

DISPONIBILIDADE DE P, S, Ca E Mg, EM DOIS LATOSSOLOS, EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE APLICAÇÃO DE FOSFATO E DE CALCÁRIO MAIS GESSO¹

Carlos Raimundo Reis Mattos²

Victor Hugo Alvarez V.³

Francisco Morel Freire⁴

André Guarçoni M.³

1. INTRODUÇÃO

Grande parte dos solos brasileiros apresenta baixa fertilidade, caracterizada, dentre outros aspectos, pela acidez elevada, alta saturação de alumínio e baixa saturação de bases.

O aumento da produtividade agrícola no País, seja pela expansão da fronteira agrícola, seja pelo aumento da produtividade, necessita cada vez mais do uso de corretivos da acidez e de fertilizantes, principalmente dos fosfatados, visto que a maioria dos solos agricultáveis é pobre em P e apresenta média ou alta capacidade de retenção de fosfato.

¹ Parte da tese do primeiro autor para obtenção do título de M. S. em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal de Viçosa. Aceito para publicação em 05.06.1997.

² CNPMF – EMBRAPA, Cx. P. 007, 44380-000, Cruz das Almas, BA.

³ Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 Viçosa, MG. (Bolsista do CNPq).

⁴ EPAMIG – Sete Lagoas, 35715-000, Prudente de Moraes, MG.

fundamentalmente do equilíbrio e da dinâmica desse elemento no solo. Desse modo, sua utilização mais eficiente requer conhecimentos que, segundo GOEDERT e SOUZA (18), são, dentre outros:

- a) minimização do poder de fixação de P pelo solo, antes da aplicação de fósforo;
- b) determinação da melhor época e da mais adequada forma de aplicação de fósforo: e,
- c) maximização das interações positivas entre adubação fosfatada e outras práticas agrícolas.

Estudos acerca do período de incubação e da aplicação do fosfato em relação à calagem têm sido realizados visando aumentar a eficiência agrônômica dos adubos fosfatados.

Em relação ao tempo de incubação, DEFELIPO *et alii* (13) verificaram maior disponibilidade de fósforo no solo quando o fosfato de Araxá foi aplicado 90 dias antes do plantio. Entretanto, CHIEN (10) e BRAGANÇA (7), trabalhando com fosfatos naturais, verificaram o contrário, ou seja, um efeito negativo do tempo de contato do fosfato com o solo sobre a disponibilidade de P.

Outro aspecto que influencia a solubilização do fosfato natural é o pH do solo. O baixo pH do solo proporciona íons H^+ para acidulação do fosfato, aumentando a velocidade de solubilização. Desse modo, a calagem antecipada à aplicação de fosfatos naturais prejudica a solubilização da rocha (21, 24, 31). Contudo, as condições de acidez do solo que favorecem a solubilização dos fosfatos naturais podem, por outro lado, diminuir a disponibilidade de fósforo para as plantas em virtude da passagem de fósforo lábil para não-lábil. Tal fato foi comprovado por NOVELINO *et alii* (25), que observaram maior crescimento e maior absorção de fósforo do fosfato de Araxá, pelo sorgo, com a elevação do pH.

Assim como ocorre com os fosfatos naturais, também existem dúvidas quanto à época de aplicação de corretivo com os fosfatos solúveis. Segundo HAYNES (19), há conflitantes pontos de vista com relação ao efeito da calagem na disponibilidade de fósforo em solos altamente intemperizados e ácidos. Nesse aspecto, de acordo com SUMNER (32) a calagem pode aumentar, diminuir ou não influenciar a disponibilidade de fósforo em solos ácidos.

Embora o calcário seja o material corretivo mais utilizado na correção da acidez dos solos, trabalhos de pesquisa têm comprovado a ação favorável do gesso, principalmente em presença de calcário, na diminuição da saturação de alumínio em profundidade, pelo aumento de Ca trocável (29), além de ser eficiente fonte de S para as plantas.

Diante das dúvidas quanto ao emprego de fertilizantes fosfatados e corretivos da acidez no solo, com referência a tempo de incubação e combinação desses materiais (fertilizantes fosfatados com calcário e gesso), realizou-se este estudo, utilizando duas fontes de fósforo, solúvel e natural, e o calcário em mistura com gesso, como corretivo do solo e como fonte de enxofre, com o objetivo de avaliar as alterações nos teores de P e de S disponíveis e de Ca e de Mg trocáveis em dois latossolos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, inicialmente, em laboratório (fase de incubação), utilizando-se sacolas plásticas, e, posteriormente, em casa de vegetação (fase de cultivo), com o uso de vasos.

Foram utilizadas amostras superficiais de dois Latossolos Vermelho-Amarelos (LV1 e LV2) com pequena variação nos teores de argila, mas apresentando diferença expressiva nos valores de P remanescente (1) e na capacidade máxima de adsorção de fosfato (Quadro 1).

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos segundo o esquema fatorial 2^5 , sendo dois solos (LV1 e LV2) x duas fontes de fósforo (superfosfato triplo e fosfato de Araxá) x duas combinações de P e corretivo (calcário + gesso) x duas épocas de aplicação de P (80 e 40 dias antes do plantio) x duas épocas de aplicação do corretivo calcário + gesso (80 e 40 dias antes do plantio).

As duas combinações de P e corretivo estudadas foram $0,475 \times$ a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAF) com $0,84 \times$ a necessidade de calagem (NC) e $0,350 \times$ a CMAF com $1,14 \times$ a NC. A necessidade de calagem foi calculada com base na recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (11).

$NC = 2Al^{3+} + [2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$. A mistura corretiva foi composta, em peso, de $3/4$ de calcário dolomítico e $1/4$ de gesso.

As unidades experimentais ($2,2 \text{ dm}^3$ de solo), que receberam fósforo e corretivo, foram incubadas em sacolas plásticas, por 80 ou 40 dias, mantendo-se a umidade em torno de 80 % da capacidade de campo. Ao final desses períodos, na época do plantio do sorgo, de cada unidade experimental coletaram-se 200 cm^3 de solo para análises químicas.

