

# AValiação Agronômica de Fosfatos Naturais COM Ênfase para Solos sob Vegetação de Cerrado - II <sup>1</sup>

Júlio Cesar A.J. de Magalhães<sup>2</sup>  
Francisco de A.F. de Mello<sup>3</sup>  
Maria Domitila Thomazi<sup>4</sup>

## EFICIÊNCIA DOS FOSFATOS NATURAIS E DE FONTES SOLÚVEIS DE FÓSFORO. EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO FOSFATADA

Conforme abordado no ítem anterior, diversos fatores do solo e da planta influenciam a solubilidade dos fosfatos naturais e, conseqüentemente, sua influência agronômica. São bem distintas as reações que ocorrem, quando são adicionados ao solo, fosfatos naturais e fontes solúveis de P. Os mecanismos responsáveis pela solubilização destes materiais, são, em linhas gerais, governados pelo gradiente de potencial osmótico estabelecido entre a solução fertilizante concentrada e a água do solo. A umidade do solo move-se em direção às partículas dos fertilizantes fosfatados adicionados ao solo. Entretanto, enquanto nos fosfatos solúveis em água forma-se uma solução quase saturada (sob condições não saturadas de umidade do solo) dentro e ao redor do grânulo do fertilizante, nos compostos de baixa solubilidade, como fosfatos dicálcicos e apatitas estas soluções saturadas são

<sup>1</sup> Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor.

<sup>2</sup> EMBRAPA.

<sup>3</sup> Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba.

<sup>4</sup> Aluna do Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Esc.Sup. de Agric. "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba.

muito diluídas e governadas pelo princípio do produto de solubilidade destes compostos. É pequeno, portanto, o gradiente osmótico estabelecido entre a solução fertilizante e a solução do solo, resultando num movimento muito lento da água em direção aos grânulos destes materiais. Consequentemente, somente pequenos volumes de solo ao redor da partícula são influenciados pela solução (SAMPLE **et alii**, 1980).

São inúmeros os trabalhos na literatura científica que comparam a eficiência agronômica dos fosfatos naturais com fontes solúveis de fósforo. Serão relatados neste item, tanto os efeitos iniciais, como também, com maior ênfase, os efeitos residuais da adubação com fosfatos naturais, confrontando-os com os resultantes da aplicação de fontes solúveis de P.

BENNET **et alii** (1957) conduziram ensaios em casa de vegetação, comparando a eficiência agronômica de sete fontes de fosfatos naturais, com o superfosfato, na produção de Capim Sudão e trevo ladino (*Trifolium repens*, cv. ladino) em dois solos, com e sem calagem. Encontraram uma diferença significativa entre as quantidades de fósforo disponível às plantas, das várias formas de fosfato natural, considerando-se os parâmetros produção de matéria seca e absorção de fósforo. Os autores ressaltaram que, embora a calagem e o tipo de solo tenham influenciado a disponibilidade de P das diversas fontes, as características de cada uma delas foram mais importantes que aqueles fatores.

O emprego de fósforo radioativo, com determinação de valores A para avaliar a eficiência agronômica dos fosfatos naturais e fontes solúveis de P, foi adotado por ESMINGER & PEARSON (1957) e MOSCHLER **et alii** (1957). Os primeiros estudaram, em experimentos de campo conduzidos em Alabama (EUA), a eficiência agronômica de diferentes fontes de fósforo, para culturas de milho e algodão (*Gossypium hirsutum* L.), cultivadas em um sistema de rotação, com ervilhaca. Após 15 anos, a adição de fertilizantes foi interrompida, para avaliação do efeito residual. Os valores A calculados mostraram que todas as fontes tiveram um efeito residual considerável, medido pela absorção de radiofósforo. Entretanto, verificaram-se diferenças, em função do tipo de solo: num solo barro arenoso fino, o superfosfato apresentou uma maior dispo-

nibilidade de fósforo residual, que o fosfato natural adicionado em dose dupla daquela da fonte solúvel; já num solo barro-siltoso, o fosfato natural apresentou disponibilidade idêntica ao superfosfato, quando ambas as fontes foram adicionadas em doses equivalentes. Para determinada fonte de fósforo, o efeito residual foi proporcional às quantidades adicionadas, quer considerando-se os dados de produção como as quantidades de P absorvido. MOSCHLER *et alii* (1957) encontraram resultados semelhantes, trabalhando com uma rotação milho-trigo-centeio. Após 40 anos da aplicação de superfosfato e fosfato natural, estes pesquisadores verificaram que, aproximadamente,  $3/4$  do P aplicado estava presente no solo como fósforo residual e que as produções das culturas foram iguais com a adição dos fertilizantes, exceto nos primeiros anos, quando o superfosfato proporcionou produções mais elevadas.

