

03736

CPAC

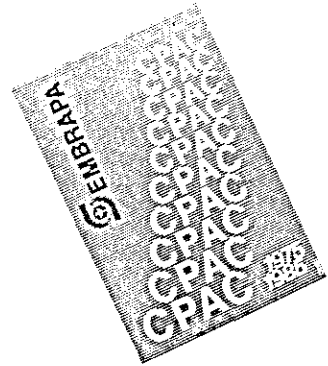
1986

FL-03736

técnica

Abril, 1986

Número 21



USO DE FOSFATOS NATURAIS EM PASTAGENS



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA

Uso de fosfatos naturais

1986

FL-03736

Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - CPAC



AI-SEDE-29770-1

CIRCULAR TÉCNICA N° 21

ISSN: 0102-0102

ABRIL, 1986

USO DE FOSFATOS NATURAIS EM PASTAGENS

Cláudio Sanzonowicz
Wenceslau J. Goedert



MINISTERIO DA AGRICULTURA - MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Planaltina, DF

Exemplares deste documento podem ser solicitados ao

Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
BR 020 - km 18 - Rodovia Brasília-Portaleza
Caixa Postal, 70-0023
73.300 - Planaltina - DF

Tiragem: 2.500

Editor: Comitê de Publicações

José Carlos Sousa Silva

José Luiz Fernandes Zoby

Luiz Carlos B. Nasser - Presidente

Raul Colvara Rosinha - Secretário

Wenceslau J. Goedert

Editoração: Antônio de Pádua Carneiro

Dilermando Lúcio de Oliveira

Normalização bibliográfica: Suzana Sperry

Composição: Adonias Pereira de Oliveira

Montagem: Nilda Maria da Cunha Sette

Distribuição: Daniel Venâncio Bezerra

Ficha catalográfica
(Preparada pelo SIDOC do CPAC)

Sanzonowicz, C.

Uso de fosfatos naturais em pastagens, por C. Sanzonowicz e W.J. Goedert. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1986.

33p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 21).

1. Pastagens - fertilização - Fosfato natural. 2. Fosfato natural. 3. Fósforo. I. Sanzonowicz, C., colab. II. Goedert, W.J., colab. III. Título. IV. Série.

CDD 633.2

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
INTRODUÇÃO.....	5
ADUBAÇÃO FOSFATADA EM PASTAGENS.....	6
EFICIÊNCIA DE FOSFATOS NATURAIS EM PASTAGENS.....	15
Resposta da <u>Brachiaria decumbens</u> a doses e fontes de fósforo....	19
Resposta da <u>Brachiaria humidicola</u> a fontes de fósforo.....	23
Resposta de <u>Andropogon gayanus</u> a fontes de fósforo.....	23
DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

USO DE FOSFATOS NATURAIS EM PASTAGENS¹

C. Sanzonowicz²
W.J. Goedert³

RESUMO

A eficiência de uma fonte de fósforo está relacionada às suas características, mas também depende do tipo de solo e do comportamento da espécie vegetal. Os fosfatos naturais brasileiros são de baixa solubilidade e de dissolução lenta. A eficiência agrônômica inicial é baixa, aumentando com o passar do tempo. A decisão sobre a viabilidade do uso dos fosfatos naturais brasileiros para pastagens não pode ser generalizada; contudo, os resultados experimentais mostram que a utilização dessas fontes torna-se viável, desde que a estratégia de manejo seja adequada. Nesse aspecto merecem destaque a escolha da espécie forrageira, da dose e do modo de aplicação do fosfato, do tipo de solo, e a relação de preços da unidade de fósforo total na forma de fosfato natural e na de fosfato solúvel.

INTRODUÇÃO

O sucesso no estabelecimento e na manutenção de pastagens depende de vários aspectos, mas, considerando-se a baixa fertilidade natural da maioria dos solos brasileiros, assume papel fundamental a prática da adubação.

Além da baixa capacidade nutricional do solo, deve-se considerar que uma pastagem pode retirar quantidades substanciais de nutrientes do solo. Em termos médios, para produzir 10 toneladas de matéria seca, uma pastagem extrai cerca de 400 kg/ha dos três macronutrientes, expressos em N, P₂O₅ e K₂O. Mesmo que parte desses elementos retorne através de excrementos animais, a "exportação" de nutrientes

¹Trabalho apresentado no 7º Simpósio sobre Manejo de Pastagens ESALQ/CATI. Piracicaba, SP. 4 a 6.9.1984, e publicado pela Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz.

²Eng.-Agr., M.Sc.

³Eng.-Agr., Ph.D.

pode ser elevada, requerendo pesadas adições de fertilizantes, para repô-los ao solo.

Entre os nutrientes, o fósforo é o mais importante, principalmente na formação de pastagem, pois a maioria dos solos brasileiros contém baixo teor desse elemento disponível para as plantas. Ademais, os solos argilosos apresentam alta capacidade de retenção do fósforo aplicado, exigindo, em consequência, doses relativamente altas desse fertilizante. A falta de atenção nesse aspecto tem sido a causa mais frequente do fraco estabelecimento de pastagens ou a sua precoce degradação.

A alta participação da adubação fosfatada no custo de formação e manutenção das pastagens faz com que se busquem tecnologias que resultem na maior eficiência dessa prática, ou seja, no maior retorno por unidade de fósforo aplicado. Vários fatores são importantes nessa tarefa, e mais, seus efeitos não podem ser facilmente individualizados. Entre os fatores mais citados, têm-se: o tipo de solo, principalmente sua textura e seu nível de acidez; o estado de equilíbrio entre o P e os demais nutrientes; a dose e o modo de aplicação do fertilizante; e a fonte do fósforo.

A busca e o teste de fontes alternativas de fósforo têm sido preocupação constante da pesquisa. O uso de fosfatos solúveis tem sido limitado pelo seu elevado custo, considerando-se o lento retorno da atividade agropecuária e o fato de que o efeito residual desses fosfatos decresce com o passar do tempo. Por esta razão, existe permanente interesse em conhecer a viabilidade da utilização de fosfatos de dissolução mais lenta no solo e de menor grau de processamento industrial e, por isso, de menor custo por unidade de fósforo total.

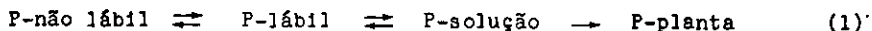
O objetivo desse trabalho é analisar e discutir o potencial do uso de fosfatos naturais brasileiros em pastagens, à luz dos resultados experimentais disponíveis, considerando-se a variação na exigência das espécies forrageiras, os tipos de solos e as características dos fosfatos brasileiros disponíveis no mercado.

ADUBAÇÃO FOSFATADA EM PASTAGENS

A eficiência da adubação fosfatada e, conseqüentemente, a eficiência de qualquer fonte de fósforo, está relacionada a vários as-

pectos, dos quais parecem mais importantes: o tipo de solo, o comportamento da espécie forrageira e as características do fosfato utilizado.

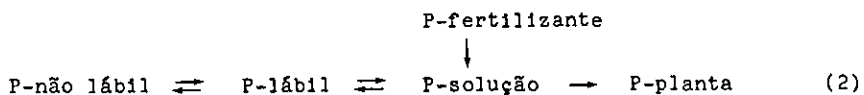
A influência do tipo de solo depende do equilíbrio do fósforo no solo sob cultivo, conforme está representado pela equação 1. O P-não lábil representa as formas de fósforo precipitadas ou adsorvidas pelo solo com elevada energia e, por isso, pouco disponível para as plantas. Já o P-lábil reúne aquela porção do P que está, de alguma forma, em equilíbrio com o P-solução, podendo, assim, repor para a solução os íons fosfatados (normalmente, H_2PO_4 ou HPO_4) à medida que estes são absorvidos pelas plantas.



A quantidade relativa de cada forma de P varia de solo para solo, sendo função de sua textura e mineralogia, principalmente. Em solos argilosos e com alto conteúdo de óxido de Fe e de Al, a grande maioria do P (mais de 80%) está na forma não lábil; e apenas uma pequena proporção (menos de 1%) se encontra na solução do solo.

O equilíbrio da equação 1 depende de várias propriedades do solo, principalmente do seu pH. A elevação do pH, até valores em torno de 6,5, favorece o equilíbrio para a direita, ou seja, favorece a liberação de P para a solução.

Quando um fertilizante fosfatado é adicionado ao solo, o P deverá sair do composto aplicado, passando para a solução, a fim de que possa ser absorvido pela planta, conforme mostra a equação 2.