Para avaliar os efeitos dos tratamentos, as amostras de solo foram analisadas conforme os seguintes procedimentos:

Ca e Mg trocáveis (extrator KCl 1mol/L) (15);

P disponível (extrator Bray-2) (33);

QUADRO 1 - Características físicas e químicas das amostras dos solos estudados⁽¹⁾

Características	Solos	
	LV1	LV2
pH em água (1:2,5)	4,80	4,30
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	2,40	1,20
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0,00	0,00
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0,10	0,10
K (mg/dm ³)	40,00	40,00
P (mg/dm ³)	2,00	5,00
S (mg/dm ³)	2,90	3,80
M.O. (dag/kg)	5,00	3,00
P remanescente (mg/L)	4,40	18,90
C.M.A.F. (mg/g) ⁽²⁾	1,59	1,02
EAF (mg/L) ⁻¹ (3)	0,78	0,23
Necessidade de calagem (t/ha)	6,70	4,30
Areia grossa (%)	7,00	23,00
Areia fina (%)	22,00	18,00
Silte (%)	10,00	6,00
Argila (%)	61,00	53,00
Classificação textural	Muito argilosa	Argilosa
Capacidade de campo (kg/kg)	0,43	0,35

(1) Laboratórios de Análises Físicas e Químicas de Solos da Universidade Federal de Viçosa;

(2) capacidade máxima de adsorção de fósforo (26) e (3) constante relacionada com a energia de adsorção de fósforo (26).

S disponível, pelo extrator Ca(H₂PO₄)₂.H₂O, 500 mg/L de P em HOAc 2 mol/L (20) na relação solo:solução 1:2,5, com agitação de 45 min e determinado por turbidimetria (9), com algumas modificações sugeridas por ALVAREZ V. (*)

Após o período de incubação, as amostras de solo das unidades experimentais (2,0 dm³) foram colocadas em vasos, que posteriormente receberam 30 sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). Efetuou-se o desbaste, no quinto dia após a emergência, mantendo-se 15

(*) ALVAREZ V., V.H. Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. Informação pessoal.

plantas por vaso.

A adubação básica foi feita, após o desbaste, em três aplicações, perfazendo um total de 90 mg/dm³ de N e 60 mg/dm³ de K no solo na forma de NH₄NO₃ e KNO₃, sendo os micronutrientes aplicados nas doses preconizadas por Waugh e Fitts (1966), modificadas por ALVAREZ V (2).

Efetuada a colheita, realizada 35 dias após o plantio, a parte aérea das plantas foi seca em estufa de ventilação forçada com temperatura de 75 °C, por 72 h, pesada e depois moída em moinho tipo Wiley. Uma fração do material moído foi submetida à digestão nitricoperclórica para determinação de P, S, Ca e Mg. O fósforo foi determinado pelo método da vitamina C modificado por BRAGA e DEFELIPO (6); o enxofre por turbidimetria (5), com algumas modificações sugeridas por ALVAREZ V. (*); e o Ca e o Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

Para a avaliação dos efeitos dos tratamentos foi utilizada a análise de variância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Teores de P e de S Disponíveis e de Ca e de Mg Trocáveis no solo

Os resultados das análises químicas das amostras dos solos coletadas na época do plantio (Quadro 2), submetidos à análise de variância (Quadro 3), revelaram maior recuperação de fósforo pelo extrator Bray-2 no solo LV1. É possível que esse fato seja devido às maiores doses de fósforo aplicadas neste solo, bem como ao seu elevado teor de matéria orgânica que, segundo BAHIA FILHO (3), promoveria menor exaustão do extrator químico pelo menor consumo de hidrogênio na protonação das superfícies de óxidos hidratados de ferro e alumínio. Da mesma maneira, os tratamentos que receberam maiores doses de fósforo apresentaram maiores teores de fósforo no solo. Observa-se, ainda, que, em média, os teores de fósforo recuperados dos solos onde foi adicionado o fosfato de Araxá foram próximos aos teores de fósforo dos solos com adição do superfosfato triplo, devendo-se, provavelmente, ao grau de acidez do extrator.

Com relação à época de aplicação dos fertilizantes fosfatados e do

(*) ALVAREZ V., V.H. Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. Informação pessoal.

corretivo no solo, a análise de variância (Quadro 3) indicou um comportamento diferencial do fósforo recuperado nos dois solos e para as duas doses de corretivo aplicado. Nesse aspecto, verificou-se que quando se utilizou a menor dose de corretivo, aplicada no solo LV1 80 dias antes do plantio, ocorreu aumento do teor de fósforo em relação à aplicação 40 dias antes do plantio, enquanto no solo LV2 a aplicação 40 dias antes do plantio promoveu aumento do teor de fósforo em relação a aplicação 80 dias antes do plantio (Quadro 2). Já para a maior dose de corretivo, observou-se diferença no teor de fósforo somente quando a fonte de fósforo utilizada foi o fosfato de Araxá. A melhor época de aplicação do corretivo ocorreu aos 80 dias do plantio no solo LV1 e aos 40 dias antes do plantio no solo LV2. Estas diferenças mesmo significativas foram de pequena magnitude.

Quanto à época de aplicação de fósforo, observou-se um comportamento diferente das fontes de fósforo nos dois solos. Desse modo, a melhor época para aplicação de superfosfato triplo no solo LV1 foi 80 dias antes do plantio e a do fosfato de Araxá 40 dias antes do plantio nos dois solos. Também, para a época de aplicação de fosfatos, as diferenças significativas são muito pequenas. É difícil explicar o melhor efeito da aplicação de 80 dias em relação à de 40 dias antes do plantio com adição de superfosfato triplo. Possivelmente, pelas altas doses utilizadas, já se tenha ultrapassado a fase de forte adsorção e fixação de fósforo.

