

BRAGANTIA

Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 21

Campinas, março de 1962

N.º 17

DISPONIBILIDADE DE FOSFATOS NATURAIS EM FUNÇÃO DO pH DO SOLO¹

ANTÔNIO CARLOS PIMENTEL WUTKE, *engenheiro-agrônomo, Seção de Fertilidade do Solo*, NÉLSON C. SCHIMIDT, *engenheiro-agrônomo, Estação Experimental de Pindamonhangaba*, ÁLVARO ZINGRA DO AMARAL, FRANCISCO DA COSTA VERDADE e KOZEN IGUE, *engenheiros-agrônomo, Seção de Fertilidade do Solo, Instituto Agrônomo.*

RESUMO

Com o objetivo de verificar o comportamento de três fosfatos de rocha nacionais, em diferentes condições de acidez do solo, foram conduzidos ensaios de campo e em vasos, utilizando solo classificado como série monotípica Pinda, da Estação Experimental de Pindamonhangaba. Os adubos fosfatados empregados foram: apatita de Araxá, fosforita de Olinda, apatita do Morro do Serrote (fosfato Alvorada) e superfosfato simples.

O delineamento do experimento de campo foi de blocos ao acaso, com 12 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos compreenderam diferentes combinações, em que a apatita de Araxá, a fosforita de Olinda e o superfosfato simples foram comparados entre si, em presença de diferentes doses de calcário e complementados sempre por adubação nitrogenada e potássica em dose única.

No ensaio em vasos, instalado em Campinas, foram acrescentados tratamentos com o fosfato Alvorada e outros sem qualquer adubo, os quais não puderam ser incluídos no experimento de campo. A planta-teste utilizada nos dois experimentos foi o milho, híbrido HMD — 6999. Os resultados de campo foram avaliados pela produção de grãos. Os de ensaio em vasos, pelas produções de massa das partes aéreas das plantas, cortadas rente ao solo, e pelos dados de concentração e extração de CaO, MgO e P₂O₅, determinados nesse material. Determinações do pH do solo foram feitas no ensaio em vasos, em amostras de todos os tratamentos, antes da semeadura.

A experiência de campo não permitiu avaliar a influência do pH do solo no aproveitamento dos fosfatos naturais, em virtude de uma provável liberação de fósforo do solo, que teria mascarado os efeitos da acidez. No ensaio conduzido em vasos, porém, verificou-se o efeito do fator acidez, variável com o tipo de adubo fosfatado empregado. A disponibilidade do fósforo do fosfato Alvorada foi deprimida com a elevação do pH do solo, o que se refletiu de maneira marcante na produção de massa das plantas. A fosforita de Olinda e a apatita de Araxá, ao contrário, foram beneficiadas com a elevação do pH do solo.

¹ Trabalho apresentado ao VIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo realizada, em Belém, Pará, de 16 a 31 de julho de 1961. Recebido para publicação em 12 de fevereiro de 1962.

1 — INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da indústria dos fosfatos naturais no Brasil e o aparecimento de diferentes produtos no comércio, trouxeram a necessidade da experimentação para avaliar os valores fertilizantes desses materiais. O Instituto Agronômico, através de suas seções técnicas, tem conduzido experiências visando testar a eficiência dos adubos fosfatados naturais para cada tipo de cultura, bem como a de suas misturas com adubos fosfatados ácidos.

É comumente aceito que o grau de aproveitamento dos fosfatos naturais está relacionado à acidez do solo. Ellis e outros (4) verificaram melhor aproveitamento desses fosfatos com pH 5,5, enquanto que para o superfosfato o aproveitamento foi igual em toda a escala, comum, de pH. Williams (12) registra também este fenômeno de maneira genérica. Jones (6) verificou que a calagem deprimiu o aproveitamento de fosfatos naturais, enquanto que Mendes e Castro (9), em ensaios de vasos, verificaram efeito benéfico da calagem para dois fosfatos naturais.

Neste trabalho são apresentados os resultados experimentais obtidos com o emprêgo de três fosfatos de rocha nacionais: fosforita de Olinda, apatita de Araxá e apatita do Morro do Serrote (fosfato Alvorada) sob diferentes condições de acidez do solo.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

A experiência de campo foi instalada na Estação Experimental de Pindamonhangaba, no município do mesmo nome, em solo classificado como série monotípica Pinda (7) e utilizando o milho como planta indicadora. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 12 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos, onde *c* significa calcário, *sup.*, superfosfato simples, *fos.*, fosforita de Olinda e *ap.*, apatita de Araxá, foram os seguintes:

1 - NK	2 - NK + $c/2$	3 - NK + <i>c</i>
4 - NK + <i>sup.</i>	5 - NK + $c/2$ + <i>sup.</i>	6 - NK + <i>c</i> + <i>sup.</i>
7 - NK + <i>fos.</i>	8 - NK + $c/2$ + <i>fos.</i>	9 - NK + <i>c</i> + <i>fos.</i>
10 - NK + <i>ap.</i>	11 - NK + $c/2$ + <i>ap.</i>	12 - NK + <i>c</i> + <i>ap.</i>

Como se pode observar, todos os tratamentos levaram nitrogênio e potássio, em doses consideradas satisfatórias. Variaram os tipos de fosfatos e as doses de calcário empregadas.

