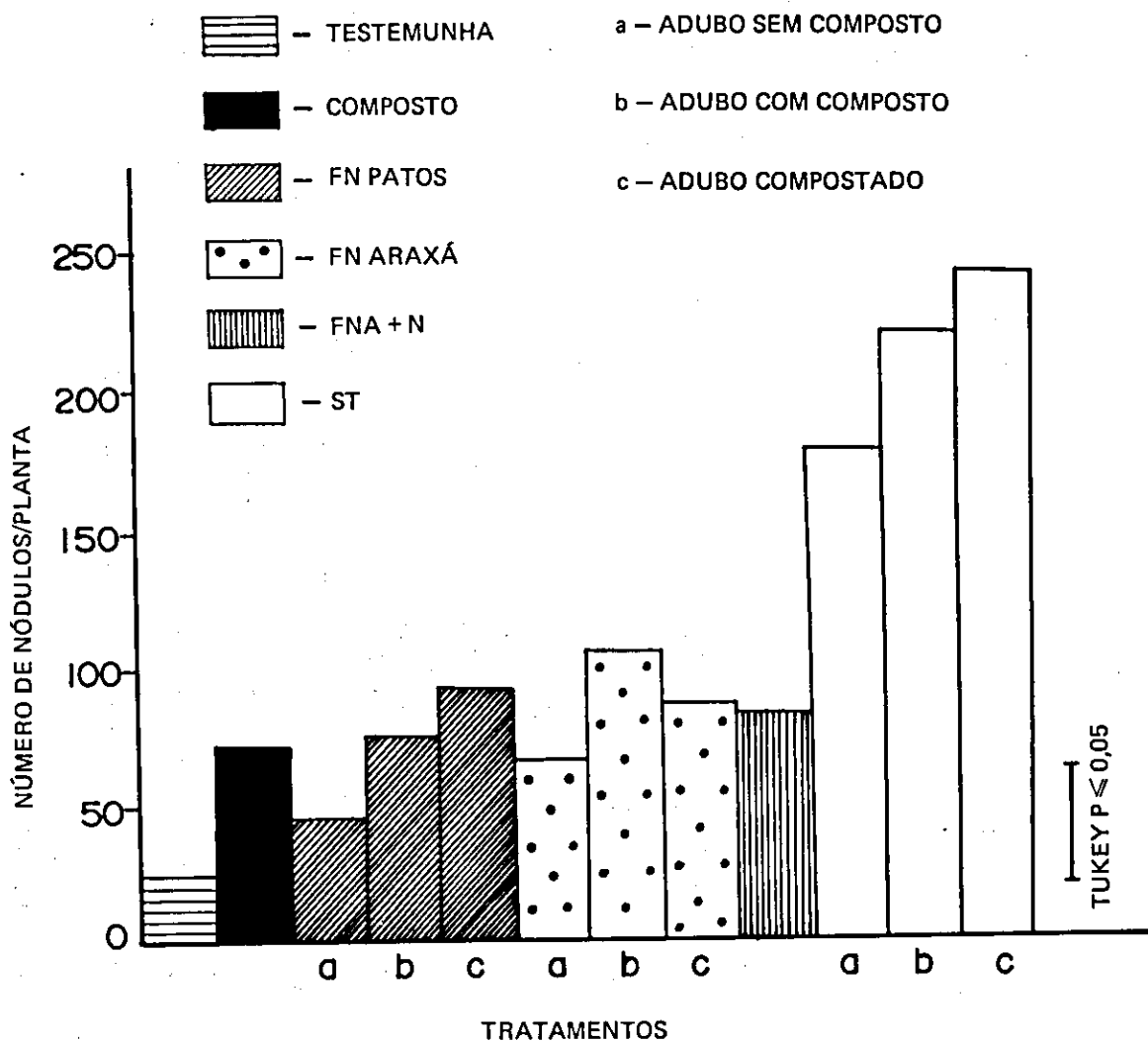


FIG. 6. Efeito do composto de lixo e fontes de fósforo no número de nódulos do feijoeiro. Cada coluna sobrepõe os valores obtidos nos três níveis de pH.