Para enxofre disponível, recuperado do solo na época do plantio, foi observado influência da fonte de fósforo utilizado, bem como das doses de fósforo e de corretivo aplicadas no solo (Quadros 2 e 3). Nesse aspecto, verificou-se que a maior dose de fósforo, quando a fonte utilizada foi o superfosfato triplo, mesmo acompanhada da menor dose de corretivo, promoveu maior recuperação de enxofre. Resultados semelhantes foram obtidos por LEITE (23) em solo argiloso, quando foram aumentadas as doses de fósforo. Segundo CHAO (8), os íons fosfato atuam no deslocamento do sulfato adsorvido por causa de sua maior energia de adsorção. Com relação ao fosfato de Araxá, a análise de variância (Quadro 3) revelou que não houve diferença nos teores de enxofre recuperados nos dois solos com as doses de fósforo aplicadas. Isso deve-se, provavelmente, à grande capacidade de adsorção aniônica desses solos e à baixa disponibilidade de fósforo decorrente da baixa solubilização do fosfato de Araxá, mostrado pelo baixo conteúdo de fósforo na planta que, segundo RAIJ (30), é o melhor indicador da disponibilidade do nutriente no solo. Este comportamento do enxofre em presença de baixos teores de fósforo no solo também foi observado por ENSMINGER (16) e DIAS *et alii* (14).

Com relação aos teores de enxofre em função da época de aplicação dos adubos fosfatados e do corretivo, percebeu-se, com a aplicação do corretivo 80 dias antes do plantio, aumento dos teores de enxofre, exceto no LV2, quando foi utilizado o fosfato de Araxá, e no solo LV1, quando foi empregada essa mesma fonte de fósforo na combinação de uma menor dose de fósforo com maior dose do corretivo (Quadros 2 e 3). Quanto à época de aplicação de fósforo, observou-se aumento no teor de enxofre, com a aplicação do superfosfato triplo 40 dias antes do plantio, não havendo, porém, diferença quando a fonte de fósforo foi o fosfato de Araxá.

Verificou-se, ainda, que na combinação de maior dose de fósforo com menor dose de corretivo a aplicação de fósforo e corretivo na mesma época aumentou o teor de enxofre no solo LV2 com superfosfato triplo e no solo LV1 com fosfato de Araxá (Quadros 2 e 3). Já na combinação de menor dose de fósforo com maior dose de corretivo, a aplicação do superfosfato triplo e do corretivo em épocas diferentes aumentou o teor de enxofre, o que não foi observado em relação ao fosfato de Araxá. Esses efeitos podem ser explicados especialmente pela diferença na dose de fósforo adicionada, com maior dose, maior adsorção de fosfatos, especialmente quando usou-se fosfato solúvel, provocando maior disponibilidade de enxofre.

Os teores de cálcio recuperado dos dois solos cresceram com as doses de corretivo e de fósforo utilizadas (Quadros 2 e 3). No caso do fósforo, essa tendência deve ter ocorrido em razão da presença do cálcio no fertilizante fosfatado que, ao ser aplicado em maiores doses, estaria liberando mais cálcio em solução. Quanto à época de aplicação das fontes de fósforo e do corretivo no solo, para a maior dose de corretivo, verificou-se que a melhor época de aplicação deste foi 80 dias antes do plantio, tendo o superfosfato triplo como fonte de fósforo. Ainda em relação à época de aplicação destes insumos observou-se que o fósforo aplicado no solo 80 dias antes do plantio promoveu um pequeno aumento no teor de cálcio. Todavia não houve diferença no solo LV2, quando foi utilizado o superfosfato triplo, e no solo LV1, quando foi utilizado o fosfato de Araxá na mesma dose de fósforo.

Com relação ao magnésio, verificou-se que de modo geral as maiores doses de corretivo foram responsáveis pelo aumento dos teores deste elemento no solo (Quadros 2 e 3). Considerando a época de aplicação deste insumo, observou-se que a maior dose, aplicada aos 80 dias antes do plantio, tendo como fonte de fósforo o superfosfato triplo, promoveu pequeno aumento no teor de magnésio do solo. Quando se usou o fosfato de Araxá, esse pequeno aumento de teor se fez notar apenas no

QUADRO 2 - Teores de fósforo e de enxofre disponíveis (1) e, de cálcio e de magnésio trocáveis (2) na época do plantio em função das doses de fósforo nas formas de superfosfato triplo e fosfato de Araxá e de níveis de corretivo aplicadas 80 e 40 dias antes do plantio nos dois solos estudados (LV1 e LV2)

Época de aplicação ⁽³⁾ P CG ⁽⁴⁾	Doses de fósforo corretivos		LV1					LV2				
	P	S	P	S	Ca ²⁺	Mg ²⁺	pH	P	S	Ca ²⁺	Mg ²⁺	pH
CMAF	NC ⁽⁵⁾	---	mg/dm ³	---	cmol/dm ³	----	mg/dm ³	-----	mg/dm ³	-----	cmol/dm ³	----
40-40	0,475 ⁽⁶⁾	0,84	187,92	29,15	4,01	1,83	5,28	128,15	26,05	2,96	1,24	5,42
40-40	0,350 ⁽⁷⁾	1,14	124,00	21,02	4,09	2,12	5,37	82,15	17,90	3,07	1,49	5,59
80-40	0,475	0,84	191,02	25,35	4,15	1,89	5,21	122,85	21,72	2,81	1,25	5,42
80-40	0,350	1,14	139,12	21,22	4,39	2,33	5,48	80,77	16,55	2,93	1,49	5,63
40-80	0,475	0,84	194,60	30,07	4,01	1,87	5,23	120,70	24,22	2,84	1,19	5,34
40-80	0,350	1,14	132,00	28,22	4,41	2,23	5,53	85,87	19,47	3,12	1,55	5,62
80-80	0,475	0,84	196,67	26,22	4,10	1,79	5,22	119,65	25,02	2,84	1,19	5,34
80-80	0,350	1,14	133,52	22,55	4,28	2,29	5,51	82,72	16,32	3,12	1,60	5,65

Superfosfato triplo

Continua...