Como adubação básica, de 40-75-30 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O respectivamente, usaram-se o sulfato de amônio, uma das formas de fosfatos em estudo e cloreto de potássio. O fósforo, o potássio e 1/4 do nitrogênio foram aplicados no sulco, no ato do plantio; os restantes 3/4 do nitrogênio foram postos em cobertura, 40 dias após a semeadura. A quantidade de calcário dolomítico empregado (29,8% de CaO e 20,25% de MgO) foi a necessária para elevar teoricamente o pH do solo a 6,5, determinada segundo Catani e Gallo (3) e correspondente a 3,7 t/ha na dose 1. O corretivo foi distribuído sobre toda a área dos canteiros, cerca de um mês antes do plantio e, a seguir, incorporado ao solo por meio de grade de discos.

O milho utilizado neste ensaio foi o híbrido HMD — 6999, que foi semeado em canteiros de 5 linhas de 10 metros, aproveitando-se como úteis apenas as 3 linhas centrais. O espaçamento foi o de 1 m x 0,40 m, colocando-se 4 sementes por cova. Posteriormente fez-se o desbaste, conservando-se duas plantas por cova.

A série Pinda foi escolhida devido à grande reação que apresenta para calcário (5). Amostra de solo do local da experiência forneceu os seguintes resultados analíticos:

pH	4,95
Carbono, %	1,38
Nitrogênio total, %	0,12
K^+ , e.mg por 100 g de solo	0,32
Ca^{++} , e.mg por 100 g de solo	1,48
Mg^{++} , e.mg por 100 g de solo	0,82
$H^+ + Al^{+3}$, e.mg por 100 g de solo	5,90
PO_4^{-3} e.mg por 100 g de solo, extraído com H_2SO_4 0,05 N	0,11

Em experiência de vasos, complementar, instalada em Campinas, empregou-se o mesmo solo, utilizando-se vasos de Mitscherlich com capacidade para 6 kg de terra. Foram adotados os mesmos tratamentos do ensaio de campo, acrescidos de 6 outros que não puderam ser incluídos naquele experimento. Em 3 destes empregou-se a apatita do Morro do Serrote, com as mesmas combinações de doses de calcário; os outros 3, nas mesmas condições com relação á cala-

gem, não receberam adubação. Portanto, o delineamento experimental, neste caso, ficou sendo de 18 tratamentos com 3 repetições. A planta-teste utilizada foi o mesmo milho híbrido, deixando-se duas plantas por vaso.

A produção foi estimada pela massa seca da parte aérea cortada rente ao solo, 5 dias após a abertura da inflorescência masculina ("pendão" ou "flecha").

Procurou-se fazer a adubação e a calagem correspondentes àquelas que foram empregadas no campo. A primeira foi calculada com base no número teórico de plantas existentes na área de 1 hectare, observando-se o espaçamento de 1 m x 0,40 m, com duas plantas por cova; o calcário foi calculado pela relação entre o peso de terra da área de 1 ha à profundidade de 20 cm e o da terra colocada em cada vaso. Evidentemente, a correspondência em questão é bastante relativa, principalmente com respeito à adubação.

A aplicação do calcário se fez em 20 de agosto de 1959 misturando-o intimamente com toda a terra de cada vaso. Logo após irrigaram-se todos os vasos até haver percolação e, posteriormente cuidou-se de manter o solo com teor de umidade satisfatório à pronta reação do corretivo. Em 10 de novembro retiraram-se amostras de terra de cada vaso para determinação do índice pH. Os resultados dessa determinação encontram-se no quadro 1. Os fertilizantes, da mesma forma que o calcário, foram misturados com toda a terra dos

QUADRO 1. — Valores do pH do solo utilizado no ensaio em vasos. Determinações feitas antes da sementeira (três meses após a calagem) em amostras compostas, constituídas de amostras das três repetições de cada tratamento.