Se a fonte de P é de alta solubilidade, pode haver alta proporção de imobilização de P, por reações de precipitação ou de adsorção. Se, por outro lado, a sua solubilidade for muito baixa, a velocidade de liberação de P pode estar abaixo daquela requerida pelas plantas.

Outro aspecto que fica evidente para equação 2 é de que a liberação de P de uma determinada fonte depende do "força" ou velocidade com que o P é retirado da solução do solo, seja pela absorção da plan-

ta seja pela adsorção do solo. Assim, uma fonte de baixa solubilidade, potencialmente, se dissolve mais rapidamente em solos com alta capacidade de retenção de P (solos argilosos e ácidos). A Figura 1 ilustra esse fato para um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso (LE), onde se verifica que a eficiência agronômica de um fosfato natural de baixa solubilidade (Araxá) decresce com o aumento de calagem; o inverso ocorre para um fosfato solúvel. Contudo, esse efeito desaparece com o passar do tempo (dez anos), possivelmente refletindo os efeitos benéficos da calagem na produção de plantas.

A eficiência da adubação fosfatada está, também, intimamente ligada à capacidade da planta em absorver o P do solo e utilizá-lo mais eficientemente em seu metabolismo. Cada espécie vegetal tem comportamento diferencial.

O potencial de uma espécie vegetal em absorver ou retirar P do solo está ligado a sua capacidade em desenvolver o sistema radicular, já que o movimento dos íons fosfatos do solo para a raiz se processa, predominantemente, por difusão e, desse modo, está diretamente relacionado à área de raízes.

Outra característica importante da planta diz respeito à sua velocidade de crescimento. Espécies que crescem muito rapidamente (por exemplo, culturas anuais) necessitam de grande quantidade de P em curto espaço de tempo. Para essas plantas, o nível de P-solução (equação 2) deve ser mantido alto e a sua reposição deve ser rápida. Por isso, fontes de baixa solubilidade têm poucas chances de atender a essa demanda, conforme tem sido verificado com relação à eficiência agronômica de fosfatos naturais brasileiros para culturas anuais (Raij & Diest, 1980; Oliveira et al., 1984 e Goedert & Lobato, 1984).

Em resumo, a resposta das diversas espécies forrageiras à adubação fosfatada depende da sua velocidade de crescimento, da sua exigência em fósforo e da sua capacidade em desenvolver o sistema radicular, principalmente em condições adversas de solo. Os dados apresentados nas Figuras 2 a 4 caracterizam essas diferenças entre algumas espécies forrageiras comuns no Brasil.

A Figura 2 mostra que o nível de exigência, representado pelo teor de P no tecido vegetal, é bastante diferenciado para as gramíneas Makueni, Green Panic, Andropogon e Setária.

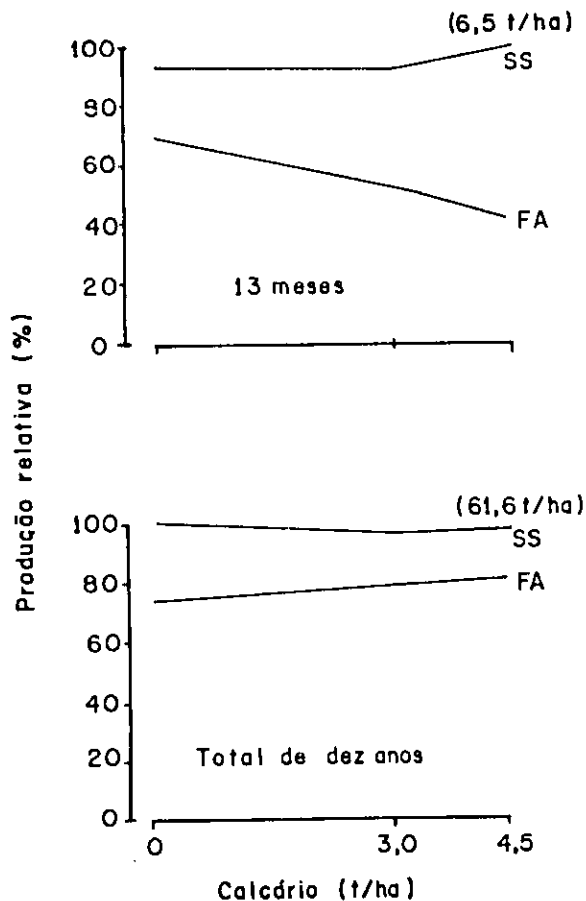


FIG. 1. Efeito da acidez do solo na solubilidade do fosfato natural de Araxá (FA) e do superfosfato simples (SS) com o cultivo de *Brachiaria decumbens* em um LE do DF, em dois períodos após a aplicação do calcário. Os valores entre parênteses correspondem a 100% da produção de matéria seca, na média das doses de P (263 kg/ha).

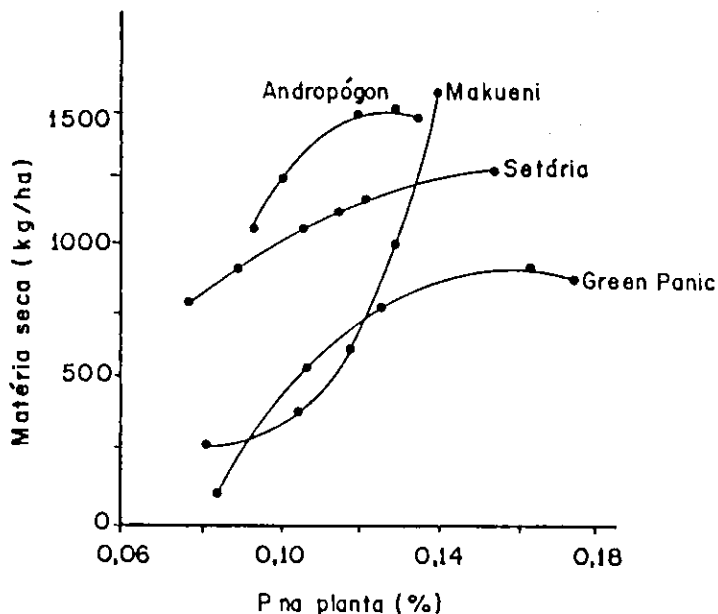


FIG. 2. Produção de matéria seca de quatro gramíneas forrageiras em função do conteúdo de P no tecido das plantas (Fonte: COUTO, et al., 1984a).

Para se obter uma determinada produção de matéria seca, essas espécies exigem diferentes teores de P no tecido vegetal, os quais são mais baixos para o Andropogon e mais altos para o Green Panic.

O mesmo acontece com as espécies de forrageiras leguminosas (Figura 3), entre as quais sobressai o *Stylosanthes guianensis* por seu baixo nível de exigência, quando comparado com o de outras forrageiras do mesmo gênero, como o da Centrosema e da Zórnia.

Esse comportamento diferencial determina o nível de manejo mais adequado para cada espécie. A Figura 4 mostra a performance dos capins Makueni e Andropogon em resposta à calagem e à adubação fosfa-

tada. Em condições de elevada acidez, o capim Makueni tem baixo desenvolvimento, mesmo nos níveis mais elevados de fósforo. Já o capim Andropógon mostra excelente adaptação a solo ácido, apesar de também responder significativamente à calagem. Esses resultados evidenciam que o capim Makueni é uma espécie mais exigente em aspectos nutricionais, sendo recomendado para solos com baixa acidez e bem supridos de fósforo. Potencialmente, uma fonte de P de baixa solubilidade não teria boa eficiência para essa espécie. Entretanto, o inverso é verdadeiro para o capim Andropógon.