QUADRO 2 - Continuação

Época de aplicação ⁽³⁾ P CG ⁽⁴⁾	Doses de fósforo	Doses de corretivos	LV1					LV2				
			P	S	Ca ²⁺	Mg ²⁺	pH	P	S	Ca ²⁺	Mg ²⁺	pH
CMAF NC ⁽⁵⁾			mg/dm ³	mg/dm ³	cmol/dm ³	cmol/dm ³	-----	mg/dm ³	mg/dm ³	-----	cmol/dm ³	-----
					Fosfato de Araxá							
40-40	0,475	0,84	179,15	3,70	2,45	1,63	5,29	141,00	4,27	1,82	1,17	5,32
40-40	0,350	1,14	122,65	3,55	2,96	2,04	5,52	102,57	4,35	2,15	1,47	5,70
80-40	0,475	0,84	165,25	3,30	2,84	1,64	5,19	135,90	4,62	2,04	1,17	5,30
80-40	0,350	1,14	115,35	3,20	3,18	1,99	5,46	96,60	4,22	2,51	1,51	5,61
40-80	0,475	0,84	180,00	2,80	2,43	1,68	5,25	134,42	3,97	1,87	1,16	5,21
40-80	0,350	1,14	129,50	3,15	3,18	2,10	5,39	96,87	4,22	2,34	1,48	5,47
80-80	0,475	0,84	173,20	3,25	2,45	1,64	5,12	136,00	4,30	1,95	1,16	5,13
80-80	0,350	1,14	127,17	3,40	3,07	2,07	5,56	93,20	4,17	2,40	1,54	5,47

(1) Bray-2 para P e Ca(H₂PO₄)₂ em HOAC para S; (2) KCl 1 mol/L; (3) Dias antes do plantio; (4) CG = Corretivo composto da mistura de calcário e gesso; (5) Necessidade de calagem; (6) 0,475 da CMAF (capacidade máxima de adsorção de fósforo) corresponde às doses de 755,25 e 484,5 mg/dm³ de P para os solos LV1 e LV2, respectivamente e, (7) 0,350 da CMAF corresponde às doses de 556,5 e 357,0 mg/dm³ de P para os solos LV1 e LV2, respectivamente.

solo LV1. A época de aplicação de fósforo também afetou o teor de magnésio do solo. A menor dose de fósforo, aplicada 80 dias antes do plantio nos solos LV1 e LV2, tendo como fontes de fósforo o superfosfato triplo e o fosfato de Araxá respectivamente, promoveu um pequeno aumento no teor de magnésio.

Embora as diferenças indicadas para os teores de cálcio e de magnésio trocáveis tenham sido significativas (Quadro 3), verifica-se no Quadro 2 que foram muito pequenas e, portanto, pouco expressivas.

3.2. Produção de Matéria Seca e Conteúdo de P, S, Ca e Mg na Planta

As maiores produções de matéria seca foram obtidas quando foi empregado o superfosfato triplo (Quadros 4 e 5). Essa diferença entre as fontes de fósforo está relacionada com o tempo de incubação, que não foi suficiente para promover a solubilização de fosfato de Araxá, por sua natural baixa reatividade, a qual foi intensificada pela correção da acidez do solo, que aumentou a disponibilidade de Ca e, conseqüentemente, a sua concentração em solução, reduzindo ainda mais a solubilização do fosfato de Araxá. Em relação ao tempo de incubação, segundo PHILLIPS e WEBB (27) e BARROS *et alii* (4), é necessário maior tempo de contato com o solo para aumentar a eficiência do fosfato natural como fonte de fósforo. Esse fato foi comprovado por YOST *et alii* (34) e GOEDERT e LOBATO (17). Quanto à época de aplicação de fósforo e corretivo não foi observado efeito significativo na produção de matéria seca (Quadro 5). Exceção é feita à aplicação da maior dose de corretivo aos 40 dias antes do plantio, no solo LV2, utilizando-se o fosfato de Araxá, que proporcionou pequeno aumento na produção de matéria seca.

No Quadro 4, verifica-se que, dentre as duas combinações de fósforo e corretivo testadas, a combinação 0,475 CMAF - 0,84 NC foi responsável pelo maior conteúdo de fósforo nas plantas, quando foi utilizado o superfosfato triplo. Quanto ao efeito de época de aplicação de fósforo, só houve diferença no solo LV1, quando a maior dose de fósforo, na forma de superfosfato triplo, foi aplicada 40 dias antes do plantio, aumentando o conteúdo de fósforo na planta (Quadro 5).

O enxofre acumulado na parte aérea do sorgo, de modo geral, apresentou comportamento semelhante ao do fósforo (Quadros 4 e 5). Observou-se que as maiores doses de fósforo, quando foi utilizado o superfosfato triplo, provocaram maior acúmulo de enxofre na planta. Isso se deve à maior disponibilidade de enxofre no solo, decorrente, provavelmente, do maior deslocamento do sulfato pelo fosfato. Fato

QUADRO 3 - Análise de variância dos teores de fósforo e de enxofre disponíveis (mg/dm^3) e, de cálcio e de magnésio trocáveis ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) para as doses de fósforo nas formas de superfosfato triplo e fosfato de Araxá e de doses de corretivos aplicados 80 e 40 dias antes do plantio nos dois solos estudados (LV1 e LV2)