Tratamentos	Sem calcário	1/2 dose de calcário	1 dose de calcário
	<i>pH</i>	<i>pH</i>	<i>pH</i>
N ₀ P ₀ K ₀	4,40	5,40	6,05
NK, sem fósforo	4,35	5,30	6,00
NK + superfosfato simples ..	4,35	5,40	6,00
NK + fosforita de Olinda ...	4,30	5,30	5,90
NK + apatita de Araxá	4,35	5,40	6,05
NK + fosfato Alvorada	4,45	5,45	6,00

vasos, em 14 de novembro. Nessa mesma data procedeu-se à semeadura, fazendo-se o desbaste cêrca de 15 dias depois.

Durante a condução do ensaio manteve-se o solo com teor de umidade necessário ao normal desenvolvimento das plantas, retornando-se aos vasos o excesso de água sempre que havia percolação.

As partes aéreas, colhidas e pesadas ao natural, foram secas em estufa a 105-110°C. Nos tratamentos com variações mínimas de produção, juntaram-se as 3 repetições em uma amostra única. De tôdas as amostras retiraram-se quantidades suficientes para nova secagem em estufa e posterior transformação em cinza pelo processo usual (1). Nas cinzas foram dosados P_2O_5 (2), CaO (2) e MgO (8) para os cálculos da concentração e das quantidades dêstes compostos extraídas pelas plantas.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

As experiências são estudadas separadamente para posterior análise em conjunto.

3.1 — EXPERIÊNCIA DE CAMPO

As produções de milho, em quilos de grãos por canteiro, figuram no quadro 2.

QUADRO 2. — Produções de milho em grãos e em quilos por canteiro, no ensaio de campo realizado em Pindamonhangaba.

Tratamentos	Blocos			Total
	I	II	III	
	kg	kg	kg	
1) NK, sem fósforo	8,80	7,00	10,90	26,70
2) NK, sem fósforo + 1/2 dose calcário ..	13,20	8,00	17,20	38,40
3) NK, sem fósforo + 1 dose calcário ..	11,60	16,10	11,70	39,40
4) NK + superfosfato simples	12,60	16,00	13,00	42,20
5) NK + superfosfato + 1/2 dose calcário ..	11,70	16,30	18,30	46,30
6) NK + superfosfato + 1 dose calcário ..	18,70	13,60	10,50	42,80
7) NK + fosforita de Olinda	10,60	10,50	14,00	35,10
8) NK + fosforita + 1/2 dose calcário ..	10,20	16,50	10,90	37,60
9) NK + fosforita + 1 dose calcário	14,20	12,70	15,00	41,90
10) NK + apatita de Araxá	7,50	9,10	15,40	32,00
11) NK + apatita + 1/2 dose calcário	13,80	12,30	8,80	34,90
12) NK + apatita + 1 dose calcário	9,40	10,10	12,40	31,90

Durante o desenvolvimento das plantas notou-se um gradiente de fertilidade do solo, ao qual se pode atribuir, em parte, o elevado coeficiente de variação do experimento, que assumiu o valor de

24,3%. Foram atingidos por essa irregularidade do terreno os canieiros dos tratamentos 7, 8 e 10 do bloco I e 1, 2, 6, 10 e 12 do bloco II. Foi, pois, mais prejudicado o tratamento com apatita de Araxá, sem calcário.

A análise estatística não apontou diferenças entre as formas de fósforo, doses de calcário e interação entre êsses dois grupos de variáveis. Quando analisados isoladamente, só o tratamento de superfosfato sem calcário, em relação ao tratamento sem fósforo, foi significativo. Pelos resultados apresentados pode-se notar o alto efeito da aplicação isolada do calcário, pois o aumento de produção aproximou-se do limite de significância. Poetsch e outros (10), em experimentos realizados em Pelotas com trigo, milho e soja, em solo de pH 5,1, verificaram que os tratamentos com calcário sem fósforo foram sempre superiores quando comparados com os tratamentos com superfosfato simples, sem calcário, confirmando o alto efeito da calagem na produção. Stewart (11) em experimentos realizados no norte da Escócia com nabo, cevada e forrageiras, também obteve com calcário sozinho grande efeito na produção, observando, porém, interação entre o calcário e adubos fosfatados.

No ensaio relatado no presente trabalho vê-se que o tratamento com calcário, sem fósforo, foi superior aos tratamentos com fosfatos naturais sem calcário e com 1/2 dose do corretivo, porém inferior ao com superfosfato. Entre os tratamentos com 1/2 dose do calcário mostraram-se melhores aqueles com superfosfato e com apatita de Araxá. Porém, no caso da fosforita de Olinda, a dose 1 proporcionou melhor resultado. O fato de a calagem, isolada, aumentar a produção, segundo Williams (12), deve-se ao efeito desta prática também na destruição das formas orgânicas de fosfatos existentes no solo, tornando-os aproveitáveis pelas plantas. Parece que no presente ensaio houve um melhor aproveitamento dos fosfatos existentes no solo quando foi acrescentado o calcário. Não se pode, contudo, atribuir todo o aumento de disponibilidade do fósforo à mesma causa apontada por Williams.