tada nos parâmetros estudados, como pode ser verificado no pH 4,8, pois quando se aplicou ST houve uma resposta significativa em relação à testemunha (solo), que foi maximizada com a adição do composto. Entretanto, esta cultivar teve uma baixa eficiência na utilização do P em relação ao sorgo forrageiro, que produziu o dobro de massa seca com a mesma quantidade de P na planta (Peixoto 1984). O estado nutricional desta cultivar de feijão, avaliado em relação ao teor de fósforo na planta (raiz + parte aérea + nódulo), foi normal

(Lawton & Davis 1956) nos tratamentos com superfosfato com ou sem composto ($\pm 0,25\%$ P), enquanto todos os outros tratamentos estavam com níveis baixos (0,20% P), e a testemunha, com 0,17% de P, apresentou os mais sérios sintomas de deficiência. Os sintomas de deficiência de fósforo foram semelhantes aos descritos pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (1978), a saber: as folhas superiores pequenas, de cor verde-escuro; as inferiores, amareladas e necróticas antes de caírem; e atraso na floração.

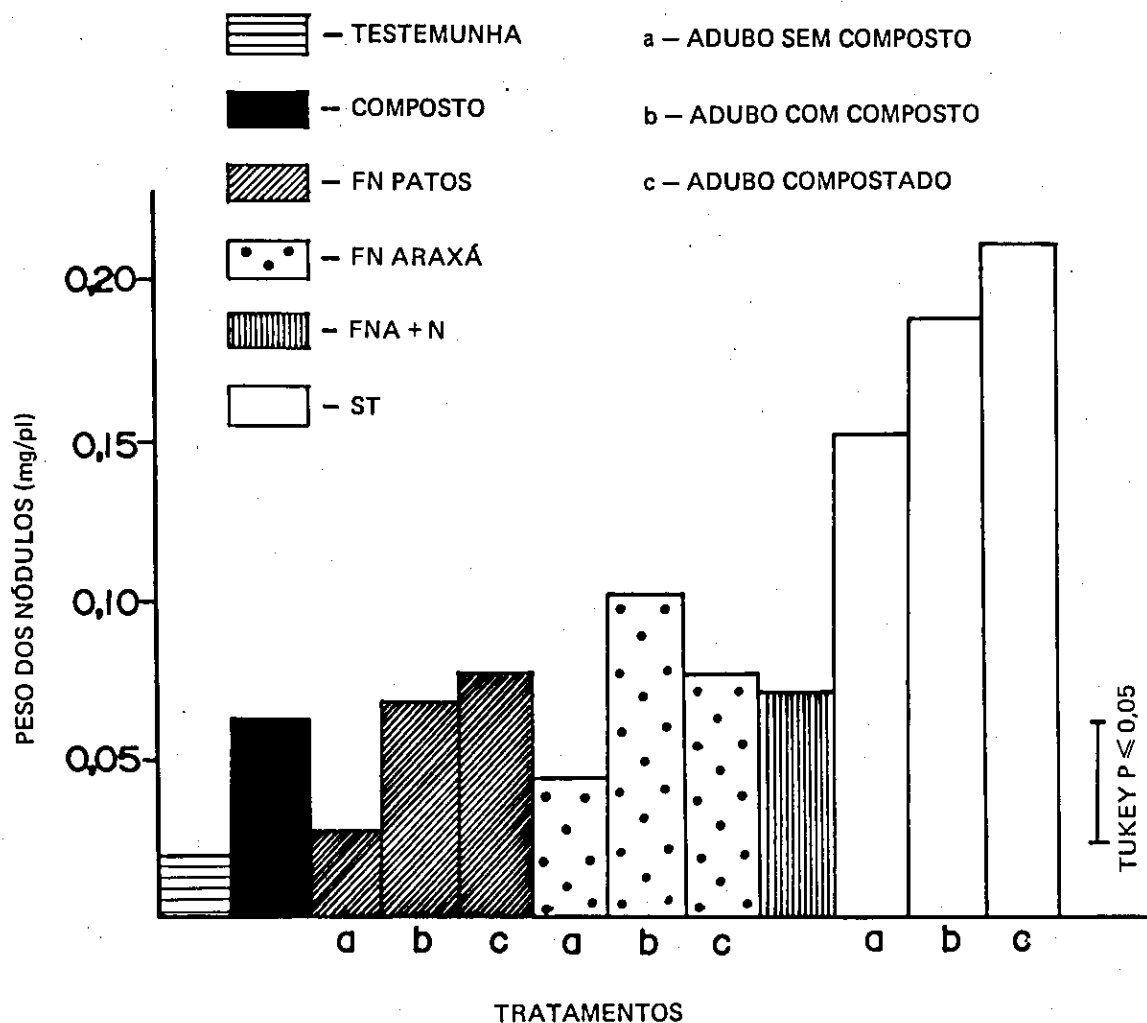


FIG. 7. Efeito do composto de lixo e fontes de fósforo no peso dos nódulos do feijoeiro. Cada coluna sobrepõe os valores obtidos nos três níveis de pH.

As raízes do feijoeiro em todos os tratamentos apresentaram de 40% a 60% de infecção com micorriza vesicular arbuscular, e não houve diferenças entre tratamentos (Fig. 8).

O índice de eficiência agrônômica (IEA), calculado com a média dos três valores de pH (Tabela 3) para comparar as fontes de fósforo, quando se considerou o P total retirado pelo feijão, mostra que os fosfatos naturais tiveram uma eficiência de 13% (FN Patos) e 26% (FN Araxá) em relação ao superfosfato triplo, enquanto o composto puro

teve uma eficiência de 36%. Quando adicionou FN Patos com composto, ocorreu maior eficiência proporcionada pelo composto, em si, e no FN Patos com composto também houve um aumento da eficiência, embora com menor intensidade, ambos os casos em relação aos FN puros e ao composto. A adição de superfosfato com composto teve um aumento na eficiência devido ao efeito do composto, em si, embora com superfosfato compostado houvesse um aumento da eficiência do adubo e do composto somados. Esta baixa eficiência dos fosfatos na