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		P	S	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Blocos	3	27,48**	0,42*	0,10*	0,04*
Solos	1	70.729,06**	36,60**	28,36**	12,270**
Fontes d/LV1	1	1.354,62**	6.770,09**	35,01**	0,708**
Fontes d/LV2	1	3.719,45**	3.864,29**	12,34**	0,068**
0,475 CMAF ⁽¹⁾ - 0,84 NC ⁽²⁾ vs 0,350 CMAF - 1,14 NC d/ST d/LV1	1	29.179,24**	157,97**	0,42**	1,284**
Ep Cal ⁽³⁾ /d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/ST d/LV1	1	151,90**	3,24**	0,002	0,004**
Ep P ⁽⁴⁾ / d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/ST d/LV1	1	26,78**	58,52**	0,05**	0,001
Ep Cal x Ep P d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/ST d/LV1	1	1,05	0,003	0,002	0,018**
Ep Cal d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/ST d/LV1	1	5,76	72,68**	0,05**	0,007**
Ep P d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/ST d/LV1	1	277,22**	29,98**	0,03*	0,070**
Ep Cal x Ep P d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/ST d/LV1	1	184,96**	34,52**	0,18**	0,020**
0,475 CMAF - 0,84 NC vs 0,350 CMAF - 1,14 NC d/FA d/LV1	1	20.589,29**	0,03	2,46**	1,312**
Ep Cal d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/FA d/LV1	1	77,44**	0,90*	0,17**	0,002
Ep P d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/FA d/LV1	1	428,49**	0,003	0,17**	0,0003
Ep Cal x Ep P d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/FA d/LV1	1	50,41**	0,72*	0,13**	0,002
Ep Cal d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/FA d/LV1	1	348,75**	0,04	0,01	0,020**
Ep P d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/FA d/LV1	1	92,64**	0,01	0,01	0,006*

Continua...

Quadro 3 - Continuação

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		P	S	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
Ep Cal x Ep P d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/FA d/LV1	1	24,75**	0,36	0,11**	0,0003	
0,475 CMAF - 0,84 NC vs 0,350 CMAF - 1,14 NC d/ST d/LV2	1	12.771,98**	358,45**	0,32**	0,800**	
Ep Cal d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/ST d/LV2	1	113,42**	2,18**	0,004	0,012**	
Ep P d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/ST d/LV2	1	40,32**	12,43**	0,01	0,0002	
Ep Cal x Ep P d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/ST d/LV2	1	18,06**	26,27**	0,01	0,0002	
Ep Cal d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/ST d/LV2	1	32,02**	1,82**	0,03*	0,027**	
Ep P d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/ST d/LV2	1	20,47**	10,25**	0,01	0,002	
Ep Cal x Ep P d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/ST d/LV2	1	3,15	3,24**	0,01	0,002	
0,475 CMAF - 0,84 NC vs 0,350 CMAF - 1,14 NC d/FA d/LV2	1	12.493,84**	0,02	1,49**	0,891**	
Ep Cal d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/FA d/LV2	1	41,93**	0,39	0,001	0,001	
Ep P d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/FA d/LV2	1	12,43*	0,46	0,09**	0,000	
Ep Cal x Ep P d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/FA d/LV2	1	44,55**	0,0006	0,02	0,000	
Ep Cal d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/FA d/LV2	1	82,81**	0,03	0,007	0,001	
Ep P d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/FA d/LV2	1	93,12**	0,03	0,17**	0,009**	
Ep Cal x Ep P d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/FA d/LV2	1	5,29	0,006	0,09**	0,0006	
Resíduo	93	3,09	0,12	0,006	0,001	
C.V. (%)		1,83	3,45	2,32	2,96	

* e ** Significativos a 5 e 1 % de probabilidade.

(1)CMAF: Capacidade máxima de adsorção de fósforo; (2) NC: necessidade de calagem; (3) Ep Cal: época de aplicação de corretivo e, (4) Ep P: época de aplicação de fósforo.

semelhante foi observado por KUMAR e SINGH (22), CRAVO (12) e PIERRE *et alii* (28).

Quanto ao cálcio, verificou-se que os maiores conteúdos foram obtidos quando se aplicou o superfosfato triplo (Quadros 4 e 5). Esse maior conteúdo pode ser devido à maior solubilidade de superfosfato triplo em relação ao fosfato de Araxá. Em se tratando de época de aplicação do fósforo e do corretivo, somente foi verificado efeito deste último na maior dose aplicada 40 dias antes do plantio no solo LV1, utilizando-se o superfosfato triplo. O mesmo foi observado em relação à aplicação da maior dose de fósforo nesse solo, tendo também o superfosfato triplo como fonte de fósforo.

Com relação ao magnésio, verificou-se aumento do seu conteúdo na planta quando foram aplicadas no solo LV2, a menor dose de corretivo, utilizando-se o superfosfato triplo, e a maior dose de corretivo, usando-se o fosfato de Araxá (Quadros 4 e 5). No entanto, não houve diferença em relação à época de aplicação de fósforo, exceto no solo LV1, onde a maior dose de fósforo, na forma de superfosfato triplo, aplicada 40 dias antes do plantio, promoveu maior conteúdo de magnésio na planta.

4. CONCLUSÕES

- 1) As variações ocorridas na disponibilidade de P, S, Ca e Mg nos solos relacionados com a época de aplicação das fontes de fósforo e corretivo foram pouco expressivas;
- 2) Quando foi utilizado o fosfato de Araxá como fonte de fósforo, o enxofre foi preferencialmente adsorvido às partículas do solo, em razão dos baixos teores de fósforo disponíveis, decorrentes da baixa solubilização do fosfato de Araxá.
- 3) O sorgo apresentou maior rendimento no solo menos argiloso (LV2), independentemente da fonte de fósforo utilizada.