Entre as formas de fosfatos, somente foi significativo o aumento devido ao superfosfato. Entre os dois fosfatos naturais, apesar de não haver diferenças significativas, a fosforita se mostrou melhor do que a apatita de Araxá, ressaltando-se um possível prejuízo devido ao gradiente de fertilidade mencionado. Também houve um melhor aproveitamento de fósforo pelas plantas no tratamento com fosfori-

ta de Olinda, quando a acidez foi diminuída, o que não aconteceu com a apatita de Araxá.

É interessante registrar, também, que o efeito de 1/2 dose de calcário foi praticamente igual ao de uma dose.

3.2 — EXPERIÊNCIA EM VASOS

Na comparação entre os resultados de campo com os de vasos, deve-se considerar que, nestes últimos, as reações se processam de maneira mais acentuada e que, neste caso, os resultados foram avaliados pelas produções de massa das partes aéreas em certo estágio de desenvolvimento das plantas.

Já aos 20 dias após a sementeira, notavam-se diferenças sensíveis entre os tratamentos, permitindo as seguintes observações: *a*) tôdas as plantas do tratamento NP₀K mostravam acentuados sintomas de deficiência de fósforo, caracterizados pela coloração entre púrpura e arroxeada das fôlhas; *b*) todos os vasos que receberam fosfatos naturais também apresentavam aquêles sintomas, embora menos intensos do que os observados em *a*. Ainda, neste caso, verificava-se que nas plantas mais desenvolvidas os sintomas eram menos acentuados; *c*) era bastante evidente a superioridade do superfosfato sôbre os fosfatos naturais, pois as plantas que receberam aquêles fertilizante mostravam-se mais bem desenvolvidas, com coloração das fôlhas verde-escura, normal. Por outro lado, não se evidenciavam diferenças entre os tratamentos com fosfatos naturais.

Decorridos 42 dias da data da sementeira, desapareceram das fôlhas os sintomas de deficiência de fósforo. Como se pode depreender das fotografias da figura 1, tomadas nessa data, quer em ausência de calcário, quer em presença de ambas as doses que foram empregadas, o superfosfato simples ainda mostrava flagrante superioridade sôbre os fosfatos naturais com relação ao desenvolvimento das plantas.

Nos tratamentos com fosfatos de rocha notavam-se, pela observação do desenvolvimento das plantas, pequenas diferenças de reação atribuíveis à calagem. Como se pode observar na figura 2, apenas o fosfato Alvorada apresentava reação mais intensa em condições de maior acidez do solo.

A fosforita de Olinda e a apatita de Araxá, contrariando o conceito generalizado, evidenciavam reações relacionadas diretamente