Estudos em casa de vegetação conduzidos por SMITH & GRAVA (1958), com a cultura do trigo, mostraram que a disponibilidade do fósforo no fosfato natural da Flórida (avaliada por dados de produção, porcentagem e conteúdo de fósforo na planta), foi superior à da argila xistosa, embora inferior à do fosfato monocálcico.

Aplicações contínuas de superfosfato proporcionaram produções mais elevadas para o trigo, enquanto que adições sucessivas de fosfato natural favoreceram mais o milho e o centeio, quando estas culturas foram cultivadas num sistema de rotação milho-trigo e associação de centeio-leguminosas. A avaliação do efeito residual do superfosfato mostrou que as produções tenderam a decrescer rapidamente, ocorrendo o contrário com os resíduos de aplicações do fosfato natural, que tenderam a aumentar as produções de todas as culturas (DOLL *et alii*, 1960). Resultados semelhantes foram obtidos por ARNDT & Mc INTYRE (1963), que constatarem uma maior eficiência imediata para o superfosfato simples, comparado ao fosfato natural, em fornecer fósforo para o sorgo cultivado em terra vermelha laterítica. Contudo, após 7 anos, a eficiência residual do superfosfato decresceu para 8%, enquanto o fosfato natural apresentou um valor residual de 60-70% do inicial.

Resultados concordantes com os supracitados foram obtidos por MOTSARA & DATTA (1971), que cultivaram tri-

go, milho, ervilha (*Pisum sativum* L.), batata e arroz (*Oryza sativa* L.) inundado, em solos com diferentes valores de pH. Eles constataram, também, que produções semelhantes foram obtidas com doses de 80, 160 e 240 kg de  $P_2O_5$ /ha, adicionado como fosfato natural.

ENGELSTAD *et alii* (1974) comprovaram a superioridade do superfosfato triplo em dois cultivos de arroz inundado, sobre os fosfatos naturais que, no entanto, apresentaram efeitos residuais substanciais. Ainda com a cultura do arroz, SHINDE *et alii* (1978) verificaram que os fosfatos naturais de Carolina do Norte e Gafsa, adicionados a um solo aeróbico úmido, duas semanas antes da inundação, proporcionaram produções semelhantes às obtidas com o superfosfato. Eles salientaram que, em solos ácidos, os fosfatos naturais podem ser tão eficientes quanto os fosfatos solúveis em água, em doses equivalentes de aplicação, quando adicionados a solos aeróbicos úmidos, duas a três semanas antes da inundação e transplântio do arroz. Sugeriram, também, a manutenção de uma certa quantidade de enxofre (adicionado como sulfato de amônio), que, conforme os referidos pesquisadores, pode beneficiar a utilização direta dos fosfatos naturais, mesmo em doses baixas de aplicação de fósforo.

Trabalhando com a cultura de amendoim (*Arachis hypogaea* L. var. Tatui 76) em solos das prinícies orientais da Colômbia, extremamente ácidos e deficientes em fósforo, SANCHEZ & OWEN (1978) comprovaram a superioridade do superfosfato e da escória de Thomas, na primeira colheita, sobre o fosfato natural de Pesca; porém, no segundo cultivo, não foram observadas diferenças significativas entre as três fontes de fósforo. Resultados análogos foram obtidos por HAMOND & LEON, s.d., citados por LEON & FENSTER (1979), num Oxisolo da Colômbia, com braquiária, em que foram comparadas seis fontes de fosfato natural, com doses variando de 0 (zero) a 400 kg de  $P_2O_5$ /ha. Somente no 1º cultivo, o superfosfato triplo mostrou-se superior aos fosfatos naturais. Estes, com o tempo, aumentaram sua eficiência, sobrepujando as produções obtidas com doses equivalentes de superfosfato triplo, já no 3º cultivo. Após 8 cortes, os autores sugeriram que doses de 50 a 100 kg de  $P_2O_5$ /ha são adequadas para produções de braquiária próximas das máximas, independente da fonte utilizada.

Combinações de aplicações básicas de fosfato natural a lanço, seguidas por adubações de manutenção com fonte solúvel de fósforo (superfosfato triplo e simples), foram relatadas em experimentos conduzidos por LEON & FENSTER (1979) e MOKWUNYE (1979), respectivamente, em solos da Colômbia e solos sob savana, da Nigéria. Os primeiros recomendaram a aplicação de apenas 50 kg de  $P_2O_5$ /ha, como adubação de manutenção, para o estabelecimento de *Brachiaria decumbens*, se aquela é precedida de uma aplicação básica de, no mínimo, 100 kg de  $P_2O_5$ /ha, como fosfato natural. O segundo autor evidenciou, também, o acentuado efeito residual do fosfato natural de Togo (África), cuja eficiência relativa média (comparada ao superfosfato simples) elevou-se de 70% (1º cultivo), para 96% no 2º cultivo, com milho.