5. RESUMO

Foram utilizados dois solos com diferentes capacidades máximas de adsorção de fósforo com o objetivo de avaliar os efeitos de época de aplicação de fosfatos em combinação com uma mistura de calcário mais gesso na disponibilidade de P, S, Ca e Mg no solo. O trabalho foi conduzido, inicialmente, em laboratório (fase de incubação), utilizando-se sacolas plásticas que continham 2,2 dm³ de solo, e, posteriormente, em casa de vegetação (fase de cultivo), com o uso do sorgo como planta indicadora. Os tratamentos foram arranjos segundo o esquema fatorial

QUADRO 4 - Produção de matéria seca (MS) e conteúdo de fósforo (P), de enxofre (S), de cálcio (Ca) e de magnésio (Mg) da parte aérea do sorgo em função das doses de fósforo nas formas de superfosfato triplo e fosfato de Araxá e de doses de corretivo aplicadas 80 e 40 dias antes do plantio nos dois solos estudados (LV1 e LV2)

Época de aplicação ⁽¹⁾ P CG ⁽²⁾	Doses de fósforo		Doses de corretivo		Solos(MS)		LV1		LV2			
	LV1	LV2	LV1	LV2	LV1	LV2	P	S	Ca	Mg		
	--CMFA --		---NC ⁽³⁾ ---		g/vaso		-----mg/vaso					
40-40	0,475 ⁽⁴⁾	0,84	16,16	22,51	42,99	36,48	127,40	143,94	52,21	44,01	153,44	140,23
40-40	0,350 ⁽⁵⁾	1,14	14,53	22,30	32,07	27,79	115,99	135,04	40,69	40,83	119,22	127,10
80-40	0,475	0,84	14,83	20,50	34,22	30,07	116,71	132,24	51,54	42,69	149,64	136,04
80-40	0,350	1,14	15,45	22,42	29,53	26,41	124,10	140,07	40,36	35,78	142,21	134,34
40-80	0,475	0,84	15,73	19,30	41,38	35,37	126,92	142,65	49,27	38,33	136,79	125,83
40-80	0,350	1,14	14,22	21,83	30,71	30,30	109,65	130,65	32,79	32,17	128,17	129,82
80-80	0,475	0,84	15,13	22,18	37,85	31,05	116,47	130,21	50,28	36,59	157,53	131,89
80-80	0,350	1,14	14,38	21,92	28,75	28,01	103,00	126,98	35,56	30,70	120,47	129,21

Continua...

QUADRO 4 - Continuação

Época de aplicação ⁽¹⁾ P CG ⁽²⁾	Doses de fósforo		Doses de corretivo		Solos(MS)		LVI			LV2		
	I.V1	I.V2	I.V1	I.V2	P	S	Ca	Mg	P	S	Ca	Mg
	---CMAF --- --NC ⁽³⁾ --- g/vaso ----- mg/vaso -----											
	Fosfato de Araxá											
40-40	0,475	0,84	1,93	4,60	1,26	1,60	9,85	7,84	7,15	5,53	28,05	25,25
40-40	0,350	1,14	1,61	3,85	0,97	1,29	9,76	7,81	5,78	3,97	20,82	18,94
80-40	0,475	0,84	2,22	5,14	1,23	1,33	12,21	7,24	7,26	5,66	33,99	30,53
80-40	0,350	1,14	1,96	4,46	1,37	1,55	10,48	8,41	7,02	5,24	28,50	23,87
40-80	0,475	0,84	1,68	4,48	1,13	1,31	9,40	7,27	6,84	4,60	23,76	21,24
40-80	0,350	1,14	1,44	3,35	0,79	1,07	8,18	6,97	5,11	3,44	18,58	14,57
80-80	0,475	0,84	1,55	4,24	0,97	1,13	8,18	6,50	6,58	4,88	22,90	19,53
80-80	0,350	1,14	1,38	2,59	0,90	1,18	7,62	6,78	3,51	2,66	13,75	10,10

(1) Dias antes do plantio; (2) CG = Corretivo composto de mistura de calcário e gesso; (3) NC = Necessidade de calagem; (4) 0,475 da CMAF (capacidade máxima de adsorção de fósforo) corresponde às doses de 755,25 e 484,5 mg/dm³ de P para os solos LV1 e LV2, respectivamente e, (5) 0,350 de CMAF corresponde às doses de 556,5 e 357,0 mg/dm³ de P para os solos LV1 e LV2, respectivamente.

QUADRO 5 - Análise de variância da produção de matéria seca (g/vaso) e do conteúdo de fósforo, de enxofre, de cálcio e de magnésio (mg/vaso) das plantas de sorgo para as doses de fósforo nas formas de superfosfato triplo e fosfato de Araxá e de doses de corretivo aplicadas 80 e 40 dias antes do plantio nos dois solos estudados (LV1 e LV2).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios						MG
		MS	P	S	Ca	Mg		
Blocos	3	5,66**	38,50**	22,44	15,96	269,06*		
Solos	1	528,94**	1.607,93**	601,06**	6.859,60**	83,59		
Fontes d/LV1	1	3.205,03**	16.168,41**	13.678,63**	208.116,10**	271.599,90**		
Fontes d/LV2	1	5.035,36**	20.485,47**	15.867,85**	221.728,20**	199.390,40**		
0,475 CMAF ⁽¹⁾ - 0,84NC ⁽²⁾ vs 0,350 CMAF - 1,14 NC d/ST d/LV1	1	5,46*	625,12**	209,30**	610,25**	132,96		
Ep Cal ⁽¹⁾ d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/ST d/LV1	1	0,02	4,09	0,02	0,51	11,00		
Ep P ⁽¹⁾ d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/ST d/LV1	1	3,80	151,33**	115,04**	447,04**	582,82**		
Ep Cal x Ep P d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/ST d/LV1	1	0,55	27,43	4,35	0,05	0,55		
Ep Cal d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/ST d/LV1	1	1,92	4,58	16,91	763,34**	305,99		
Ep P d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/ST d/LV1	1	1,17	20,23	13,34	2,69	1,85		
Ep Cal x Ep P d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/ST d/LV1	1	0,58	0,34	0,82	212,02	75,68		
0,475 CMAF - 0,84 NC vs 0,350 CMAF - 1,14 NC d/FA d/LV1	1	0,49	0,16	0,04	6,44	0,63		
Ep Cal d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/FA d/LV1	1	0,86	0,15	0,24	20,11	1,72		
Ep P d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/FA d/LV1	1	0,03	0,04	0,19	1,30	1,90		
Ep Cal x Ep P d/0,475 CMAF - 0,84 NC d/FA d/LV1	1	0,17	0,02	0,01	12,85	0,03		
Ep Cal d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/FA d/LV1	1	0,55	0,42	0,35	19,74	6,05		
Ep P d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/FA d/LV1	1	0,08	0,26	0,14	0,03	0,17		
Ep Cal x Ep P d/0,350 CMAF - 1,14 NC d/FA d/LV1	1	0,16	0,09	0,02	1,65	0,64		

Continua...