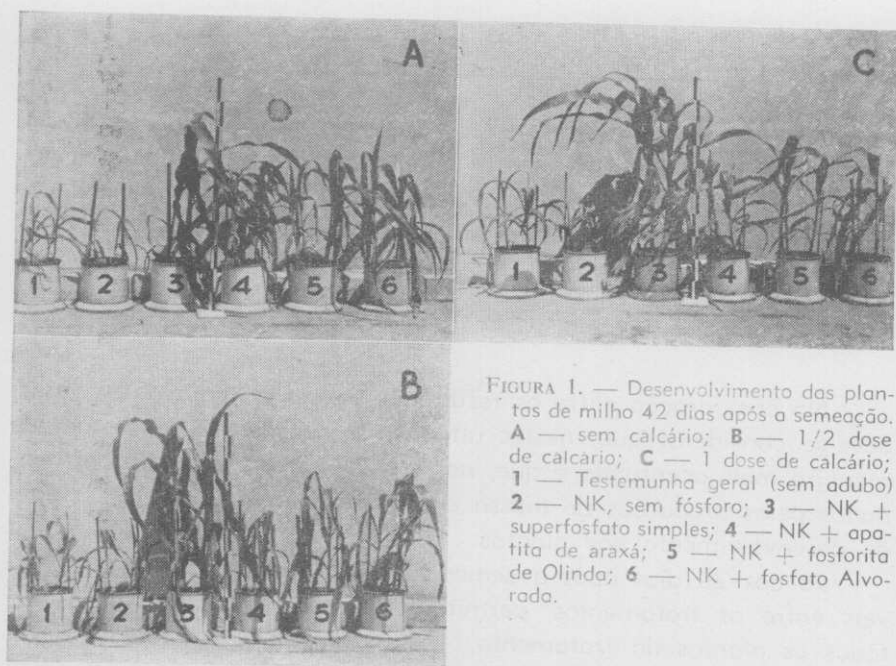


FIGURA 1. — Desenvolvimento das plantas de milho 42 dias após a sementeação. A — sem calcário; B — 1/2 dose de calcário; C — 1 dose de calcário; 1 — Testemunha geral (sem adubo) 2 — NK, sem fósforo; 3 — NK + superfosfato simples; 4 — NK + apatita de araxá; 5 — NK + fosforita de Olinda; 6 — NK + fosfato Alvorada.

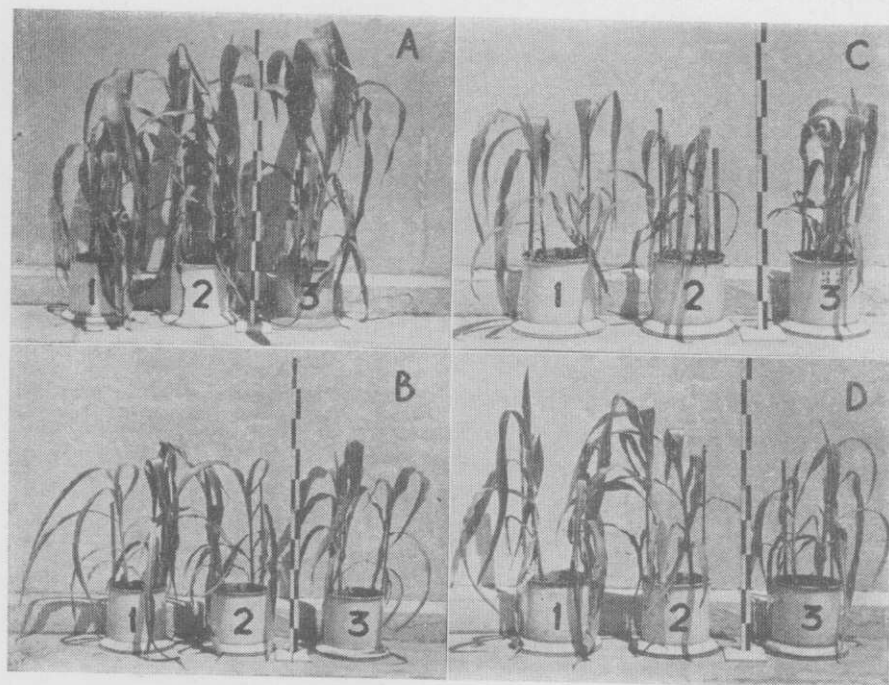


FIGURA 2. — Desenvolvimento das plantas de milho 42 dias após a sementeação. Todos os vasos receberam adubação NPK, variando apenas a forma de fósforo. A — superfosfato simples; B — fosforita de Olinda; C — apatita de Araxá; D — fosfato Alvorada; 1 — sem calcário; 2 — 1/2 dose de calcário; 3 — 1 dose de calcário

às doses de calcário empregadas. Idêntica reação mostrava, também, o superfosfato. As produções de massa sêca da experiência em vasos encontram-se no quadro 3.

QUADRO 3. — Produções totais de material sêco¹ a 105-110°C no ensaio em vasos

Tratamentos	Sem calcário	1/2 dose de calcário	1 dose de calcário
	<i>g</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
N, P, K ₂	40,2	39,1	53,7
NK, sem fósforo	23,1	47,4	105,5
NK + superfosfato simples ..	266,7	362,0	419,3
NK + fosforita de Olinda ...	170,5	164,3	206,6
NK + apatita de Araxá	89,5	115,2	201,8
NK + fosfato Alvorada	234,4	230,0	174,1

¹ Partes aéreas das plantas (colmos e fôlhas).

De modo geral, os resultados de vasos confirmaram aquêles obtidos no campo, havendo algumas divergências com relação ao efeito da calagem. Pelos dados do quadro 3 pode-se verificar que o superfosfato foi o adubo mais eficiente, quer em presença, quer na ausência de calcário, em concordância, pois, com os resultados de campo.