No Brasil, os trabalhos de pesquisa sobre eficiência agrônômica dos fosfatos naturais tiveram grande impulso na década de 70, com a descoberta de extensas jazidas de fosfatos naturais, principalmente a de Patos de Minas, em Minas Gerais e Catalão, em Goiás, coincidindo com o acentuado encarecimento das fontes solúveis, conduzindo à necessidade do estabelecimento de estratégias para o uso adequado destes materiais (GOEDERT & LOBATO, 1980).

BRAGA (1970) efetuou uma extensa revisão dos trabalhos conduzidos com fosfatos naturais até aquela época. Entre outras conclusões, ressaltou a necessidade da avaliação da interação solo x vegetal x fertilizante, além de considerações de ordem econômica sobre a utilização do fosfato de Araxá. Para o referido autor, este fosfato se mostrou equivalente ao superfosfato, quando aplicado em quantidade quatro vezes superior (BRAGA, 1967). Diversas pesquisas mais recentes têm sido conduzidas com diferentes fontes brasileiras de fosfatos naturais, comparando-as entre si e com fontes estrangeiras mais reativas no solo, como os fosfatos de Gafsa, Carolina do Norte e outros. Via de regra, os fertilizantes brasileiros apresentam baixíssima eficiência agrônômica no primeiro cultivo, porém, tendem a melhorar no decorrer do tempo, como mostraram GOEDERT & LOBATO (1980), que redomendam sua utilização apenas para adubação corretiva, visando elevar o nível de fósforo no solo. Esta adubação corretiva deve ser suplementada com uma adubação

de manutenção no sulco de plantio dos cultivos anuais, utilizando-se uma fonte solúvel de P.

BLANCO **et alii** (1965) conduziram experimentos em casa de vegetação, num Latossolo Vermelho Escuro Orto, utilizando o trigo como planta-teste. Comprovaram a superioridade dos superfosfatos simples e triplo sobre os fosfatos naturais, com diferenças altamente significativas, que desapareceram, quando foi avaliado o efeito residual destes fertilizantes para a cultura da soja. Em ambas as culturas, o fosfato Alvorada propiciou produção superior à obtida com a fosforita de Olinda e apatita de Araxá. FEITOSA **et alii** (1978), igualmente com trigo, obtiveram resultados semelhantes, ao avaliarem a eficiência imediata de diversos fosfatos naturais para esta cultura. Dentre eles, sobressaíram-se os fosfatos Alvorada e Maranhão, embora inferiores às fontes mais solúveis (superfosfato triplo e termofosfato Yoorin).

Utilizando-se de diferentes técnicas (fósforo radioativo, Neubauer e *Aspergillus niger*), MELLO **et alii** (1974) avaliaram o efeito residual do superfosfato, fertifos e fosforita de Olinda aplicados a um solo arenoso (Regosol). Os efeitos residuais mais elevados foram observados para o fosfato natural de Olinda, a menos solúvel das fontes estudadas. O superfosfato e o fertifos (um fosfato precipitado) foram semelhantes em seus efeitos residuais. SIQUEIRA **et alii** (1975) também constataram efeito residual do fosfato de Jacupiranga, adicionado numa sucessão trigo-soja, em solo da unidade de mapeamento Passo Fundo (RS). Apesar dos baixos teores de P solúvel do adubo em questão, houve uma tendência a acréscimos no rendimento dos cultivos, a partir do 2º ano de experimentação, observando-se um aumento da produção da ordem de 500 kg/ha para o 4º cultivo (soja), quando se elevou de 100 para 200 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, a dose empregada.

CORDEIRO **et alii** (1978) apresentaram resultados de um experimento de campo em Latossolo Bruno (Guarapuava - PR), em que foram comparados diferentes fosfatos, quanto à sua eficiência agrônômica para a soja (cv. Paraná). Equações de regressão estabelecidas entre doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> adicionadas ao solo x produção de grãos de soja, mostraram superioridade para a fonte solúvel (superfosfato-triplo), seguida do fosfato Patos de Minas e do termofos-

fato IPT (semelhantes entre si). Os dados de produção para estas fontes ajustaram-se a um modelo quadrático. O fosfato de Catalão comportou-se como material inerte no solo.