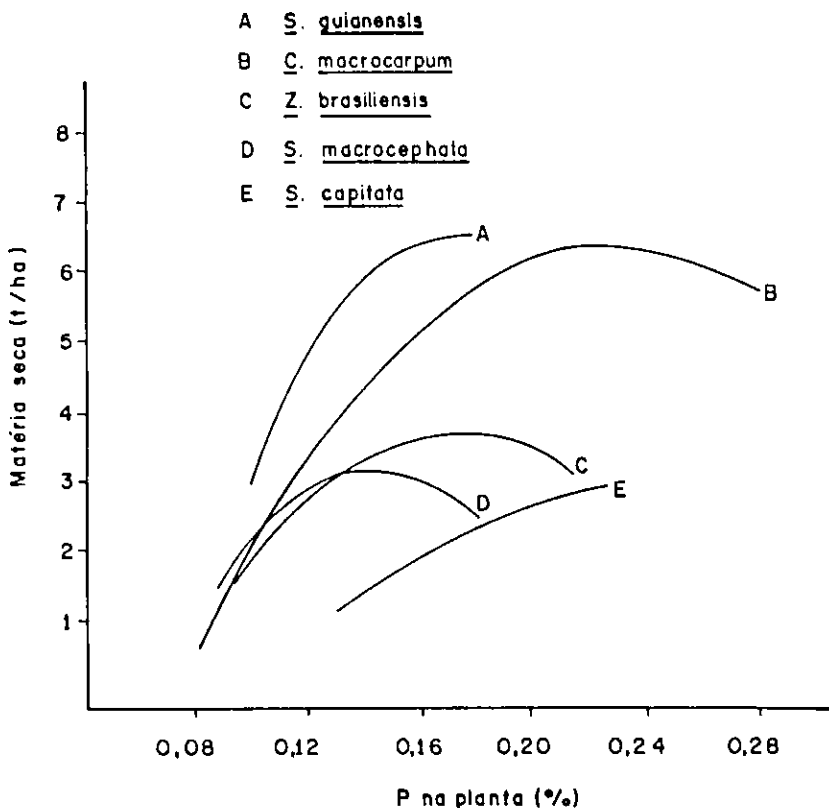


FIG. 3. Produção de matéria seca de cinco leguminosas em função do conteúdo de P no tecido das plantas (Fonte: COUTO et al., 1984b).

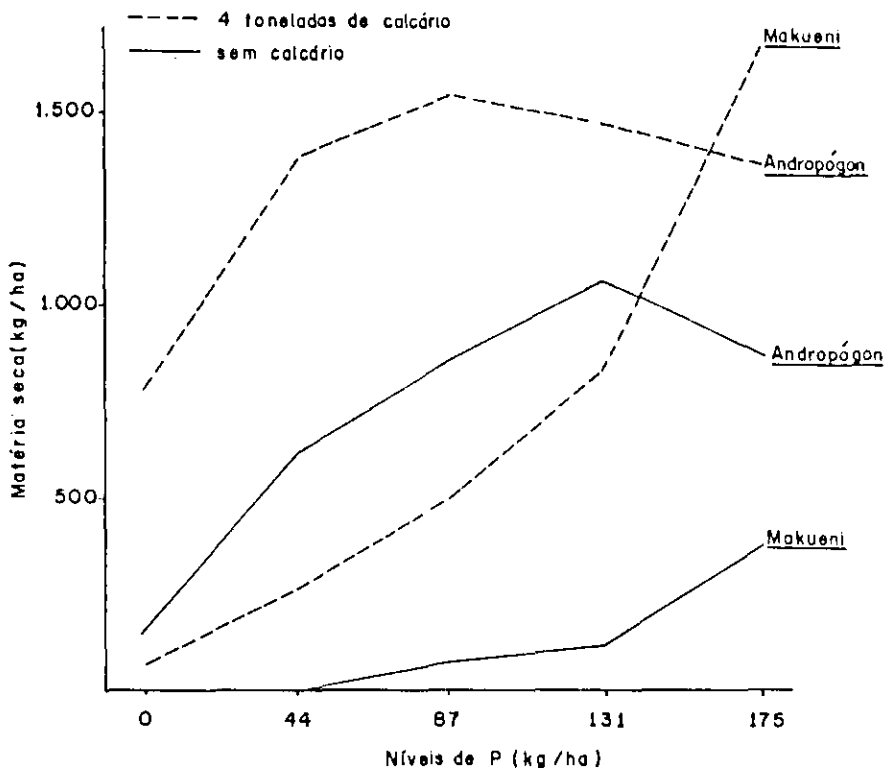


FIG. 4. Produção de matéria seca de dois capins em função do efeito residual de fósforo e do calcário aplicados, num período de 10 anos, em um Latossolo Vermelho-Escuro de textura argilosa (média de 3 cortes) (Fonte: COUTO et al., 1985).

Os exemplos apresentados (Figuras 2 a 4) mostram que existem espécies forrageiras mais adaptadas às condições de acidez do solo e menos exigentes em níveis de fósforo disponível na solução do solo. Para tais espécies é de se esperar que fontes de fósforo com baixa solubilidade tenham maior eficiência do que para espécies mais exigentes.

A eficiência das fontes de fósforo, contudo, depende principalmente das suas características e, sobretudo, da sua solubilidade. Na Tabela 1, são resumidas algumas propriedades das fontes de P mais comuns no mercado brasileiro. Todos os fosfatos naturais são apatíticos, ou seja, predominantemente fosfatos de cálcio. O teor de P_2O_5 total dos concentrados fosfáticos varia de 23 a 40%. Contudo a solubilidade, medida por extratores tradicionais, é muito baixa quando comparada com a dos superfosfatos, termofosfatos e mesmo com a de alguns fosfatos naturais estrangeiros.

TABELA 1. Características químicas de fosfatos naturais brasileiros (Fonte: Alcarde e Ponchio, 1980).

Fosfato natural	P_2O_5 total ¹	P_2O_5 solúvel em ácido cítrico (2%)	P_2O_5 solúvel em citrato de amônio
		----- (%) -----	
F. Abaeté (MG)	24	4,0	1,1
F. Araxá (MG)	36	4,5	1,9
F. Catalão (GO)	37	2,5	0,1-1,5
F. Jacupiranga (SP)	33	1,9	0,3
F. Patos (MG)	24	3,8	2,3
F. Tapira (MG)	37	2,6	1,7
F. Olinda (PE)	26	5,3	1,3
F. Alvorada (SP)	30-36	5,5-6,6	2,0-3,0
F. Ipanema (SP)	40	2,9	1,7

¹ Para transformar P_2O_5 em P, dividir por 2,29.

Com base nos dados da Tabela 1, pode-se antecipar que a liberação de P dos fosfatos naturais brasileiros, uma vez incorporados ao solo, deverá ser lenta. Vários trabalhos têm demonstrado que existe estreita correlação entre a eficiência agrônômica e a taxa de extração de P por soluções de água, ácido cítrico e citrato neutro de amônio (Franco, 1977, e Barreto, 1977).

Em virtude da baixa solubilidade dos fosfatos naturais brasileiros, há necessidade de se encontrar estratégias de manejo que propiciem um melhor aproveitamento dessas fontes. Para que o fósforo seja liberado da apatita, é preciso que ocorra a reação entre a fonte aplicada e o solo. A liberação de P é proporcional à intensidade dessa reação e, por isso, é conveniente proporcionar o máximo de contato entre as partículas do fosfato natural e o solo. Nesse aspecto assumem importância o grau de moagem do fosfato, o modo de aplicação e a incorporação da fonte. Para fontes de baixa solubilidade, parece recomendável aplicá-las em forma de pó (mais fino possível), e incorporá-las de modo a se obter o máximo de contato com as partículas do solo. Conforme foi evidenciado por Barreto (1977), a eficiência de um fosfato natural decresce se as partículas são agrupadas na forma de grânulos.

A eficiência agronômica de uma fonte de fósforo pode ser determinada de várias maneiras. Tradicionalmente essa medição tem sido feita pela experimentação em ambientes controlados e no campo, utilizando-se um fosfato solúvel (por exemplo, um superfosfato) como fonte de referência. É ainda essencial que esses testes sejam realizados com solo que permitem resposta significativa à aplicação de fósforo. A maneira ideal seria obter-se uma curva de resposta para a fonte de referência e para a(s) fonte(s) que se deseja estudar. A simplificação pelo uso de apenas uma dose é válida se a escolha dessa dose for adequada, ou seja, se localizada na porção ascendente da curva de resposta.

Alguns índices têm sido usados para expressar a eficiência agronômica, tais como: percentagem relativa, índice de eficiência agronômica (IEA) e equivalente supertríplo (EqST). A percentagem relativa reflete bem a eficiência comparativa entre fontes somente quando o rendimento mais alto obtido no experimento se aproxima do potencial máximo da produção da espécie e quando a produção relativa na parcela sem fósforo (testemunha) for baixa.