Entre os fosfatos naturais, o Alvorada foi o que proporcionou maiores produções, com exceção do tratamento que recebeu a dose 1 de calcário. Foi também, êste fosfato, o único para o qual a calagem teve efeito desfavorável na disponibilidade. Embora não tendo sido empregado no experimento de campo, é de se esperar idêntico comportamento também naquelas condições. Isto porque os dois ensaios se desenvolveram no mesmo sentido, salvo algumas variações mais relacionadas às intensidades das respostas aos tratamentos e que serão devidas, provavelmente, a causas que no campo fogem ao contrôle, como o gradiente de fertilidade já considerado. A fosforita de Olinda mostrou-se superior à apatita de Araxá, confirmando também a tendência observada no campo. A aplicação do calcário ocasionou pequeno decréscimo de produção na 1/2 dose e apreciável aumento na dose 1, efeito êste verificado no campo com menor intensidade. A apatita de Araxá teve o seu aproveitamento sensível e diretamente relacionado às quantidades de calcário, não confirmando os resultados de campo, onde a dose 1 foi prejudicial.

QUADRO 4. — Concentração de CaO, MgO e P₂O₅ em mg/100g de material sêco a 105-110°C na parte aérea das plantas de milho. Ensaio em vasos.

Tratamentos	CaO			MgO			P ₂ O ₅		
	Sem calcário	1/2 dose calcário	1 dose calcário	Sem calcário	1/2 dose calcário	1 dose calcário	Sem calcário	1/2 dose calcário	1 dose calcário
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
N ₀ P ₀ K ₀	675,7	511,4	571,7	396,7	632,0	578,2	105,1	181,0	151,6
NK, sem fósforo ..	757,4	732,4	737,1	317,0	686,5	647,8	102,5	178,0	102,7
NK + superfosfato .	614,0	637,4	463,0	217,3	617,2	624,0	258,8	272,4	207,8
NK + fosforita ...	533,6	627,5	591,7	338,6	752,6	872,9	251,6	223,7	175,0
NK + apatita	548,2	641,0	572,1	310,2	649,7	756,8	286,0	264,2	134,0
NK + Alvorada ...	531,0	576,8	646,4	263,0	574,5	903,7	231,0	216,6	162,1

Pelos dados analíticos foi possível determinar as concentrações dos óxidos de cálcio, magnésio e fósforo no material colhido dos diversos tratamentos, as quais estão transcritas no quadro 4. Do exame dêste quadro pode-se verificar que a calagem teve efeito depressivo na concentração de CaO no tratamento N₀P₀K₀, mas elevou a porcentagem de MgO e P₂O₅. No tratamento NP₀K o calcário, embora tendo proporcionado substancial aumento de produção, não teve efeito nas concentrações de cálcio e fósforo; o teor de magnésio, todavia, foi elevado. Comparando êstes dois tratamentos verifica-se que a adição de nitrogênio e potássio elevou a concentração de CaO e MgO e diminuiu a de P₂O₅.

Nos tratamentos NPK a presença de fósforo elevou a concentração do MgO à medida que maior quantidade de calcário estava presente. A concentração do CaO aumentou nos tratamentos que receberam 1/2 dose de calcário e diminuiu naqueles que receberam uma dose; fêz exceção o tratamento com fosfato Alvorado, no qual o teor de CaO das plantas revelou-se diretamente relacionado às quantidades de calcário empregadas.

A concentração de P₂O₅ diminuiu à medida que maior quantidade de calcário estêve presente, com exceção do tratamento com superfosfato, que apresentou elevação dêsse teor quando foi aplicada 1/2 dose de calcário.

A comparação entre os tratamentos NK e NPK indica que a adição de fósforo aumentou o teor dêste elemento nas plantas, quaisquer que fôssem a dose de calcário considerada e o adubo fosfatado empregado. Com a porcentagem de CaO aconteceu exata-

mente o contrário, sendo diminuída nas condições supramencionadas. A concentração de MgO variou diferentemente: diminuiu quando foi aplicado o superfosfato e aumentou em presença da fosforita de Olinda, em tôdas as condições de acidez do solo em consideração; com as aplicações de apatita de Araxá e fosfato Alvorada, a concentração de magnésio foi deprimida nas doses 0 (zero) e 1/2 de calcário e elevada na dose 1.

No quadro 5 são apresentadas as quantidades de CaO, MgO e P₂O₅ extraídas pelas plantas, as quais foram calculadas com base nos dados de produção de massa e de concentração dêstes compostos.

QUADRO 5. — Quantidades de CaO, MgO e P₂O₅ extraídas pelas plantas em mg/tratamento no ensaio em vasos.