Cultivando também soja, em casa de vegetação, nos solos São Pedro (Podzólico Vermelho Amarelo) e Alto das Canoas (Laterítico Bruno-Avermelhado Eutrófico) no Rio Grande do Sul, FERREIRA & KAMINSKI (1979) verificaram que o fosfato Patos de Minas granulado e em pó, e o fosfato de Gafsa granulado e aciculado, não foram eficientes na liberação de fósforo para a soja; porém, o fosfato de Gafsa, em pó, foi equivalente ao superfosfato triplo. Para estes autores, as diferenças entre os fosfatos naturais utilizados podem ser atribuídas às suas constituições, pois, enquanto o fosfato Patos de Minas é um fosfato apatítico, com pequeno grau de substituição isomórfica em sua estrutura cristalina, o fosfato de Gafsa apresenta alto grau de substituição do  $PO_4^{3-}$  pelo  $CO_3^{2-}$ , sendo por isto, facilmente solubilizado. Resultados semelhantes, com a mesma cultura, foram obtidos por BRAGA et alii (1980), com os fosfatos de Patos de Minas, Catalão e Araxá adicionados a um Latossolo Vermelho Escuro, textura média, em experimentação de campo. Os autores sugeriram que a reatividade nula dos fosfatos apatíticos foi consequência da natureza das amostras utilizadas no experimento e, provavelmente, de algum fator ambiente, como pH do solo, que foi superior a 5,5 em todos os tratamentos, podendo constituir-se em fator limitante da reação desses materiais com o solo.

Em trabalho recente, RAMOS (1982) avaliou o efeito de oito fosfatos como fontes de fósforo, na presença e ausência de calagem, para culturas de trigo (cv. IAC 5) e soja (cv. Davis) cultivadas em sucessão, em Latossolo Vermelho Escuro argiloso, na região dos Campos Gerais, Paraná. Para a cultura do trigo, destacaram-se os fosfatos de fusão (escória de Thomas e Termofosfato Yoorin), bem como os fosfatos naturais (farinha de ossos e fosfato de Gafsa), com eficiência semelhante aos superfosfatos. Para a soja, sobressaiu-se o fosfato de Alvorada entre os fosfatos naturais, mostrando-se mais eficiente que os superfosfatos, a partir do segundo ano de utilização.

CABALA & WILD (1982) comprovaram também, efeito be-

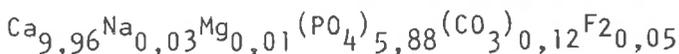
néfico da adição de um fosfato natural de baixa solubilidade, como o Patos de Minas, adicionado a 2 ultisolos e um oxiloso do Estado da Bahia. Num dos ultisolos (Tropudult Camaca), verificou-se uma boa resposta do sorgo à aplicação deste fosfato, embora a mesma tenha sido inferior aquela proporcionada por fosfatos mais solúveis, como Gafsa e Marrocos.

### O EMPREGO DOS FOSFATOS NATURAIS EM SOLOS SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO, COM ÊNFASE PARA O FOSFATO PATOS DE MINAS

Entre os primeiros trabalhos realizados com fosfatos naturais em solos sob vegetação de cerrado, visando avaliar sua eficiência agrônômica, estão os desenvolvidos pelos pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa-MG. NOVAIS (1969) considerou viável a utilização do tufito de Patos de Minas (material originário da decomposição de lavas e cinzas vulcânicas, devido a derrames ocorridos no Neo-Jurássico, conforme GOMES, 1958, citado pelo autor), na recuperação de solos sob cerrado, em áreas não muito distantes dos afloramentos. Ele obtve um aumento de 781 kg/ha (testemunha) para 4368 kg/ha de milho, com a aplicação de 10 t de tufito/ha e 400 kg de sulfato de amônio/ha. No 2º ano, o aumento em resposta ao efeito residual foi de 163 para 1.357 kg/ha. O tufito de Patos e a fosforita de Abaeté foram empregados por BRAGA et alii (1971), que adicionaram doses variando de 200 a 3.000 kg de  $P_2O_5$ /ha, num ensaio conduzido em casa de vegetação com painço (*Setaria italica* Beauv.) como planta-teste, cultivado em Latossolo Vermelho-Escuro textura média. Os fosfatos naturais foram comparados ao superfosfato simples, por meio do índice coeficiente de disponibilidade I.C.D. (relação entre a quantidade disponível do elemento no fertilizante e a quantidade utilizada pelo vegetal). Foram obtidos valores de I.C.D. muito baixos, 0,22 e 0,13, respectivamente, para o tufito de Patos e fosforita de Abaeté, utilizando-se a produção de massa verde. Para os referidos pesquisadores, estes valores de I.C.D., comparados com o do superfosfato simples (que é unitário), mostram a reserva que se deve ter na utilização destas fontes, principalmente para aplicações a curto prazo.

PEREIRA *et alii* (1974) estudaram o efeito da aplicação a lanço, de fontes de fósforo (superfosfatos simples e triplo, farinha de ossos, apatita de Araxá, termofosfato e escória de Thomas) em três doses (0, 50 e 100 kg de  $P_2O_5$ /ha), na nodulação e absorção dos nutrientes P, N, Ca, Mg e K, pela cultura da soja, cv. Mineira, cultivada em Latossolo Vermelho Escuro. Seus resultados concordam com os anteriormente citados, tendo-se constatado baixa eficiência agrônômica do fosfato de Araxá, que apresentou uma resposta linear sobre a produção de nódulos e percentagens de fósforo na folha, sugerindo, consoante os referidos autores, a necessidade de aplicações de doses mais elevadas de fósforo.