TABELA 3. Avaliação da eficiência das fontes de fósforo através do índice de eficiência agrônômica (IEA), no cultivo do feijão (valores médios obtidos dos três índices de pH).

Tratamento	IEA*	
Composto	36	
Fosfato natural de Patos	a	13
	b	39
	c	40
Fosfato natural de Araxá	a	26
	b	50
	c	45
Superfosfato triplo	a	100
	b	142
	c	157

a Adubo sem composto.

b Adubo mais composto.

c Adubo compostado

* IEA = $\frac{\text{Retirado fonte (x)} - \text{P testemunha} \times 100}{\text{Retirado ST sem composto} - \text{P testemunha}}$

turais está de acordo com Freire et al. (1983) e Oliveira et al. (1984).

A comparação dos tratamentos que receberam composto com os que não o receberam mostrou um efeito favorável de sua aplicação, em si, nos parâmetros estudados, embora esse efeito tenha sido mais pronunciado na presença de ST. Entre outros motivos, esses resultados podem ser explicados pelo fato de o composto servir como fonte de P (Mazur et al. 1983a), que é observado nas maiores respostas ao composto no pH 6,1 (mineralização do P). Assim, o P poderia estar numa forma inorgânica, orgânica, e imobilizada pelos microrganismos (MOS) presentes nesse composto, ficando disponível com a mineralização (Chauhan et al. 1979, 1981), onde a atividade microbiana seria favorecida pela calagem (Dick 1983).

A maior eficiência agrônômica do superfosfato compostado (Tabela 3) e principalmente os dados de fósforo total da planta no pH 4,8 — onde a presença do composto da compostagem do lixo com superfosfato apresentou valores mais altos (Fig. 2) — indicam que o composto deu certa proteção contra propriedades adsorptivas dos colóides

do solo (Parfitt et al. 1975, Rajan & Fox 1975, Munns & Fox 1976) ou imobilização temporária do fósforo que aumentou a disponibilidade deste elemento para a planta (Chauhan et al. 1981, Hedley et al. 1982). Este resultado é muito importante para o manejo de adubos orgânicos em solos ácidos, Hedley et al. (1982) também observaram que a adição de matéria orgânica (adubo orgânico) com fertilizante fosfatado em um solo pobre em P proporcionou um aumento no teor de P orgânico, que funcionava como reserva de P para as plantas.