Tratamentos	CaO			MgO			P ₂ O ₅		
	Sem calcário	1/2 dose calcário	1 dose calcário	Sem calcário	1/2 dose calcário	1 dose calcário	Sem calcário	1/2 dose calcário	1 dose calcário
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
NoPoKo	271,6	200,0	307,0	159,5	247,1	310,5	42,3	70,8	81,4
NK, sem fósforo	175,0	347,2	777,6	73,2	325,4	683,4	23,7	84,4	108,3
NK + superfosfato	1.637,5	2.307,4	1.941,4	579,5	2.234,3	2.616,4	690,2	986,1	871,3
NK + fosforita	909,8	1.031,0	1.222,5	577,3	1.236,5	1.803,4	429,0	367,5	361,6
NK + apatita	490,6	738,4	1.154,5	277,6	748,5	1.527,2	256,0	304,4	270,4
NK + Alvorada	1.244,7	1.326,7	1.125,4	616,5	1.321,4	1.573,3	541,5	498,2	282,2

As quantidades extraídas de CaO, MgO e P₂O₅ dos tratamentos sem fósforo aumentaram gradativamente com as doses crescentes de calcário. Êste fato, entretanto, se deve mais ao efeito do corretivo sôbre os aumentos de produção, uma vez que as concentrações dêstes compostos não sofreram idêntica variação, como mostra o quadro 4. Nos tratamentos com fosforita de Olinda e apatita de Araxá, o CaO extraído mostrou-se, também, mais diretamente relacionado com as produções, parecendo ter havido uma absorção de luxúria quando empregada a 1/2 dose de calcário. Para o superfosfato, estas mesmas considerações são válidas, porém, apenas quando se consideram as doses 0 (zero) e 1/2 de calcário: a concentração diminuiu de tal forma na dose 1 que à maior produção obtida neste caso não correspondeu maior extração. Com relação ainda ao CaO, o tratamento com fosfato Alvorada teve comportamento diferente dos demais;

a extração variou relativamente pouco, evidenciando-se, em consequência, dois efeitos opostos do calcário (confirmados nos quadros 3 e 4) ou sejam, decréscimo de produção e aumento de concentração.

A extração de MgO nos tratamentos com adubos fosfatados dependeu principalmente da quantidade de calcário presente e numa relação direta.

Nos tratamentos com superfosfato e apatita de Araxá houve aumento de produção desde a dose 0 (zero) até 1 dose de calcário, mas o P_2O_5 extraído diminuiu de 1/2 dose para a 1. Nestes casos, a maior extração de P_2O_5 , obtida com o emprêgo de 1/2 dose de calcário, não teve a influência que se poderia esperar sôbre a produção nas condições do ensaio. Quando foi empregada fosforita de Olinda, a extração de P_2O_5 decresceu continuamente de 0 (zero) até 1 dose de calcário; a maior produção, contudo, foi obtida com a dose mais elevada do corretivo, enquanto que nas outras duas condições de acidez do solo, os resultados foram praticamente iguais. A ação deprimente do meio menos ácido na produção e extração de P_2O_5 foi marcante e característica para o fosfato Alvorada.

Em síntese, os resultados obtidos indicam que o fosfato Alvorada reagiu melhor no solo mais ácido; o fósforo do superfosfato simples foi absorvido mais intensamente na posição intermediária de pH — o que, porém, não se refletiu na produção — e a fosforita de Olinda e a apatita de Araxá atuaram melhor com o pH mais elevado.

Os dados correspondentes à extração do CaO sugerem que o solo fornece quantidades satisfatórias dêste elemento às plantas, podendo ser atribuído o aumento de produção pela calagem à liberação do fósforo quando se processa a adição do corretivo. Estas considerações só se aplicam a solos similares à série Pinda.

4 — CONCLUSÕES

a) O superfosfato simples, na presença ou na ausência de calcário, quer na experiência de campo, quer na de vasos, foi o adubo que apresentou maior reação.

b) A experiência de campo não permitiu inferir a ação da calagem no aproveitamento dos fosfatos naturais, em virtude de uma provável liberação do fósforo do solo, que teria mascarado os efeitos da acidez. No ensaio em vasos, porém, verificou-se a ação dêste fator. O aproveitamento dos fosfatos naturais em função do pH va-

riu com o tipo de fosfato empregado. O fosfato Alvorada foi mais eficiente em pH mais baixo, enquanto que a fosforita de Olinda e a apatita de Araxá tiveram maior influência sobre a produção no solo com pH mais elevado.

c) Em solos semelhantes à série Pinda a calagem isolada é suficiente para elevar a produção.

d) A concentração de fósforo das plantas vegetadas em vasos foi deprimida no caso das doses mais altas de calcário, em todos os tratamentos que receberam fósforo. O inverso aconteceu com a produção da massa da parte aérea, com exceção do fosfato Alvorada. A concentração de cálcio não apresentou relação aparente com a calagem e com a adubação fosfatada, mas a do magnésio mostrou-se estreitamente ligada a estes dois fatores.

e) A quantidade de fósforo extraído não se mostrou diretamente ligada à produção, uma vez que os melhores tratamentos não retiraram sempre mais fósforo do solo do que os outros. Provavelmente, nestes casos as necessidades das plantas em fósforo estavam satisfeitas, concorrendo para o aumento de produção outros fatores que escapam à análise deste trabalho.