Na Tabela 2, são mostrados esses índices para alguns fosfatos naturais brasileiros, em experimento conduzido em solo LE. A aplicação dos fosfatos foi feita apenas antes do primeiro cultivo. Cinco cultivos com culturas anuais foram realizados, após o quê, foi estabelecido o capim Andropogon. Os resultados obtidos nesse experimento confirmam a baixa eficiência agronômica dos fosfatos naturais brasileiros, mormente quando se trata de cultivos anuais, de crescimento rápido e, por

isso, de elevada exigência em fósforo. Os dados da Tabela 2 mostram também que a situação melhora sensivelmente para o capim Andropogon, embora essa espécie tenha sido implantada cinco anos após a aplicação dos fosfatos, além de ser uma planta com alta capacidade de extrair fósforo do solo.

EFICIÊNCIA DE FOSFATOS NATURAIS EM PASTAGENS

Pelas discussões no item anterior fica evidente que os fosfatos naturais brasileiros são de lenta dissolução e que a viabilidade do seu uso in natura está na dependência de vários aspectos, com destaque para o tipo de solo e o nível de exigência da espécie forrageira.

Muitos trabalhos de pesquisa têm sido realizados no Brasil, visando conhecer a eficiência agrônômica dos fosfatos naturais em pastagens (Tabela 3). A interpretação conjunta dessas informações fica difícil, devido à desuniformidade da metodologia utilizada. Vários trabalhos não especificam as características da fonte de fósforo empregada e nem esclarecem se foi tomado como base para sua aplicação o teor total de P ou o teor de P solúvel em um determinado extrator. Além disso, as doses de P aplicadas são muito variáveis, dificultando a comparação do índice de eficiência nos vários experimentos. Em alguns ensaios não foi planejado o tratamento testemunha (sem fósforo), desse modo não permitindo o cálculo do IEA.

Apesar dessas limitações, os dados da Tabela 3 permitem que se façam algumas observações, tais como:

- a. a eficiência dos fosfatos naturais depende da espécie vegetal e do tipo de solo;
- b. a elevação do pH do solo diminui a eficiência dos fosfatos naturais;
- c. o valor do IEA depende da dose testada, sendo muito baixo para doses baixas; o que indica que essas doses, na forma de fosfato natural, não foram suficientes para promover um bom estabelecimento da pastagem;
- d. com doses muito altas de P aplicado, o valor do IEA tende a ser alto, possivelmente refletindo o fato de que as curvas de resposta com as várias fontes estão convergindo para o teto da produção máxima;

TABELA 2. Fósforo retirado durante oito anos de cultivo, índice de eficiência agrônômica (IEA) e equivalente supertríplo (EqST) das fontes de fósforo testadas (Fonte: Goedert e Lobato, 1984).

Fontes	Níveis (kg/ha)	P retirado total		IEA (%) ¹			EqST(%) ² (total)
		kg/ha	(%)	Culturas anuais	Andropógon	Total	
-	0	14,4	24	-	-	-	-
Superfosfato triplo	44	31,7	52	-	-	-	-
	88	34,6	57	-	-	-	-
	175	46,6	76	-	-	-	-
	350	59,8	98	-	-	-	-
	700	61,2	100	-	-	-	-
Termo magnésiano (Yoorin)	88	37,3	61	92	142	113	>100
Gafsa	88	35,4	58	93	110	104	90
Flórida - USA	175	48,5	79	96	129	106	100
Tennessee - USA	175	47,2	77	85	141	102	93
Patos - MG	88	26,3	43	45	81	59	45
	350	46,2	76	56	91	70	44
Araxá - MG	88	22,7	37	27	69	41	33
	350	40,6	66	47	74	58	32
Abaeté - MG	88	23,1	38	21	86	43	35
	350	39,9	65	47	71	56	31
Catalão - GO	88	17,9	29	8	36	17	15
	350	29,2	48	26	43	33	15

$$^1 \text{ IEA} = \frac{\text{P retirado fonte x} - \text{P testemunha}}{\text{P retirado ST} - \text{P testemunha}} \times 100$$

² E ST = relação percentual entre dose de ST e dose de outra fonte que corresponde à mesma produção (absorção de P).

TABELA 3. Índice de eficiência agronômica (IEA) e eficiência relativa dos fosfatos naturais brasileiros testados com espécies forrageiras, em diversos solos e nas diferentes regiões do Brasil.

Local	Solo	pH	Espécie	Níveis de P (kg/ha)	Fonte ¹ de P	IEA (%)	Eficiência relativa %	Ambiente/ duração ²	Referência
Campinas-SP	-	4,5 5,5	Soja Perene	52	AR/SS	17	41	C (5)	Neme & Lovadini (1967)
					OL/SS	19	43		
					AR/SS	14	44		
					OL/SS	25	51		
N. Odessa-SP	PV	5,6	Pangola	60	OL/SS	0	90	C (2)	Werner et al. (1967)
N. Odessa-SP	PV	Bom	Pangola	33	AT/ST	0	81	C (3)	Werner et al. (1968)
					OL/ST	2	82		
					AV/ST	0	82		
					AR/ST	50	94		
				66	OL/ST	48	94		
					AV/ST	88	98		
					AR/ST	-	103		
					Siratro	-	100		
Sete Lagoas-MG	LE		Soja Perene	65	AR/ST	-	103	C (1)	Ferreira et al. s.d.
Guaíba-RS	LB	5,2 5,9	Rhodes-desmódio	52	AR/ST	84	96	C (2)	Macedo (1975)
					JC/ST	26	82		
					AR/ST	14	73		
					JC/ST	0	61		
Lagoa Vermelha-RS	LH	4,8	Festuca + Trevo Vermelho		AR/ST	50	54		
					JC/ST	23	30		
Sete Lagoas-MG	LV		Gordura + S. guyanensis	218	AR/SS	30	90	C (3)	Ferreira & Carvalho (1978)
Sete Lagoas-MG	LV e	4,8 e	Brachiaria, Gordura e						
Piracicaba-SP	PV	4,9 5,4	Soja Perene	52	AR/ST	-	83	Vaso	Carriel (1981)
					PT/ST	-	58		
					AR/ST	-	49		
					PT/ST	-	37		
Guaíba-RS	LB	5,2 5,9	Siratro, Desmódio e Soja perene	435	AR/ST	72	91	C (2)	Scholles et al. (1981)
					JC/ST	30	88		
					AR/ST	41	92		
					JC/ST	7	81		

TABELA 3. (continuação)

Local	Solo	pH	Espécie	Níveis de P (kg/ha)	Fonte ¹ de P	IEA (%)	Eficiência relativa %	Ambiente/ duração ²	Referência
Brasília-DF		4,5	Brachiaria decumbens	38	AR/SS	0	26	C (3)	Yost et al. (1982)
				150		60	69		
				600		79	82		
		5,4	38		23	61			
			150		45	57			
			600		73	72			
Paragominas-PA	LA	5,0	Colonião	22	AR/SS	0	73	Vaso	Teixeira Neto et al. (1983)
São Carlos-SP	-	Ácido	Andropogon	0 a 130	AR/SS	54	-	Vaso	Novae et al. (1983)
R. de Janeiro-RJ	LV	4,0	Colonião		PT/ST	-	59	Vaso	COSTA et al. (1983)
			Andropogon			-	19		
			Setária			-	75		
			Brachiaria			-	60		
			Stylosanthes			-	85		
Brotas-SP	AQ	5,6	Colonião	52	AR/ST	-	88	C (2)	Leite et al. (1984)
					OL/ST	-	85		
			Soja Parene		AP/ST	-	81	C (1)	
					OL/ST	-	124		

¹ AR = Fosfato natural de Araxá (MG)

PT = Fosfato natural de Patos (MG)

OL = Fosforita de Olinda (PE)

AV = Fosfato natural Alvorada (SP)

JC = Fosfato natural de Jacupiranga (SP)

TP = Fosfato natural de Tapira (MG)

SS = Superfosfato simples

ST = Superfosfato triplo

² Experimento realizado em casa de vegetação (Vaso), Campo (C). O número entre parênteses corresponde a duração em anos.

- e. a maioria dos experimentos são de curta duração, não permitindo uma avaliação completa do efeito residual;
- f. a média aritmética dos valores do IEA (Tabela 3) se situa em torno de 33%, o que fornece alguma indicação da performance dos fosfatos naturais brasileiros, a curto prazo.

Com o objetivo de complementar as informações da literatura, pretende-se discutir com mais detalhe alguns experimentos em andamento no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC/EMBRAPA), em Planaltina-DF. Esses ensaios estão localizados em solos ácidos, com elevada deficiência de fósforo e, portanto, apropriados para avaliar a eficiência de fontes de fósforo de baixa solubilidade. Adicionalmente, as espécies forrageiras testadas têm se mostrado de excelente adaptação para esse tipo de solo e de ambiente.