A aplicação de composto no pH 4,8 teve efeito semelhante ao da calagem para pH 5,3 no peso total da planta (Fig. 1), nos tratamentos em geral. Isto, possivelmente, devido à complexação do alumínio trocável (Pionke & Corey 1967, Silva Rodriguez & Schaeffer 1971, Cabrera & Talibudeen 1977, Mazur et al. 1983b), assim como pelo fornecimento de cálcio, já que — como o composto tem aproximadamente 5% de Ca — a aplicação de 10 t/ha de composto proporcionaria a adição de 500 kg de Ca, quantidade esta que se aproxima de calcário aplicado para atingir o pH 5,3. Hargrove & Thomas (1982) mostraram a forte dependência da adsorção do alumínio pela matéria orgânica em relação ao pH através de constantes de formação condicional, que são muito úteis na previsão de extensão da reação desse metal com a matéria orgânica.

Os tratamentos que receberam ST, onde se observou a melhor nodulação, o pH 4,8 prejudicou a nodulação (Fig. 3) mas não o desenvolvimento dos nódulos (Fig. 4), o que está de acordo com os resultados obtidos por Franco & Munns (1982) em cultura em solução com feijão.

Araújo et al. (1982) obtiveram aumentos no peso de nódulos, em feijão, com a aplicação de 15 t/ha de esterco de curral. Tan & Tantiwiranond (1983) encontraram uma correlação positiva entre aumentos na produção de matéria seca nas plantas, raízes e nódulos, com as concentrações de 100 ppm a 400 ppm de ácidos fúlvicos e ácidos húmicos. Poucos nódulos foram produzidos pelas plantas que receberam tratamentos de ácidos fúlvicos e ácidos húmicos em relação ao controle, mas a massa dos nódulos foi maior com os tratamentos de