PHOSPHORUS AVAILABILITY OF BRAZILIAN ROCK PHOSPHATES AS INFLUENCED BY THE SOIL REACTION

A field experiment (Pindamonhangaba Exp. Sta.) and greenhouse test (Instituto Agronômico) were carried out to study the phosphorus availability of three Brazilian rock phosphates under different conditions of soil acidity. The soil on which the field experiment was conducted was classified as "série monotípica Pinda". Samples from the same soil were used for the greenhouse test. Araxá phosphate, Olinda phosphate, Alvorada phosphate (apatita do Morro do Serrote), and ordinary superphosphate were utilized as phosphate sources. Corn hybrid (HMD — 6999) was used as an indicator plant.

Twelve treatments were compared in the field experiment in a randomized block design with three replications. They were as follows: (1) NK; (2) NK + 1/2 lime; (3) NK + lime; (4) NK + superphosphate; (5) NK + superphosphate + 1/2 lime; (6) NK + superphosphate + lime; (7) NK + Olinda; (8) NK + Olinda + 1/2 lime; (9) NK + Olinda + lime; (10) NK + Araxá; (11) NK + Araxá + 1/2 lime; (12) NK + Araxá + lime. The results from the field experiment were measured as grain yields.

In the pot experiment, the same twelve treatments as mentioned above plus N_2, P_2O_5, K_2O , and NK + Alvorada in presence of three doses of lime (0, 1/2 and 1) were included. The pH of soil from the pots of all treatments was checked before

sowing. The results were measured as dry matter weight of aerial parts of the plants, harvested five days after the male inflorescence started to blossom. Determinations of CaO, MgO, and P_2O_5 were made.

The results from the field experiment indicated that the soil pH had no influence on the phosphorus availability of the rock phosphates tested. This fact might have been due to liberation of soil organic phosphorus, which may have masked the soil acidity effect. In the pot experiment, however, the results indicated that the effect of the soil pH varied according to the type of rock phosphate. The Alvorada phosphate was less available when the soil pH was increased by liming, and this effect was reflected on the weight of the plants. The Olinda and Araxá phosphates increased mass production when the highest rates of lime were applied.

LITERATURA CITADA

1. A.O.A.C. Oficial methods of analyses. 8.º ed. Washington 4, D.C. pág. 99. 1955.
2. CATANI, R. A., GALLO, J. R. & GARGANTINI, H. Amostragem do solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônômico, 1955. 29 p. (Boletim 69).
3. ————. Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre o pH e a porcentagem de saturação em bases. Rev. Agric., Piracicaba 30:49-60. 1955.
4. ELLIS, R. (Jr), QUADER, M. A. & TRUOG, E. Rock phosphate availability as influenced by soil pH. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 19:484-487. 1955.
5. GARGANTINI, H. Levantamento da fertilidade de solos da Estação Experimental de Pindamonhangaba. Bragantia 17:[177]-193. 1958.
6. JONES, U. S. Availability of phosphorus in rock phosphate as influenced by potassium and nitrogen salts, lime and organic matter. J. Amer. Soc. Agron. 40:765-770. 1948.
7. KÜPPER, A. VERDADE, F. C., HUNGRIA, L. S. & RUSSO, R. Levantamento pedológico da Estação Experimental de Pindamonhangaba. Bragantia 19:[229]-849. 1960.
8. ————. A dosagem do magnésio pela 8-hidroxiquinolina. In Reunião Brasileira de Ciência do Solo, 2.º, Rio de Janeiro, 1953. Anais. p. [145].
9. MENDES, W. & CASTRO, A. F. A influência da cal na adubação fosfatada. Boletim do S.N.P.A. n.º 13. 1954.
10. POETSCH, E., PILAZER, M. M., BERGOGLIO, H. & ARRUDA, A. A. G. Correção da solo e adubação fosfatada. In Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 4.º, Belo Horizonte. Anais p. [249]-273. 1953.
11. STEWART, A. B. Phosphate manuring and the effect of lime. The Scottish J. of Agriculture. Vol. 22. 1939.
12. WILLIAMS, E. F. Phosphate fixation in soils. The Scottish J. of Agriculture. Vol. 24. 1943.