A jazida do fosfato Patos de Minas, descoberta por Adamir Gonçalves Chaves, pesquisador da Equipe do Departamento de Produção Mineral, em 1974, ocorre nos locais denominados Rocinha e Pirubinhas, no município de Patos de Minas-MG. Este fosfato é constituído pela colofana, mineral típico de depósito sedimentar, com forma criptocristalina, semelhante à apatita em composição. Sua origem é sedimentar, marinha e singenética, e a jazida está encaixada em rochas do grupo Bambuí, que foram submetidas a um intenso processo dinâmico, resultando em leve metamorfismo. Elas estão associadas ao Eo-Cambriano, integrando a sequência de natureza pelítica, frequente em várias ocorrências de fosfato sedimentar no mundo. O teor médio da jazida, em  $P_2O_5$ , é de 12,17% e as reservas medida e inferida, são, respectivamente, de, aproximadamente, 160.000.000 e 237.000.000 de toneladas (CHAVES, s.d.). GREMILLION *et alii* (1976), através de observações ópticas e de Raios-X, verificaram que as apatitas presentes em duas amostras de fosfato Patos de Minas eram, essencialmente, do tipo fluorapatitas, com um grau muito pequeno de substituição isomórfica do fosfato pelo carbonato. A fórmula empírica aproximada de uma destas amostras (denominada "concentrado fosfático") seria a seguinte, conforme os aludidos autores.



QUADRO I - Análise química de uma amostra de fosfato beneficiado ("Concentrado fosfático") do fosfato Patos de Minas.

Composição	% do total
CaO	29,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	22,7
F	1,8
CO <sub>2</sub>	0,67
Na <sub>2</sub> O	0,12
MgO	0,49
SiO <sub>2</sub>	30,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,9
K <sub>2</sub> O	1,3
Enxofre total	0,02
Carbono total	0,24
Cl <sup>-</sup>	0,009
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em citrato de amônio neutro	1,8
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico a 2%	5,3

Fonte: GREMILLION *et alii* (1976)

A influência do tempo de incubação sobre o aumento da eficiência dos fosfatos de Araxá, Patos de Minas, Catalão e Tapira, em relação ao superfosfato triplo, foi estudada por SOUZA (1977), em ensaios conduzidos em casa-de-vegetação, utilizando-se sorgo como planta-teste, cultivado nos solos Cambissol Latossólico Eutrófico, de Irecê (BA), de textura argilosa e Latossolo Vermelho Escuro, de textura média, coletado em áreas sob vegetação de cerrado de Ituiutaba-MG. Entre suas conclusões destacam-se:

a) A acidez do solo e o acréscimo do tempo de incubação melhoraram a eficiência dos fosfatos naturais, proporcionando maior produção de matéria seca e maior quantidade de fósforo absorvido pelo sorgo.

b) Os fosfatos naturais mostraram-se mais eficientes no Latossolo, do que no Cambissolo, em função do tempo de incubação, com maiores aumentos de produção de matéria seca e teor de fósforo absorvido.

c) No Latossolo, o fosfato de Araxá foi superior ao fosfato Patos de Minas e este superior ao fosfato de Catalão e Tapira, que não apresentaram diferenças entre si, quanto à produção de matéria seca, em todos os níveis e períodos de incubação.

d) A superioridade do superfosfato triplo sobre os fosfatos naturais (em ambos os solos e nos três períodos de incubação) decresceu com o tempo de incubação, sendo este decréscimo mais acentuado no solo sob cerrado.

Entretanto, BRAGANÇA (1979) e NOVAIS et alii (1980), trabalhando com fosfato de Araxá e com a mesma cultura, obtiveram resultados conflitantes com os supracitados.

Estes autores sugeriram que, embora haja uma reação do fosfato no solo, com o acréscimo do tempo de incubação, esta reação forma, aparentemente, produtos de menor disponibilidade de fósforo para as plantas, do que o material original.

Os resultados obtidos por CAMPO (1978), com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em três solos (LVd1, LVd2 e LEd) concordam com os de SOUZA (1977) com o fosfato de Araxá superando os fosfatos Patos de Minas e Tapira, quanto aos parâmetros avaliados (peso de matéria seca da parte aérea, fósforo absorvido e acumulado na matéria seca; fósforo "disponível" no solo, número de bactérias, número de fungos e número de actinomicetos no solo).