QUADRO 5 - Continuação

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		MS	P	S	Ca	Mg
0,475 CMAF - 0,84 NC vs 0,350 CMAF - 1,14 NC dST dLV2	1	7,94*	1.619,51**	245,14**	3.725,90**	91,45
Ep Cal d0,475 CMAF - 0,84 NC dST dLV2	1	2,36	51,82**	138,71**	76,65	343,82*
Ep P d0,475 CMAF - 0,84 NC dST dLV2	1	0,76	7,14	9,41	287,34	3,49
Ep Cal x Ep P d0,475 CMAF - 0,84 NC dST dLV2	1	24,01*	21,97	0,17	602,61**	105,15
Ep Cal d0,350 CMAF - 1,14 NC dST dLV2	1	0,91	161,12**	180,01**	190,06	5,75
Ep P d0,350 CMAF - 1,14 NC dST dLV2	1	0,05	5,91	42,52*	265,31	43,87
Ep Cal x Ep P d0,350 CMAF - 1,14 NC dST dLV2	1	0,001	9,56	12,79	1.004,74**	61,71
0,475 CMAF - 0,84 NC vs 0,350 CMAF - 1,14 NC dFA dLV2	1	8,83**	20,51	14,42	365,88*	422,86*
Ep Cal d0,475 CMAF - 0,84 NC dFA dLV2	1	1,05	0,99	2,88	236,57	225,12
Ep P d0,475 CMAF - 0,84 NC dFA dLV2	1	0,09	0,02	0,17	25,74	12,76
Ep Cal x Ep P d0,475 CMAF - 0,84 NC dFA dLV2	1	0,60	0,14	0,02	46,15	48,88
Ep Cal d0,350 CMAF - 1,14 NC dFA dLV2	1	5,63*	17,54	9,66	288,57	328,98*
Ep P d0,350 CMAF - 1,14 NC dFA dLV2	1	0,02	0,13	0,24	8,09	0,22
Ep Cal x Ep P d0,350 CMAF - 1,14 NC dFA dLV2	1	1,86	8,05	4,21	156,69	88,37
Resíduo	93	1,20	8,38	9,27	75,24	81,13
C.V. (%)		14,00	19,88	23,58	16,23	17,21

* e ** Significativos a 5 e 1 % de probabilidade.

(1) CMAF: capacidade máxima de adsorção de fósforo; (2) NC: necessidade de calagem; (3) Ep Cal: época de aplicação de corretivo e, (4) Ep P: época de aplicação de fósforo.

2^5 , sendo dois solos (LV1 e LV2) x duas fontes de fósforo (superfosfato triplo e fosfato de Araxá) x duas combinações de P e corretivo (calcário + gesso) x duas épocas de aplicação de P (80 e 40 dias antes do plantio) x duas épocas de aplicação de corretivo (80 e 40 dias antes do plantio). As duas combinações (P e corretivo) estudadas foram 0,475 com 0,84 e 0,350 com 1,14 x a capacidade máxima de adsorção de fósforo e a necessidade de calagem, respectivamente. A mistura corretiva foi composta, em peso, de 3/4 de calcário dolomítico e 1/4 de gesso. As variações ocorridas na disponibilidade de P, S, Ca e Mg nos solos relacionadas com época de aplicação de fósforo e corretivo foram muito pequenas e, portanto, pouco expressivas. Quando foi utilizado o fosfato de Araxá como fonte de fósforo, o enxofre foi preferencialmente adsorvido no solo em razão dos baixos teores de fósforo disponíveis, decorrentes da baixa solubilização deste fosfato. O sorgo apresentou melhor desenvolvimento no solo menos argiloso (LV2), independentemente da fonte de fósforo utilizada.

6. SUMMARY

(AVAILABILITY OF P, S, Ca AND Mg IN TWO OXISOILS AS AFFECTED BY THE TIME OF APPLICATION OF PHOSPHATE AND LIME PLUS GYPSUM)

Two soils with different phosphate maximum adsorption capacities (PMAC) were used to evaluate the effects of time of application of liming and phosphate, on the availability of P, S, Ca, and Mg in the soil. The trial was initially carried out in the laboratory (incubation phase) using plastic bags containing 2.2 dm^3 of soil, and later in a greenhouse, where sorghum was used as the indicator plant. The experiment was arranged in a randomized block design with four replications in a 2^5 factorial with two soils, two phosphate sources (triple superphosphate and Araxá phosphate), two combinations of P with a lime-gypsum mixture, two times of application of phosphate (80 and 40 days before planting) and two times of lime-gypsum application (also 80 and 40 days before planting). The two combinations of P + corrective were 0.475 x PMAC with 0.84 x the lime requirement and 0.350 x PMAC with 1.14 x the liming requirement. The corrective mixture was formed of 3 parts of dolomitic limestone to 1 part of gypsum, by weight. Variations in the availability of P, S, Ca and Mg in the soils, in relation to the time of phosphate application, were quite small and therefore of little practical consequence. When Araxá phosphate was used as a phosphorus source, sulfur was adsorbed to the soil particles

due to the low content of available P, a result of its low solubility. The sorghum plants presented a better growth in soil with a lower clay content (LV2), regardless of the source of phosphorus used.