Resposta da Brachiaria decumbens a doses e fontes de fósforo

Em 1974 foi iniciado um estudo em que são comparados o fosfato natural de Araxá, o fosfato de Gafsa (Hiperfosfato), o termofosfato magnesiano (Yoorin) e o superfosfato simples, durante 10 anos, em um solo LE de textura argilosa, originalmente sob vegetação de Cerrado. As características de fertilidade do solo (0 a 20 cm de profundidade) eram: pH de 4,5; Al⁺³ de 1,4 me/100 cc; Ca + Mg de 0,20 me/100 cc; P extraível por Mehlich de 0,5 ppm.

O calcário e os fosfatos foram aplicados na superfície e incorporados na camada arável; somente antes do plantio da forrageira, exceto para um tratamento adicional em que o superfosfato simples foi aplicado em cobertura. Foram utilizadas três doses de P total (38, 150 e 600 kg/ha) para todas as fontes, combinadas com três níveis de calagem (zero, 3,0 e 4,5 t/ha de calcário dolomítico). As produções de matéria seca acumuladas durante 10 anos encontram-se na Tabela 4. Tendo em vista a pouca resposta à adição de calcário, as produções representam a média dos três níveis de calagem. Em média foram realizados dois cortes por ano, sendo a parte aérea retirada das parcelas experimentais. Os demais nutrientes (K, N, S e Zn) foram adicionados anualmente, visando repor as extrações.

De modo geral, tem se verificado resposta na produção de matéria seca até o nível mais elevado de P aplicado. No entanto os maiores acréscimos de produção se verificaram quando se aumentou o nível de P de 38 para 150 kg/ha.

TABELA 4. Produção total de matéria seca de Brachiaria decumbens cultivada durante dez anos (23 cortes), em resposta a doses e fontes de fósforo aplicado em solo LE.

Fonte de P	kg de P/ha	Produção		IEA ³ (%)
		(t/ha)	(%) ²	
Testemunha	0	17,7	17	-
F.N. Araxá	38	17,8	17	01
	150	47,6	46	61
	600	92,4	90	88
	150	61,3	60	89
F.N. Carolina do Norte	38	24,7	24	66
	150	63,3	62	93
	600	99,9	97	97
Termofosfato (Yoorin)	38	25,6	25	75
	150	64,8	63	97
	600	109,4	106	108
Superfosfato simples	38	28,3	28	100
	150	66,5	65	100
	600	102,8	100	100
Superfosfato simples (5x38) ¹	190	79,1	77	-

¹ Dose aplicada anualmente em cobertura entre out./74 a out./78 (5 anos).

² Produção em relação à obtida com aplicação de 600 kg de P/ha, na forma de Superfosfato Simples.

³ Índice de Eficiência Agronômica (IEA), ou seja:

$$IEA = \frac{\text{Produção da fonte, na dose a} - \text{Produção da testemunha}}{\text{Produção do superfosfato, na dose a} - \text{Prod. da testemunha}} \times 100$$

Em termos de produção total de matéria seca, os fosfatos tiveram a seguinte eficiência: Superfosfato simples = termofosfato magnésiano (Yoorin) > fosfato natural de Gafsa/Marrocos (hiperfosfato)

>fosfato natural de Araxá. Em decorrência da solubilidade inicial lenta, houve estabelecimento mais lento da pastagem com o fosfato de Araxá (Figura 5) e a produção acumulada de matéria seca durante o período experimental foi inferior à do superfosfato simples.

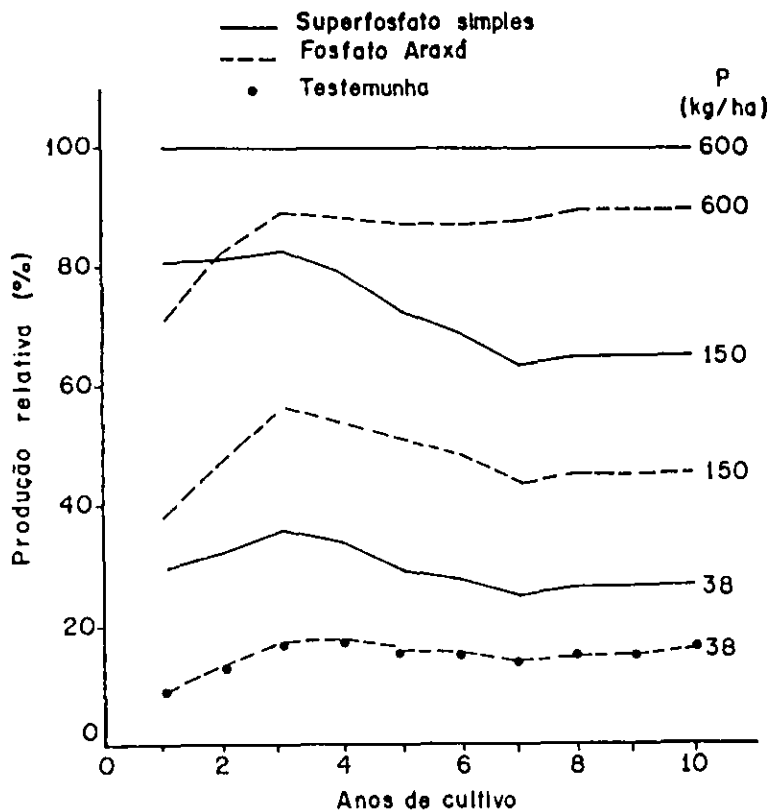


FIG. 5. Produção relativa acumulada de matéria seca de Brachiaria decumbens, durante dez anos de avaliação, em resposta a aplicação de doses e fontes de fósforo.

O fosfato de Araxá teve o desempenho inicial um pouco prejudicado nas parcelas que receberam calcário (Figura 1); no entanto, este efeito desapareceu com o passar do tempo.

A ausência de calcário, de modo geral afetou pouco a produção, indicando que o capim braquiária possui boa tolerância aos níveis de alumínio encontrados no solo (cerca de 70% de saturação de alumínio).

A diferença entre o superfosfato simples e o fosfato de Araxá, obtida na dose de 38 kg de P/ha, inicialmente muito grande, foi desaparecendo com o passar do tempo, sendo que, após o terceiro ano, as produções não diferiram entre si (Figura 5). Isto mostra que o efeito residual da dose de 38 kg de P/ha, aplicada na forma de superfosfato simples, diminuiu após o terceiro ano do estabelecimento da pastagem. À medida que as doses aumentaram, no caso de 150 e 600 kg de P/ha, as produções obtidas nas duas fontes comparadas (superfosfato simples e fosfato de Araxá) atingiram rendimentos bastante próximos uma da outra, após o segundo ano (Figura 5). Contudo, a produção acumulada permaneceu superior para a fonte solúvel, mostrando que a maior produção comparativa inicial, obtida com o superfosfato simples, não é compensada com o decorrer do tempo (Tabela 4).

As produções obtidas com o nível mais baixo de P aplicado como fosfato de Araxá não diferiram das obtidas sem aplicação de P (Tabela 4 e Figura 5). Esse resultado confirma as observações de outros pesquisadores a respeito de doses baixas de P na forma de fosfatos naturais (Tabela 3).

Contudo, o índice de eficiência agrônômica do fosfato de Araxá, em níveis mais elevados de P, foi bastante superior. Na dose de 150 kg de P/ha (ou seja, cerca de 35 kg de P_2O_5 /ha/ano), o IEA foi de 61%, um índice importante para os cálculos econômicos sobre a viabilidade do uso dessa fonte de fósforo. Esse dado mostra, ainda que computado o efeito residual de um período relativamente longo, a eficiência dos fosfatos naturais brasileiros é superior àquela obtida nos primeiros anos (Tabela 3). Entretanto, para a análise econômica têm grande influência o estabelecimento mais rápido, obtido com fontes mais solúveis (Figura 5), e o fato de que a produção acumulada final é maior com as fontes solúveis (Tabela 4).

Um tratamento adicional com 38 kg de P/ha sob a forma de superfosfato simples foi aplicado em cobertura, superficialmente, sem incorporação, em outubro de 1974 (Tabela 4). O tratamento foi repetido anualmente pelo período de 5 anos, sempre no início do período chuvoso. As produções obtidas com este tratamento foram superiores àquelas

conseguidas com a incorporação da mesma quantidade de P ao solo, antes do plantio. Esses resultados mostram a viabilidade de adubações parceladas e em cobertura com fontes solúveis de P, o que pode ser explicado por um eficiente sistema radicular na superfície do solo.