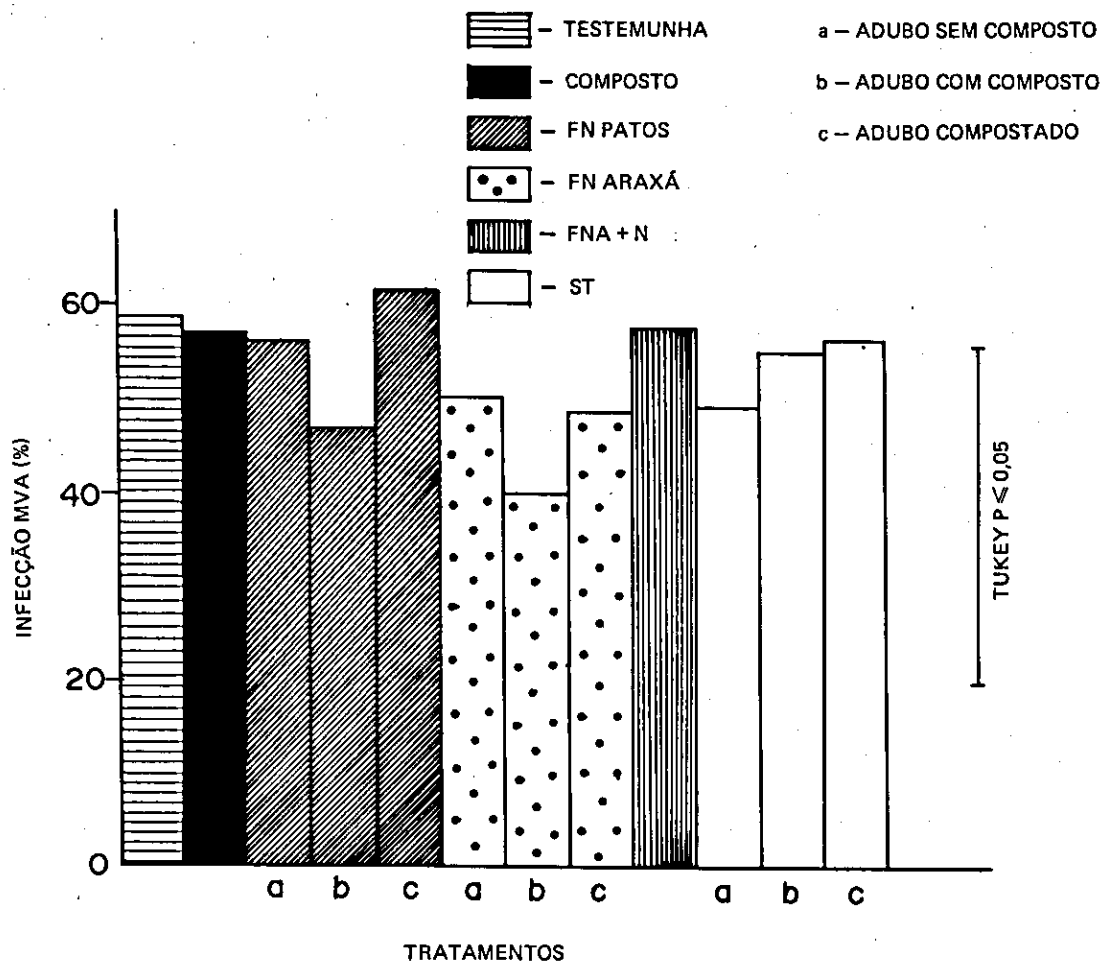


FIG. 8. Efeito do composto de lixo e fontes de fósforo na percentagem de infecção de micorriza vesicular arbuscular no feijoeiro. Cada coluna sobrepõe os valores obtidos nos três níveis de pH.

ácidos fúlvicos e húmicos.

A aplicação de 50 kg/ha de N na ocasião da semeadura não afetou a nodulação, pois o solo estava com nível muito baixo de N em virtude da extração feita pela cultura do milho. Dessa forma, o N aplicado assegurou o desenvolvimento da planta até o início de fixação de N. Franco & Döbereiner (1968) propuseram que as diferenças fisiológicas entre variedades de feijão, relacionadas com a nutrição de Ca e N, podem ser as causadoras das diferenças hereditárias na nodulação. Santa Cecília & Prado (1977) encontraram que a resposta na nodulação a diferentes doses de N variou de acordo com a cultivar de feijão utilizada, isto é, dose

pequena de N favoreceu algumas cultivares, ao passo que a presença de N prejudicou a nodulação em outras. Guss & Döbereiner (1972) observaram que a aplicação de 40 kg/ha de N no plantio e 20 dias após aumentou o número e o peso de nódulos na floração.

Quanto ao N total acumulado na parte aérea, outros autores também obtiveram um aumento quando da adição de esterco (Araújo et al. 1982) ou de composto de lixo urbano e calcário (Mazur et al. 1983b).

CONCLUSÕES

1. A adição de fosfatos naturais de Patos de

Minas ou Araxá, com composto ou compostado com lixo, não aumentou a absorção de fósforo destas fontes pelo feijoeiro.

2. Os fosfatos naturais foram ineficientes em fornecer fósforo para o feijoeiro, em relação ao superfosfato triplo.

3. Houve efeito favorável do composto na nodulação, desenvolvimento, nitrogênio e fósforo totais das plantas, assim como efeito amenizador da acidez do solo.