As eficiências agronômicas dos fosfatos Patos de Minas e Gafsa foram avaliadas (empregando-se o superfosfato triplo como fonte padrão), em experimentação de campo conduzida por CORDEIRO et alii (1979), num Latossolo Roxo Distrófico, de textura argilosa, no município de Dourados (MS), com as cultivares de soja Santa Rosa e Paraná. Eles observaram efeitos residuais quadráticos, para o superfosfato triplo e fosfato de Gafsa e efeito linear para o fosfato Patos de Minas, cuja eficiência em relação ao superfosfato triplo aumentou linearmente com as doses aplicadas. Foram estabelecidas as seguintes conclusões:

a) O fosfato de Gafsa apresentou uma eficiência média de 95% em relação ao superfosfato triplo, considerando-se o efeito residual. Com uma dose de manutenção de 70 kg  $P_2O_5$ /ha, como superfosfato triplo, no 2º cultivo, sua eficiência superou a desta última fonte.

b) o fosfato Patos de Minas apresentou uma eficiência média residual de 62% em relação à fonte padrão. Com a dose de manutenção de fósforo solúvel, a mesma elevou-se para 83%.

É oportuno realçar no trabalho em questão, a reação favorável do fosfato Patos de Minas no solo, contrastando com resultados obtidos em pesquisas conduzidas em outros solos da região dos cerrados. Por exemplo, GOEDERT & LOBATO (1980), em Latossolo Vermelho Escuro, textura argilosa, verificaram que este fosfato natural, após quatro cultivos sucessivos (trigo, soja, soja e arroz), mostrou eficiência agrônômica semelhante aos fosfatos de Araxá e Abaeté, superando apenas o fosfato de Catalão. O fosfato Patos de Minas alcançou um rendimento relativo de 46% (Produção máxima = 100%, obtida com 500 kg de  $P_2O_5$ /ha, como superfosfato triplo), apenas no 3º cultivo (soja), que aumentou para 79% no 4º cultivo (arroz), quando foi adicionada uma dose de 800 kg de  $P_2O_5$ /ha.

A época de aplicação dos fosfatos naturais, em relação à calagem, foi estudada por CANTARUTTI *et alii*, (1981), num solo Latossolo Vermelho Amarelo Câmbico Alíco, em que se cultivou sorgo granífero, híbrido TEY-101. A maior eficiência agrônômica dos fertilizantes foi alcançada quando eles foram adicionados ao solo trinta dias antes da aplicação do corretivo. Embora, de um modo geral, o fosfato Patos de Minas tenha proporcionado menores produções de matéria seca que o fosfato de Araxá, seu comportamento igualou-se ao desta fonte, quando ambos foram adicionados ao solo 30 dias após a aplicação do calcário.

Aduações com fosfatos naturais adicionados a lanco e incorporados ao solo foram comparadas em diversos trabalhos na região dos Cerrados, com combinações entre esta forma de aplicação e adições da fonte solúvel, no sulco de plantio. Esta última alternativa foi sugerida por GOEDERT & LOBATO (1980), que recomendam a utiliza

ção de fontes menos solúveis de fósforo, como adubação corretiva ou "fosfatagem" que deve ser suplementada por adubações de manutenção, com fonte solúvel de P, no sulco de plantio dos cultivos anuais. Adotando esta linha de pesquisa, SMYTH & SANCHEZ (1982) estudaram, num Latos solo Vermelho Amarelo coletado em área sob vegetação de cerrado, no CPAC, o efeito de doses de fosfato Patos de Minas e superfosfato simples e combinações destas fontes na produção de soja, cultivar Paranã-Precoce, durante um período de dois anos. Produções máximas de soja foram obtidas com o emprego da fonte solúvel (352 kg P/ha), a lanço. A adição isolada do Patos de Minas foi incapaz de fornecer fósforo suficiente às plantas, sendo necessários cerca de 4 kg de P/ha provenientes desta fonte, para obtenção de acréscimos em P disponível, semelhantes aos proporcionados por 1 kg de P/ha, como superfosfato simples. Entretanto, a combinação de, aproximadamente, 400 kg de  $P_{205}$ /ha, como fosfato Patos de Minas, a lanço, com cerca de 200 kg de  $P_{205}$ /ha, como superfosfato simples, no sulco de plantio, proporcionou um rendimento relativo de 81% da produção máxima de soja, a um custo de aplicação igual a 31% daquele decorrente da adição de 352 kg de P/ha, como superfosfato simples.

Resultados semelhantes foram obtidos por JUNQUEIRA NETTO *et alii* (1982), com a cultura do feijão, em Latos solo Vermelho Escuro Distrófico. A alternativa de combinação de fosfato natural e fonte solúvel de P, de modo análogo ao supra-indicado, apresenta-se conforme os autores, mais eficiente e econômica que o uso somente de fonte solúvel de fósforo, pois os fosfatos naturais são mais baratos que os industrializados. GOEDERT (1983), avaliando o efeito residual dos fosfatos Patos de Minas, Araxá e Catalão, em Latos solo Vermelho Escuro Distrófico, após seis anos de cultivo, no CPAC, concluiu que, de uma forma global, a eficiência dos fosfatos naturais em relação às fontes solúveis, atingiu os seguintes índices: 84 a 89% para o Patos de Minas, 82% para o Araxá e 69% para o Catalão, quando estes fertilizantes foram adicionados na dose de 44 ppm de P (200 kg de  $P_{205}$ /ha). O autor afirmou, também, que, apesar de equivalentes, o fosfato Patos de Minas apresenta uma eficiência levemente superior ao Araxá, devendo ser, portanto, em iguais

condições de preço, o mais recomendado para aplicação "in natura".