Resposta da Brachiaria humidicola a fontes de fósforo

Outro estudo foi iniciado em 1976, objetivando comparar a eficiência do fosfato natural de Patos (MG) e do superfosfato simples (SS) para a cultura da soja. Esse ensaio foi instalado num Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) argiloso (70% de argila), ácido e com teores baixos de fósforo disponível.

Após dois anos de cultivo com soja, verificou-se sensível perda da eficiência da fonte solúvel e também uma baixa resposta ao fosfato natural, confirmando outros resultados (Tabela 2). A partir do terceiro cultivo (ano agrícola 78/79), subdividiram-se as parcelas, com inclusão de B. humidicola, sem reaplicação de fósforo. O experimento conta com dois níveis de calagem (1,5 e 3,0 t/ha). Os resultados da Figura 6 refletem a média de produção.

Inicialmente foi observado um estabelecimento melhor da braquiária nos tratamentos em que havia sido aplicado o superfosfato simples. Contudo, essa diferença desapareceu com o decorrer do tempo, mostrando que as produções acumuladas, após o quinto ano de cultivo com essa forrageira, foram similares (Figura 6).

Nesse experimento ficou também evidente a importância de se conhecer o efeito residual a longo prazo. Confirmou ainda que a eficiência do fosfato natural é superior para a gramínea forrageira, quando comparada à cultura de soja.

Resposta de Andropogon gayanus a fontes de fósforo

Em 1975, foi iniciado um experimento para avaliar a eficiência de fonte de fósforo para culturas anuais. Foram incluídos neste experimento quatro fosfatos naturais brasileiros: Patos, Araxá, Abaeté e Catalão. Foi instalado em solo LE, semelhante ao do experimento com B. decumbens.

Após cinco anos de cultivos anuais, foi estabelecido o capim Andropogon gayanus cv. Planaltina, sem reaplicação de fósforo.

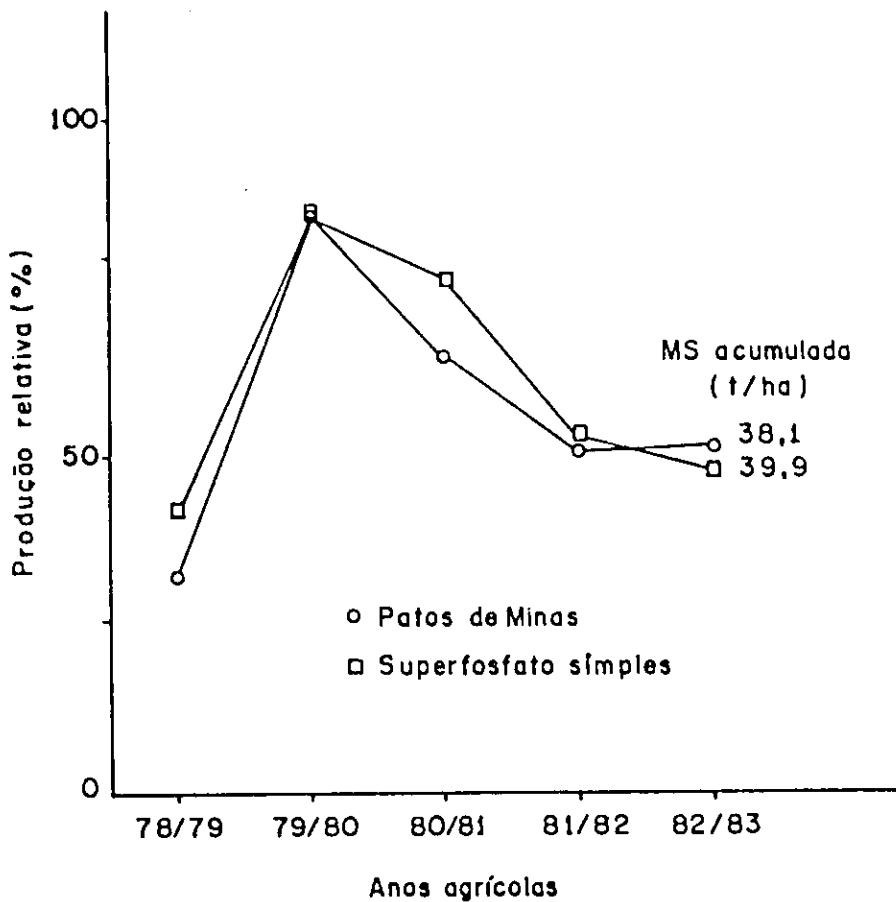


FIG. 6. Produção relativa anual de matéria seca (MS) de Brachiaria humidicola na dose de 87 kg de P/ha, aplicada nas formas de superfosfato simples e fosfato natural de Patos de Minas, a lanço em 1976, num LV argiloso em que antes se cultivou soja por dois anos. A produção relativa 100% corresponde ao rendimento obtido na dose de 147 kg de P/ha, aplicado a lanço no primeiro ano + 44 kg de P/ha/ano na forma de superfosfato simples. (Fonte: SOUZA, D.M.G. et al. , dados não publicados).

A eficiência dos fosfatos naturais foi baixa, para as culturas anuais, melhorando sensivelmente para o capim Andropógon (Tabela 2).

Entre os fosfatos naturais brasileiros, verifica-se que o de Catalão (GO) tem eficiência inferior aos demais, confirmando resultados obtidos em outros locais (Oliveira et al., 1984).

Considerando-se a quantidade de P extraído das parcelas durante oito anos, o IEA desses fosfatos variou de 17 a 70%.

Tendo em vista os resultados interessantes com esse capim, dois experimentos foram iniciados posteriormente. O primeiro foi instalado em solo LV, visando comparar o fosfato natural de Araxá, o termofosfato Yoorin e o superfosfato triplo. O segundo foi instalado em solo LE para comparar o fosfato natural de Patos e o superfosfato triplo.

O capim Andropógon foi utilizado como planta teste, sendo que no solo LV essa gramínea foi consorciada com Stylosanthes capitata.

As Figuras 7 e 8 mostram os resultados obtidos num ano agrícola, em cada experimento. O nível de produção obtido nesses experimentos foi bastante inferior ao potencial desse capim, deixando antever que outros fatores possam ter limitado o desenvolvimento das plantas.

As produções de matéria seca obtidas no solo LE, com o fosfato de Araxá nas doses de 52 e 105 kg de P/ha, comparam-se favoravelmente aos obtidos com 52 kg de P/ha, aplicado na forma de superfosfato triplo (Figura 7). No entanto, a maior produção foi obtida com a dose de 105 kg de P/ha com o superfosfato triplo, sendo que a aplicação do dobro desta dose na forma de fosfato de Araxá não conseguiu superá-la. Deve-se considerar o fato de que o superfosfato triplo melhorou a sua resposta quando na presença de calcário (1.250 kg/ha), enquanto que o fosfato de Araxá não teve seus rendimentos afetados pela aplicação do calcário. Estes dados mostram a viabilidade da utilização do fosfato de Araxá para a adubação de Andropógon, mas indicam também a necessidade de aplicação de doses mais elevadas.

A resposta do fosfato natural, usado no experimento conduzido no LV, permitiu alcançar níveis de produção de matéria seca bem superiores aos da testemunha. Mas a dose mais alta (105 kg de P/ha) não alcançou o rendimento obtido com 26 kg de P/ha, aplicado na forma de

superfosfato triplo (Figura 8). A maior produção de matéria seca foi obtida no tratamento em que se misturaram 52 + 26 kg de P/ha, respectivamente nas formas de fosfato natural e superfosfato triplo. Neste caso, a produção foi mais do que o dobro da obtida com a dose de 52 kg de P/ha, na forma de fosfato natural.