4. O menor valor de pH prejudicou o início da nodulação, mas não o desenvolvimento dos nódulos.

5. No pH 4,8, a aplicação do superfosfato triplo que foi compostado com o lixo aumentou a absorção do fósforo pelo feijoeiro em relação à aplicação do superfosfato com composto e demais tratamentos.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Pesquisa Aplicada e à Usina de Reciclagem Engenheiro Luiz Eduardo Bahia, ambos pertencentes à Companhia de Limpeza Urbana da cidade do Rio de Janeiro (COMLURB), pelo fornecimento de material bibliográfico e do lixo urbano, e ao CNPq, pelo fornecimento da bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J.C. & PONCHIO, C.O. Conteúdo de carbonato ligado em fosfatos naturais brasileiros. R. bras. Ci. Solo, 7:341-3, 1983.
- ALMEIDA, D.L. de & VELLOSO, A.C.X. Fixação de fósforo em solos do Estado do Rio de Janeiro. Pesq. agropec. bras., 17(7):1023-9, 1982.
- ANDREW, C.S. & KAMPRATH, E.J. Mineral nutrition of legumes in tropical and sub-tropical soils. Melbourne, CSIRO, 1978.
- ARAÚJO, R.S.; MACHADO, N.F.; PESSANHA, G.G.; ALMEIDA, D.L. de; DUQUE, F.D. Efeitos da adubação fosfatada, do esterco de curral e da inoculação na nodulação, fixação de nitrogênio atmosférico e rendimento do feijoeiro. R. bras. Ci. Solo, 2:105-12, 1982.
- BECK, D.P. & MUNNS, D.N. Phosphate nutrition of *Rhizobium* spp. Appl. Environ. Microbiol., 47: 1278-82, 1984.
- BREMNER, J.M. Inorganic forms of nitrogen. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E.; CLARK, F.E., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.1149-78.
- CABRERA, F. & TALIBUDEEN, O. Effect of soil pH and organic matter on labile aluminium in soils under permanent grass. J. Soil Sci., 28:259-70, 1977.
- CASSMAN, K.G.; MUNNS, D.N.; BECK, D.P. Growth of *Rhizobium* strains at low concentrations of phosphate. Soil Sci. Soc. Am. J., 45:520-3, 1981.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, Cali, Colômbia. Problemas de campo em los cultivos de frijol em América Latina. Cali, 1978. p.120. (GS, 19)
- CHAUHAM, B.S.; STEWART, J.W.B.; PAUL, E.A. Effect of carbon additions on soil labile, organic and microbially held phosphate. Can. J. Soil. Sci., 59: 387-96, 1979.
- CHAUHAM, B.S.; STEWART, J.W.B.; PAUL, E.A. Effect of labile inorganic phosphate status organic carbon additions on the microbial uptake of phosphorus in soil. Can. J. Soil Sci., 61:373-85; 1981.
- CHU, C.R.; MOSCHLER, W.W.; THOMAS, G.W. Rock phosphate transformations in acid soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 62:476-8, 1962.
- COMPANHIA DE LIMPEZA URBANA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, RJ. Estudo do composto produzido nas usinas de Bangu e Irajá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 9., Belo Horizonte, 1977. Viabilidade do manejo conjunto de lixo triturado e lodos de esgoto, para a produção de composto e disposição em aterro sanitário. s.l., s.d.
- DAFT, M.J. & NICOLSON, T.H. Effect of *Endogone* mycorrhiza on plant growth. New Phytol., 65: 343-50, 1966.
- DICK, W.A. Organic carbon, nitrogen, and phosphorus concentrations and pH in soils profiles as affected by tillage intensity. Soil Sci. Soc. Am.-J., 47:102-7, 1983.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROCUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro, 1979.
- FRANCO, A.A. Nutritional restraints for tropical grain legume symbiosis. In: VINCENT, J.M.; WHITNEY, A.S.; BOX, J., ed. Exploiting the legume *Rhizobium* symbiosis in tropical agriculture; proceedings of a workshop held at Kahului, Maui, Hawaii. s.l., University of Hawaii, 1977. p.237-52.
- FRANCO, A.A. & DAY, J.M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brazil. Turrialba, 30:99-105, 1980.
- FRANCO, A.A. & DOBEREINER, J. Especificidade hospedeira na simbiose com *Rhizobium* - feijão e influência de diferentes nutrientes. Pesq. agropec. bras., Sér. Agron., 2:467-79, 1967.