Trabalho bem recente, no CPAC, mostrou um efeito benéfico do fosfato Patos de Minas, semelhante ao do superfosfato simples, na produção de matéria seca de *Brachiaria humidicola*, em Latossolo Vermelho Amarelo. Após o terceiro ano de estabelecimento desta forrageira, os tratamentos com estes fertilizantes, na dose de 200kg de  $P_2O_5$ /ha, proporcionaram, aproximadamente, 80% da produção máxima obtida no experimento (EMBRAPA, 1982).

#### LITERATURA CITADA

- ARNDT, W. & G.A. McINTYRE, 1963. The initial and residual effects of superphosphate and rock phosphate for sorghum on a lateritic red earth. **Austr. J. Agric. Res.** 14: 785-795.
- BENNETT, O.L., L.E. ESMINGER & R.W. PEARSON, 1957. The availability of phosphorus in various sources of rock phosphate as shown by greenhouse studies. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 21: 521-524.
- BLANCO, H.C., W.R. VENTURINI & H. GARGANTINI, 1965. Comportamento de fertilizantes fosfatados em diferentes condições de acidez do solo para o trigo, com estudos do efeito residual para a soja. **Bragantia** 24(22): 261-279.
- BRAGA, J.M., 1967. **Contribuição ao estudo do fosfato de Araxá como fonte de fósforo em um solo de Viçosa, Minas Gerais**, Viçosa, UFV, 65p. (tese de mestrado).
- BRAGA, J.M., 1970. Resultados experimentais com o uso de fosfato de Araxá e outras fontes de fósforo. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 61p. (Bol. Téc. 21).
- BRAGA, J.M. et alii, 1971. Contribuição ao estudo da fosforita de Abaeté como fonte de fósforo para a fertilização do solo. **Seiva, Viçosa** 31(72): 46-57.
- BRAGA, J.M. et alii, 1980. Efeitos de fosfatos no crescimento e produção da soja. **R. bras. Ci. Solo** 4(1): 36-39.

- BRAGANÇA, J.B., 1979. Solubilização do fosfato de Araxá, em diferentes tempos de incubação em solos com diversos níveis de alumínio trocável, Viçosa, UFV, 69p. (tese de mestrado).
- CABALA, R.P. & A. WILD, 1982. Direct use of low grade phosphate rock from Brasil as fertilizer. I. Effect of reaction in time. *Plant Soil* 65: 351-362.
- CAMPO, R.J., 1978. Efeito da interação leguminosa - solo sobre o comportamento de fosfatos naturais, Viçosa, UFV, 40p. (tese de mestrado).
- CANTARUTTI, R.B. et alii, 1981. Época de aplicação de fosfato natural em relação à calagem, num solo com elevado teor de alumínio trocável. *R. bras. Ci. Solo* 5(2): 129-133.
- CORDEIRO, D.S. et alii, 1978. Pesquisas realizadas. In: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. Resultados de pesquisa de soja 1977/78, Londrina, p.31-43.
- CORDEIRO, D.S. et alii, 1979. Efeito de níveis e fontes de fósforo na produção e no rendimento econômico da soja na região de Dourados (MS). *R. bras. Ci. Solo* 3(2): 100-105.
- DOLL, E.C., H.F. MILLER & J.F. FREEMAN, 1960. Initial and residual effects of rock phosphate and superphosphate. *Agric. J. Madison* 52(5): 247-250.
- EMBRAPA, 1982. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF, 1982. Relatório Técnico Anual 1980-81, Brasília, 163p.
- ENGELSTAD, O.P., A. JUGSUJINDA & S.K. DE DATTA, 1974. Response by flooded rice to phosphate rocks varying in citrate solubility. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 38: 524-529.
- ESMINGER, L.E. & R.W. PEARSON, 1957. Residual effects of various phosphates as measured by yields,  $P_3^{32}$  uptake and extractable phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 21(1): 80-84.
- FEITOSA, C.T. et alii, 1978. Determinação preliminar de eficiência relativa de fosfatos para trigo, em casa de vegetação. *R. bras. Ci. Solo* 2(3): 193-195.
- FERREIRA, T.N. & J. KAMINSKI, 1979. Eficiência agrônômica dos fosfatos naturais de Patos de Minas e Gafsa, puros e modificados por acidulação e calcinação. *R. bras. Ci. Solo* 3(3): 158-162.