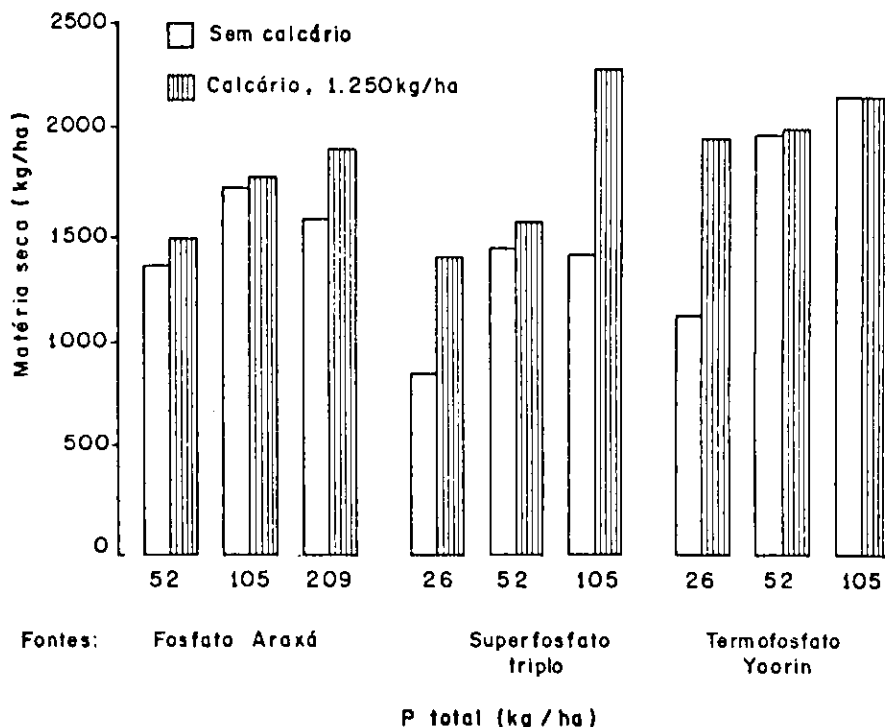


FIG. 7. Produção de matéria seca de *Andropogon gayanus* em diferentes fontes e doses de fósforo em um Latossolo Vermelho-Escuro (2º ano) (Fonte: COUTO et al., 1984).

Estes resultados mostram a conveniência de se aplicar no plantio uma parte do fósforo na forma solúvel, para que se obtenham altas produções de matéria seca já a partir do estabelecimento.

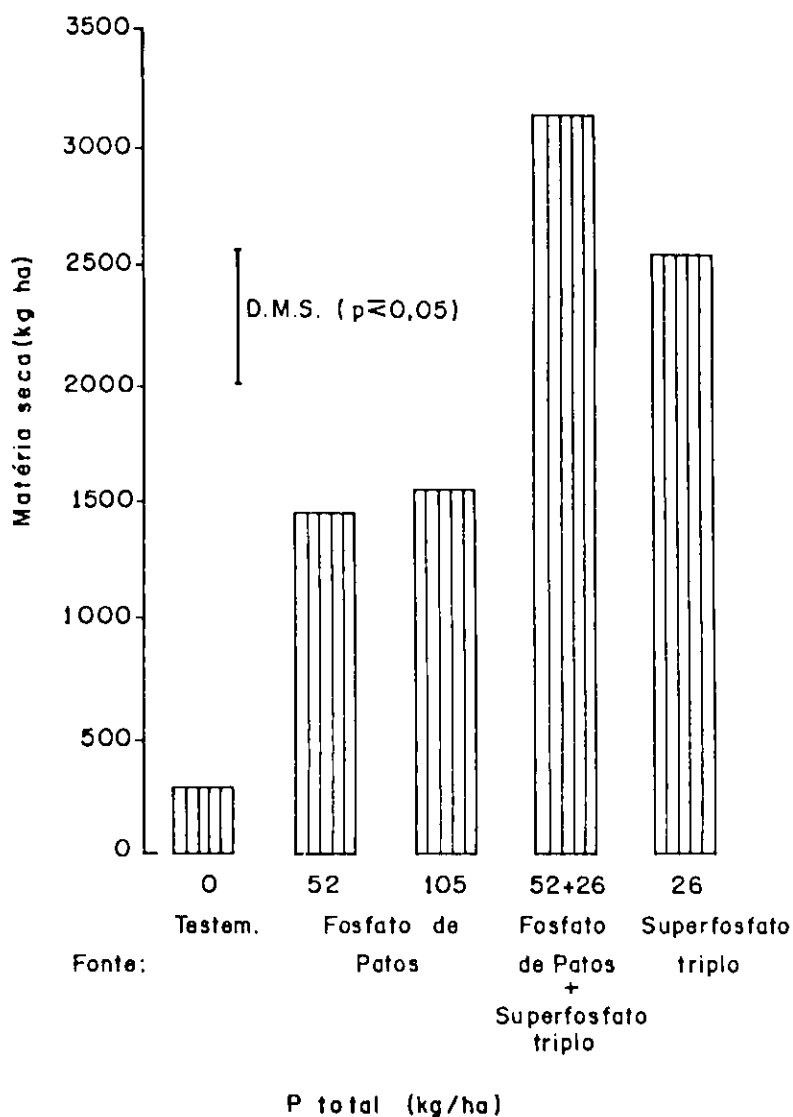


FIG. 8. Produção de matéria seca de *Andropogon gayanus* consorciado com *Stylosanthes capitata* em diferentes doses e fontes de fósforo em um Latossolo Vermelho-Amarelo (3° ano) (Fonte: COUTO et al., 1984).

DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES

O uso de fosfatos naturais brasileiros como fonte de fósforo para pastagens é um assunto que requer maior discussão, já que a viabilidade dessas fontes depende de um conjunto de fatores relacionados aos setores da indústria, da agricultura e da economia.

Do ponto de vista industrial, os fosfatos naturais concentrados representam materiais de custo muito inferior ao dos fosfatos solúveis, além de não exigirem a importação de matérias-primas, tais como o enxofre, para fabricação de fertilizantes solúveis.

Para a agricultura, a decisão da viabilidade do seu uso está diretamente relacionada à eficiência agrônômica dessas fontes, ou seja, de sua capacidade em promover o maior rendimento das plantas por unidade de fósforo total aplicado. Conforme foi discutido anteriormente, essa eficiência depende essencialmente de três aspectos:

- a. características do fosfato natural;
- b. tipo do solo e manejo da adubação;
- c. nível de exigência e capacidade da espécie forrageira.

Todos os fosfatos naturais brasileiros disponíveis no mercado nacional são de baixa solubilidade, avaliada pelos extratores aprovados pela legislação brasileira (Tabela 1). Os resultados experimentais com plantas forrageiras não são conclusivos, mas permitem verificar que a dissolução desses fosfatos, quando aplicados no solo, é relativamente lenta. A eficiência comparativa com fontes solúveis varia de 30 a 50%, se computadas as produções dos primeiros anos. Contudo, aumenta para 70 a 80%, quando consideradas as produções acumuladas de matéria seca por um período superior a cinco anos. Esses índices, entretanto, variam principalmente com a dose de P aplicado, com o tipo de solo e com a espécie de forrageira. Para doses baixas de P a eficiência também é baixa.

A comparação entre os fosfatos naturais brasileiros mostra que, do ponto de vista agrônômico, não existem grandes diferenças entre eles. Contudo, os fosfatos de Olinda (PE) e Alvorada (SP) têm mostrado maior eficiência, enquanto que o fosfato de Catalão (GO) tem sido o menos eficiente.

Outro aspecto mostrado pelos resultados de pesquisa se refere à velocidade de estabelecimento da pastagem. Geralmente esse estabelecimento é mais lento quando a fonte é um fosfato natural. Esse problema somente pode ser corrigido pela aplicação de doses muito elevadas de P na forma de fosfato natural ou pela mistura deste com fontes solúveis.

A velocidade de dissolução dos fosfatos naturais pode ser favorecida pela promoção do máximo contacto das partículas do fosfato com as do solo e pela aplicação desses materiais em solos de maior acidez. No primeiro caso, isso pode ser obtido pela aplicação em forma de pó, a lanço, e incorporado na camada arável. Desse modo, as aplicações localizadas (em sulco, na cova ou em cobertura) não favorecem a dissolução e, portanto, não parecem recomendáveis. A aplicação em solos mais ácidos é uma prática viável, desde que o nível de cálcio e de magnésio do solo seja adequado e que a espécie forrageira tenha tolerância a essas condições. Adicionalmente pode-se aplicar o fosfato antes da calagem.

No Brasil, o processo de recomendação de adubação se fundamenta em várias informações, mas principalmente nos resultados obtidos pela análise do solo. Esse assunto merece atenção especial quando a amostra de solo for retirada de área onde anteriormente houve aplicação de fosfato natural. Ocorre que alguns extratores químicos utilizados nos laboratórios brasileiros dissolvem parte da apatita, resultando em dados de fósforo extraído muito superiores ao teor de P disponível para as plantas. Já é bastante conhecida essa ocorrência para o extrator duplo ácido ou Mehlich, amplamente usado nos laboratórios. Para essas amostras de solo dever-se-á utilizar outros extratores, tais como Bray I e Resina.