- FRANCO, A.A. & DÖBEREINER, J. Interferência do cálcio e nitrogênio na fixação simbiótica do nitrogênio por duas variedades de *Phaseolus vulgaris* L. *Pesq. agropec. bras. Sér. Agron.*, 3:223-7, 1968.
- FRANCO, A.A. & MUNNS, D.N. Nodulations and growth of *Phaseolus vulgaris* L. in solution culture. *Plant Soil*, 66:149-60, 1982.
- FRANCO, A.A. & MUNNS, D.N. Response of *Phaseolus vulgaris* L. to molybdenum under acid conditions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:1144-8, 1981.
- FRED, E.B. & WAKSMAN, S.A. *Laboratory manual of general microbiology*. New York, McGraw-Hill, 1928.
- FREIRE, F.M.; BRAGA, J.M.; MARTINS FILHO, C.A.S. Valor fertilizante de fosfatos solúveis, Araxá e parcialmente acidulado. *R. bras. Ci. Solo*, 7:65-8, 1983.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infections in roots. *New Phytol.*, 84:489-500, 1980.
- GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Avaliação agrônômica de fosfatos em solo de Cerrado. *R. bras. Ci. Solo*, 8:97-102, 1984.
- GRAHAM, P.H. & ROSAS, J.C. Phosphorus fertilization and symbiotic nitrogen fixation in common bean. *Agron. J.*, 71:925-6, 1979.
- GUSS, A. & DÖBEREINER, J. Efeito da adubação nitrogenada e da temperatura do solo na fixação do nitrogênio em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Pesq. agropec. bras. Sér. Agron.*, 7:87-92, 1972.
- HARGROVE, W.L. & THOMAS, G.W. Conditional formation constants for aluminium - organic matter complexes. *Can. J. Soil Sci.*, 62:571-5, 1982.
- HEDLEY, M.J.; STEWART, J.W.B.; CHAUHAN, B.S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:970-6, 1982.
- HISLOP, J. & COOKE, I.J. Anion exchange resin as a means of assessing soil phosphate status; a laboratory technique. *Soil Sci.*, 105:8-11, 1968.
- IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: ADUBAÇÃO verde no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, 1984. p.232-67.
- JACKSON, M.L. *Análisis químico de suelos*. Barcelona, Omega, 1964. 662p.
- JUNQUEIRA NETO, A. Ensaio exploratório sobre o efeito do alumínio tóxico em variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em solo sob vegetação de cerrado. In: REUNIÃO NACIONAL SOBRE FEIJÃO (RENAFE), 1., Goiânia, 1982. *Anais. Goiânia, EMBRAPA*, 1982. p.192-3.
- KALEMBASA, S.J. & JENKINSON, D.S. A comparative study of titrimetric and gravimetric methods for the determination of organic carbon in soil. *J. Sci. Food Agric.*, 24:1085-90, 1973.
- KORMANIK, P.P. & MCGRAW, A.C. Quantification of vesicular arbuscular mycorrhizal in plant roots. In: SCHENCK, N.C., ed. *Methods and principles of mycorrhizal research*. St. Paul, American Phytopathological Society, 1982. p.37-46.
- LAWTON, K. & DAVIS, J.F. The effect of liming on the utilization of soil and fertilizer phosphorus by several crops grown on acid organic soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 20:522-6, 1956.
- LIAO, C.F.H. Devarda's alloy method for total nitrogen determination. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:852-5, 1981.
- LIMA, P. de A. Solubilização biológica de fosfatos naturais. Areia, UFPB, 1979. 93p. Tese Mestrado.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIM, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. *R. bras. Ci. Solo*, 7:1-19, 1983.
- MAZUR, N.; SANTOS, G. de A.; VELLOSO, A.C.X. Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido. *R. bras. Ci. Solo*, 7:153-6, 1983 a.
- MAZUR, N.; SANTOS, G. de A.; VELLOSO, A.C.X. Efeito do composto de resíduo urbano no pH e alumínio trocável em solo ácido. *R. bras. Ci. Solo*, 7:157-9, 1983 b.
- MOSSE, B. Advances in the study of vesicular arbuscular mycorrhiza. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 11:171-97, 1973.
- MUNNS, D.N. & FOX, R.L. Comparative lime requirements of tropical and temperate legumes. *Plant Soil*, 46:533-48, 1977.
- MUNNS, D.N. & FOX, R.L. The slow reaction which continues after phosphate adsorption; kinetics and equilibrium in some tropical soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40:46-51, 1976.
- MUNNS, D.N. & FRANCO, A.A. Soil constraints to legume production. In: GRAHAM, P.H. & HARRIS, S.C., ed. *BNF tecnologia for tropical agriculture*. Cali, CIAT, 1981. 168p.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 27:31-6, 1962.
- OLIVEIRA, E.L. de; MUZILLI, O.; IGUE, K.; TORNERO, M.T.T. Avaliação da eficiência agrônômica de fosfatos naturais. *R. bras. Ci. Solo*, 8:63-7, 1984.
- OLIVEIRA, I.P. de; AIDAR, H.; TUNG, M. Ensaio preliminar de avaliação da necessidade do feijoeiro ao fósforo em solos de cerrado. In: REUNIÃO NACIONAL SOBRE FEIJÃO (RENAFE), 1., Goiânia, 1982. *Anais. Goiânia, EMBRAPA*, 1982. p.206-7.
- OLIVEIRA, I.P. de & MALAVOLTA, E. Uso de ³²P nos testes de sensibilidade do feijoeiro ao alumínio. *Pesq. agropec. bras.*, 18(2):91-104, 1983.
- PARFITT, R.L.; ATKINSON, R.J.; SMART, R.St.C. The mechanism of phosphate fixation by iron oxides. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 39:837-41, 1975.
- PEIXOTO, R.T. dos G. Solubilização de fosfato natural durante a compostagem de lixo urbano e sua utiliza-