- GOEDERT, W.J. & E. LOBATO, 1980. Eficiência agronômica de fosfatos em solo de cerrado. **Pesq. agropec. bras.** 15(1): 1-17.
- GOEDERT, W.J., 1983. Efeito residual de fosfatos naturais em solos de cerrado. **Pesq. agropec. bras.** 18 (5): 499-506.
- GREMILLION, L.R., G.H. Mc CLELLAN & J.R. LEHR, 1976. Characterization of two phosphate rock samples from Patos de Minas, Brazil. Alabama, U.S.A., Tennessee Valley Authority, Division of Chemical Development 10p.
- JUNQUEIRA NETO, A., A.V.M. PINTO & J.F. SILVEIRA, 1982. Efeito de fontes, doses e formas de aplicação do fósforo na produção do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão (RENAF), 1, Goiânia. Anais... EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. p.190-191.
- LEON, L.A. & W.E. FENSTER, 1979. Management of phosphorus in the Andean Countries of Tropical Latin America. **Phospho Agric. London** 76: 57-75.
- NARAI, P.G. et alii, 1970. Ability of different plant species to absorb phosphate. **Agrochemophysica**, Johannesburg 2: 7-12.
- MELLO, F.A.F. de et alii, 1974. Efeito residual de superfosfato, fosfato precipitado e fosforita de Olin da em cana-de-açúcar. **An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"** 31: 243-249.
- MOKWUNYE, U., 1979. Phosphorus needs of soils and crops of the savanna zones of Nigeria. **Phospho Agric.**, London 76: 87-95.
- MOSCHLER, W.W., R.D. KREBS & S.S. OBENSHAIN, 1957. Availability of residual phosphorus from long-time rock phosphate and superphosphate applications to Groseclose Silt Loam. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 21 (2): 293-295.
- MOTSARA, M.R. & N.P. de DATTA, 1971. Rock phosphate as a fertilizer for direct application in acid soils. **J. Indian Soc. Soil Sci.** 19(1): 107-113.
- NOVAIS, R.F., 1969. Estudo preliminar sobre a utilização do "tufito" na recuperação de cerrados de Patos de Minas. **Seiva, Viçosa** 29(7): 5-13.

- NOVAIS, R.F., J.M. BRAGA & C.A.S. MARTINS FILHO, 1980. Efeito do tempo de incubação do fosfato de Araxá em solos sobre o fósforo disponível. **R. bras. Ci. Solo** 4(3): 153-155.
- PEREIRA, J., J.M. BRAGA & R.F. NOVAIS, 1974. Efeitos de fontes e doses de fósforo na nodulação da soja (*Glycine max* L. Merrill) e na sua absorção de nutrientes em um solo sob campo-cerrado. **Rev. Ceres** 21 (115) : 213-226.
- RAMOS, M.G., 1982. Avaliação da eficiência de oito fosfatos para as culturas de trigo e soja em um Latossolo Vermelho Escuro argiloso. **R. bras. Ci. Solo** 6 (1): 38-42.
- SAMPLE, E.C., R.J. SOPER & G.J. RACZ, 1980. Reactions of phosphate fertilizers in soils. In: KHASAWNEH, F. E., E.C. SAMPLE & E.J. KAMPRATH, ed. The role of phosphorus in Agriculture. Madison, Wisconsin, American Society on Agronomy, Cap. 11, p.263-310.
- SANCHEZ, S.L.F. & E.J.B. OWEN, 1978. Estudio comparativo de fuentes de fósforo en un oxisol de pie Monte. **Rev. I.C.A., Bogotá** 13(4): 641-648.
- SHINDE, B.N. et alii, 1978. P transformations from RP in acid soils and measures for increasing their efficiency for growing rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Soil** 49: 449-459.
- SIQUEIRA, O.J.P. de et alii, 1975. Efeito de três fontes de adubos fosfatados sobre os rendimentos de trigo e soja. In: Reunião Conjunta de Pesquisa de Soja, 3., Porto Alegre, RS. Londrina, EMBRAPA; Centro Nacional de Pesquisa de Soja, p.57-64.
- SMITH, F.W. & J. GRAVA, 1958. Availability of phosphorus contained in phosphatic shale compared to that contained in monocalcium phosphate and raw rock phosphate. **Soil Sci., Baltimore** 86: 313-318.
- SMYTH, T.J. & P.A. SANCHEZ, 1982. Phosphate rock and superphosphate combinations for soybeans in a Cerrado Oxisol. **Agron. J.** 74: 730-735.
- SOUZA, J., 1977. Fosfatos naturais como fonte de fósforo em diferentes períodos de incubação em dois solos, Viçosa, UFV, 55p. (tese de mestrado).