Finalmente, no que se refere ao aspecto da economia, assume importância a eficiência econômica da fonte, ou seja, maior retorno econômico por unidade de recurso financeiro investido em fósforo. O cálculo dessa eficiência pode ser bastante complicado tendo em vista a variação de preços dos fertilizantes, de preços dos produtos (carne, leite, etc.) e, ainda, da necessidade em considerar o efeito residual dos fosfatos naturais por um longo período. Adicionalmente, para o cálculo econômico seriam necessários dados experimentais, cuja avaliação da eficiência agrônômica das fontes de P seria medida com animais (ganho de peso, por exemplo).

Desse modo, a decisão sobre o uso de fosfatos naturais não pode ser generalizada. Cada propriedade agropecuária tem características próprias e, assim, a decisão sobre a fonte de fósforo deverá ser tomada caso por caso, levando-se em conta os aspectos agrônômicos e o custo por unidade de fósforo total aplicado ao solo (custo comercial, adicionado ao custo de aplicação).

Em conclusão, considerando-se todos os aspectos discutidos e o conhecimento atual sobre o assunto, a utilização de fosfatos naturais em pastagens parece ser uma prática viável, na maioria dos casos. Essa viabilidade, contudo, depende da observância de alguns aspectos, tais como:

- a. A espécie forrageira deve ser de alta capacidade de absorção de fósforo e tolerante à acidez. As espécies de braquiárias e o Andropogon se enquadram nessa categoria.
- b. Esses fosfatos têm maior eficiência em solos ácidos, argilosos e com alta capacidade de retenção de fósforo.
- c. A eficiência desses fosfatos depende da dose de P aplicado, sendo muito baixa em doses baixas. Em solos argilosos e muito pobres em fósforo disponível, doses abaixo de 40 kg de P/ha não parecem viáveis.
- d. Visando aumentar a dissolução, o produto deve ser financeiramente moído (em pó), aplicado a lanço e incorporado em maior volume de solo.
- e. Visando solucionar o problema do estabelecimento mais lento da pastagem quando se usa somente fosfato natural, há vantagens em fazer uma adubação inicial em conjunto com fontes solúveis.
- f. Embora a viabilidade econômica seja específica para cada caso, o preço (a nível de propriedade rural) da unidade de P total na forma de fosfato natural deverá ser inferior à metade do preço da unidade de P total na forma de uma fonte solúvel (por exemplo, superfosfato). Esse índice não é absoluto no sentido de decidir sobre o uso de uma ou outra fonte, mesmo porque, conforme foi citado no item "e", recomenda-se utilizar as fontes em conjunto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J.C. & PONCHIO, C.O. Características das solubilidades das rochas fosfatadas brasileiras e termofosfato em diferentes extratores químicos. R.bras.Ci.Solo, 4(3):196-200, 1980.
- CARRIEL, J.M. Efeito de vários fosfatos naturais, do superfosfato triplo e da calagem na soja perene (Glycine wightii) var. Tinarco, cultivada em casa de vegetação. Piracicaba, ESALQ, 1981. 52p. Tese-MS
- BARRETO, A.C. Efeito da acidulação parcial de misturas com superfosfato triplo e enxofre e da granulação na eficiência de fosfatos naturais. Porto Alegre, UFRGS, 1977. 63p. Tese-MS.
- COSTA, T.C.R.; ALMEIDA, D.L. & SILVA, E.M.R. Aproveitamento de fosfato de Patos por cinco forrageiras tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19, Curitiba, PR, 1983. Programa e resumos... Curitiba, SBCS, 1983. p.81.
- COUTO, W.; SANZONOWICZ, C. & LEITE, G.C. Adubação para o estabelecimento de pastagens consorciadas nos solos de Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6, Brasília, DF, 1982. Savannas. alimento e energia. 1985 (no prelo).
- COUTO, W.; LEITE, G.G. & KORNELIUS, E. The residual effect of phosphorus and lime on the performance of four tropical grasses in a high P fixing oxisol. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1984a. n.p. A ser publicado na revista Agronomy Journal.
- COUTO, W.; LEITE, G.G. & BARCELLOS, A.O. The response of five aluminum-tolerant tropical legumes to applied phosphorus and lime. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1984b. n.p. A ser publicado na revista Agronomy Journal.
- FERREIRA, J.G. & CARVALHO, M.M. Efeito de níveis de fosfato de Araxá e super simples sobre o estabelecimento e produção de Stylosanthes guyanensis. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte, MG. Projeto Bovinos, Relatório 74/76. Belo Horizonte, 1978. p.58-61.
- FERREIRA, J.G.; CARVALHO, M.M.; BAHIA FILHO, A.F.C. & MOZZER, O.L. Efeito de fontes de fósforo e corretivos do solo em duas leguminosas tropicais. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte, MG. Projeto Bovinos, Relatório anual 73/74. s.d., p.44-6.

- FRANCO, M. Fosfatos naturais parcialmente acidulados com H_2PO_4 , HCl e H_2SO_4 na cultura de sorgo granífero, em um solo de cerrado de Ituiutaba - MG. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1977. 75p. Tese-MS.
- GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Avaliação agrônômica de fosfatos em solo de cerrado. R.bras.Ci.Solo, 8:97-102, 1984.
- LEITE, W.B.O.; MONTEIRO, F.A.; WARNER, J.C.; CARRIEL, J.M. & LIEM, T.H. Uso de gesso, combinado com fontes de fósforo em colônia + siratro cultivados em solos de cerrado. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1984. n.p. A ser publicado pela revista Zootecnia.
- MACEDO, W.S.L. Resposta à aplicação de calcário e diferentes fontes de fósforo de misturas forrageiras em dois tipos de solos. Porto Alegre, UFRGS - Faculdade de Agronomia, 1975. 116p. Tese-MS.
- MOREIRA, S.M.; LOURES, E.G.; THIEBAUT, J.T.L. & NOVAIS, R.F. Efeito da interação gramínea-solo-calagem sobre a eficiência de fosfatos naturais. Rev.Ceres, 26(146):360-73, 1979.
- NEME, N.A. & LAVADINI, L.A.C. Efeito de adubos fosfatados e calcário na produção de forragem de soja perene (Glycine javanica L.) em "terra de cerrado". Bragantia, 26(28):365-71. 1967.
- NOVAES, N.J.; GUTIERREZ, L.E.; VITTI, G.C. & BANZATTO, D.A. Efeitos de fontes e doses de fósforo na cultura do capim gamba (Andropogon gayanus Kunth variedade Bisquamulatus). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 20, Pelotas, 1983. Anais... Pelotas, RS, SBZ, 1983. p.327.
- OLIVEIRA, E.L.; MUZILLI, O.; IGUE, K. & TORNERO, M.T.T. Avaliação da eficiência agrônômica de fosfatos naturais. R.bras.Ci.Solo 8:63-67, 1984.
- RAIJ, B. Van & DIEST, A. Van. Phosphate supplying power of rock phosphate in an oxisol. Pl.Soil, Haghe, 55:97-107, 1980.
- SCHOLLES, D.; KOLLING, J. & STAMMEL, J.G. Eficiência da calagem e fontes de fósforo no rendimento de leguminosas forrageiras tropicais, no pH e P "disponível" do solo. Agron.Sulriogr. 17(1):129-37, 1981.
- TEIXEIRA NETO, J.F.; DIAS FILHO, M.B. & SERRÃO E.A.S. Fontes fosfatadas comerciais em capim colônia (Panicum maximum). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 20, Pelotas, 1983. Anais... Pelotas, RS, SBZ, 1983. p.346.
- WERNER, J.C.; SARTINI, H.J.; PEDREIRA, J.V.S.; ROCHA, G.L. & MONTAGNINI, M.I. Efeito da calagem no aproveitamento da fosforita

- de Olinda e do superfosfato simples em capim pangola Bol.ind. anim., 24:169-72, 1967.
- WERNER, J.C.; KALID, E.B.; GOMES, F.P.; PEREIRA, J.V.S.; ROCHA, G.L. & SARTINI, H.J. Competição de adubos fosfatados. Bol.ind.anim., 25:139-49, 1968.
- YOST, R.S.; NADERMAN, G.C.; KAMPRATH, E.J. & LOBATO, E. Availability of rock phosphate as measured by an acid tolerant pasture grass and extractable phosphorus. Agron.J., 74:462-8, 1982.