- ção por feijão e sorgo forrageiro. Rio de Janeiro, UFRRJ, 1984. 235p. Tese Mestrado.
- PIONKE, H.B. & COREY, R.B. Relations between acidic aluminum and soil pH, clay and organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 31:749-52, 1967.
- RAIJ, B. van; CABALA, R. P.; LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil; apreciação geral, conclusões e recomendações. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Brasília, DF. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília, EMBRAPA, 1982. p.9-28.
- RAJAN, S.S.S. & FOX, R.L. Phosphate adsorption by soils. II. Reactions in tropical acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 39:846-51, 1975.
- ROMÃO, M.M.S. & NEVES, M.C.P. Determinação colorimétrica do teor de carbono em resíduos orgânicos. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA, 1., São Carlos, 1982. Anais. São Carlos, USP/EESC, 1982. p.152.
- SANTA CECÍLIA, F.C. & PRADO, E. de C. Efeito de níveis de nitrogênio na nodulação de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ci. e Prát.*, 3: 17-21, 1977.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
- SIBBESSEN, E. A simple ion-exchange resin procedure for extracting plant-available elements from soil. *Plant Soil*, 46:665-9, 1977.
- SILVA, E.M.R. da; ALMEIDA, D.L. de; FRANCO, A.A.; DÖBEREINER, J. Adubação verde no aproveitamento de fosfato em solo ácido. *R. bras. Ci. Solo*, 9: 85-8, 1985.
- SILVA RODRIGUEZ, A. & SCHAEFFER, R. Interacción entre materia orgánica y aluminio en un suelo hidromórfico derivado de cenizas volcánicas (Ñadi, Sur de Chile). *Turrialba*, 21:149-56, 1971.
- SMYTH, T.J. & SANCHEZ, P.A. Phosphate rock dissolution and availability in Cerrado soils as affected by phosphorus sorption capacity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:339-45, 1982.
- TAN, K.H. & TANTIWIRAMANOND, D. Effect of humic acids on nodulation and dry matter production of soybean, peanut, and clover. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47:1121-4, 1983.
- TATE, K.R. The biological transformation of P in soil. *Plant Soil*, 76:245-56, 1984.
- TERMAN, G.L.; SOILEAN, J.M.; ALLEN, S.E. Municipal waste compost; effects on crop yields and nutrient content in greenhouse pot experimental. *J. Environ. Qual.*, 2:84-9, 1973.
- TINKER, P.B. & GILDON, A. Mycorrhizal fungi and ion uptake. In: ROBB, D.A. & PIERPOINT, W.S., ed. *Metals and micronutrients; uptake and utilization by plants*. s.l., s. ed., 1983. p.21-32.
- VOLSKWEISS, S.J. & RAIJ, B. van. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: FERRI, M.G., coord. *IV Simpósio sobre o Cerrado; bases para utilização agropecuária*. São Paulo, Itatiaia/Ed. da USP, 1977. p.317-32.