7. LITERATURA CITADA

1. ALVAREZ V., V.H. *Efecto de los factores cantidad, intensidad y capacidad amortiguadora de fosfato en la evaluación del fósforo disponible de suelos derivados de cenizas volcánicas de la Meseta Tarasca, Edo Michoacan*. Chapingo, México, Colégio de Postgraduados, 1982. 300p. (Tese de Doutoramento).
2. ALVAREZ V., V.H. *Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois latossolos de Minas Gerais*. Viçosa, UFV, 1974. 125p. (Tese de Mestrado).
3. 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 Doutoramento).
4. BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. & NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: N.F. de BARROS & R.F. de NOVAIS (eds.). *Relação solo-eucalipto*. Viçosa, Folha de Viçosa, 1990. p. 127-186.
5. BLANCHAR, R.W.; REHM, G. & CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 29:71-72, 1963.
6. BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e plantas. *Rev. Ceres*, 21:73-85, 1974.
7. BRAGANÇA, J.B. *Solubilização do fosfato de Araxá em diferentes tempos de incubação em um solo com diversos níveis de alumínio trocável*. Viçosa, UFV, 1979. 69p. (Tese de Mestrado).
8. CHAO, T.T. Anionic effects on sulfate adsorption by soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 28:581-583, 1964.
9. CHESNIN, L. & YEN, C.H. Turbidimetric determination of available sulfates. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 15:149-151, 1950.
10. CHIEN, S.H. Dissolution of phosphate rocks in flooded acid soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41:1106-1109, 1977.
11. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 3ª aproximação*. EPAMIG, Belo Horizonte, 1978. 80p.
12. CRAVO, M. da S. *Interação fósforo x enxofre na produção de matéria seca de soja (Glycine max (L.) Merrill) e nos níveis críticos, em três solos de Minas Gerais, com e sem calagem*. Viçosa, UFV, 1984. 73p. (Tese de Mestrado).
13. DEFELIPO, B.V.; SOUZA, J. de; BRAGA, J.M. & ALVAREZ V., V.H. *Efeito do período de incubação de fosfatos naturais no solo sobre a disponibilidade de fósforo para as plantas*. *Rev. Ceres*, 28:515-520, 1981.
14. DIAS, L.E.; ALVAREZ V., V.H.; COSTA, L.M. da & NOVAIS, R.F. de. Dinâmica de algumas formas de enxofre em colunas de solos tratados com diferentes doses de fósforo e gesso. *R. Bras. Ci. Solo*, 18:373-380, 1994.
15. EMBRAPA. *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, 1979. s.n.p.
16. ENSMINGER, L.E. Some factors affecting the adsorption of sulfate by Alabama soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 18:259-264, 1954.

17. GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Eficiência agronômica de fosfatos em solos de cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 15:311-318, 1980.
18. GOEDERT, W.J. & SOUZA, D.M.G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. *Anais...* Brasília, EMBRAPA/DEP, 1984. p. 255-289.
19. HAYNES, R.J. Effect of lime and phosphate application on the adsorption of phosphate, sulfate and molybdate by a spodosol. *Soil Sci.*, 135:221-227, 1983.
20. HOEFT, R.H.; WALSH, L.M. & KEENED, E.R. Evaluation of various extractants for available soil sulfur. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 37:401-404, 1973.
21. KHASAWNEH, F.E. & DOLL, E.C. The use of phosphate rock for direct application to soils. *Adv. Agron.*, 30:159-206, 1978.
22. KUMAR, V. & SINGH, M. Interactions of sulfur, phosphorus, and molybdenum in relation to uptake and utilization of phosphorus by soybean. *Soil Sci.*, 130:26-31, 1980.
23. LEITE, R.D.A. *Uso de matrizes experimentais e de modelos estatísticos no estudo do equilíbrio fósforo-enxofre na cultura da soja em amostras de latossolos de Minas Gerais*. Viçosa, UFV, 1984. 62p. (Tese de Mestrado).
24. NOVAIS, R.F. de; NEVES, J.C.L. & BARROS, N.F. Fósforo. In: UFV/ABEAS. *Curso de fertilidade e manejo do solo*. Viçosa, 1995. 65 p. (Módulo 07).
25. NOVELINO, J.O.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; COSTA, L.M. & BARROS, N.F. Solubilização de fosfato de Araxá em diferentes tempos de incubação, com amostras de cinco latossolos, na presença e na ausência de calagem. *R. Bras. Ci. Solo*, 9:13-22, 1985.
26. OLSEN, S.R. & WATANABE, F.S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 21:144-149, 1975.
27. PHILLIPS, A.B. & WEEB, J.R. Production marketing and use of phosphorus fertilizers. In: R.A. OLSON (ed.). *Fertilizer technology and use*. Madison, *Soil Sci. Soc. Am.*, 1971. p. 271-301.
28. PIERRE, R.; ROBLES, A. & CELADO, R. Maize yield response to sulphur and phosphorus applied under different tillage systems in the Dominican Republic. *Sulphur in Agriculture*, 14:16-20, 1990.
29. RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. *Anais...* Brasília, EMBRAPA/DEP, 1984. p. 323-346.
30. RAIJ, B. van. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1981. p. 95-108.
31. RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1991. p. 287-302.
32. SUMNER, M.E. Response of alfalfa and sorghum to lime and P on highly weathered soils. *Agron. J.*, 71:763-766, 1979.
33. THOMAS, G.W. & PEASLEE, D.F. Testing soils for phosphorus. In: L.M. WALSH & J.D. BEATON (eds.). *Soil testing and plant analysis*. Madison, *Soil Sci. Soc. Am.*, 1973. p. 115-129.
34. YOST, R.S.; KAMPRATH, E.J.; LOBATO, E.; NADERMAN, G.C. & SOARES, W. Residual effects of phosphorus application. In: AGENCY OF INTERNATIONAL DEVELOPMENT. *Tropical soil research program - Annual report for 1975*. Raleigh, 1975. p. 26-32.