

RESPOSTA DO SORGO SACARINO (*Sorghum bicolor* (L.)
Moench) AO EMPREGO DE FONTES E DOSES
DE FÓSFORO EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO .
I. LATOSSOLO VERMELHO ESCURO *

E. LIMA **

E. MALAVOLTA **

RESUMO

Foi estudada a eficiência do fosfato de Catalão, (FG), como fornecedor de P para o sorgo sacarino comparando-a com a do super triplo (ST) em LEa do Estado de Goiás. Usaram-se 4 doses de P_2O_5 , em presença e ausência de calagem. O efeito residual foi esti

* Entregue para publicação em 23/12/1982.

Parte da dissertação de Mestrado do primeiro autor, Curso de Solos e Nutrição de Plantas, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

Com ajuda da Fosfago-Fosfatos de Goiás S.A., FAPESP e BNDE.

** Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz" e CENA, USP.

mado em 2 cultivos sucessivos. Foram obtidas as seguintes conclusões principais: o ST mostrou-se uma fonte de P_2O_5 superior ao FG; a calagem aumentou o aproveitamento do FG; a produção de matéria seca não foi influenciada pelo método de aplicação do PG; a absorção de P foi influenciada favoravelmente pela calagem principalmente no 2º e 3º cultivos; houve correlação positiva e significativa entre P residual (Olsen) e produção; a produção de matéria seca no 2º e 3º cultivos se correlacionou mais estreitamente com o teor de Ca do que com o de P disponível no solo.

INTRODUÇÃO

O papel do elemento fósforo na nutrição de plantas é bastante conhecido. Dentre as inúmeras e importantes funções do fósforo pode-se citar: armazenamento de energia na forma de trifosfato de adenosina (ATP); participação na transmissão do material genético de célula, de semente à semente através dos ácidos nucleicos (RNA e DNA); constituinte das membranas celulares, ésteres de carboidratos e fornecimento de energia para o processo ativo de absorção de nutrientes (MALAVOLTA, 1976; MALAVOLTA, 1980; OZANNE, 1980).

Dados obtidos de milhares de análises de solo realizadas no País revelam que mais de 75% dos solos brasileiros apresentam teores considerados baixos para boas produções (MALAVOLTA, 1978). Estes resultados se agravam quando se referem à região do cerrado brasileiro onde se tem solos extremamente pobres de fósforo disponível às plantas (EMBRAPA, 1976). FREITAS & SILVEIRA

(1976) apresentam várias análises químicas típicas de solos da região de cerrado em que o teor de fósforo não passa de 1 ppm (3 kg P/ha).

Diante destas considerações, ou seja, da importância do papel do fósforo na nutrição das plantas e da carência dos solos brasileiros neste elemento, depreende-se que a adubação fosfatada é de uma necessidade quase que geral para a produção agrícola no País.

A pesquisa com fosfatos naturais no Brasil, florescente na década de 50, foi desacelerada durante muito tempo. Com a descoberta dos novos depósitos fosfáticos, no Planalto Central, próximo à fronteira agrícola nacional e da região de solos mais carentes neste elemento, mostrando produtos com características distintas dos importados dos EUA e da África e o interesse do governo em diminuir as importações de fertilizantes fosfatados, fizeram renascer o interesse pela utilização direta de fosfatos naturais.

Este trabalho reflete esta preocupação, colocando como hipótese que os fosfatos naturais brasileiros têm um lugar na prática de adubação, quando usados diretamente. Tendo-se em mente que a grande região do cerrado brasileiro possui solos com baixos teores de P na solução, pH baixo, baixos teores de cálcio e alto potencial de fixação de P, uma das estratégias aplicáveis para correção do nível de fertilidade, em relação ao P, poderia ser a prática da fosfatagem (MALAVOLTA *et alii*, 1976).

Por fosfatagem entende-se uma adubação pesada de maneira que a capacidade de fixação de P do solo se sature e que haja um superavit de P no solo para ser aproveitado pelas plantas (MALAVOLTA *et alii*, 1976; SANCHEZ & UEHARA, 1980).

De acordo com SANCHEZ & UEHARA (1980), aplicações iniciais maciças de P representam uma estratégia de manejo atrativa, porque os problemas de fixação do P são substancialmente reduzidos por algum tempo. Pode-se es-

perar um efeito residual por muitos anos, um aumento na retenção de cátions em solos com baixa CTC e uma melhoria nas propriedades físicas. As implicações econômicas também parecem ser atrativas; as aplicações pesadas poderiam ser uma arma contra a inflação.

Em solos brasileiros, de acordo com MALAVOLTA *et alii* (1976), as quantidades necessárias deverão estar numa faixa que vai, grosseiramente, de 250 a 1000 kg P_2O_5 /ha ou mais. A principal limitação desta estratégia é o alto investimento inicial requerido (SANCHEZ & UEHARA, 1980). Uma maneira de se contornar um pouco este problema seria a utilização de fontes de P mais baratas do que as formas solúveis, normalmente empregadas (Superfosfatos, fosfatos de amônio). Esta fonte mais barata seria, principalmente, o fosfato natural.

Trabalhos têm sido realizados com a finalidade de se reconhecer o comportamento dos fosfatos naturais brasileiros como fornecedores de P às plantas. A eficiência dos fosfatos naturais em fornecer P está ligada à sua solubilidade, grau de moagem, pH do solo, teor de cálcio do solo, teor de P do solo e modo de aplicação (FASSBENDER, 1966; BRAGA, 1970; RUSSEL, 1973; SANCHEZ & UEHARA, 1980).

Com relação à solubilidade, ENGELSTAD & TERMAN (1980) citam que as rochas fosfatadas não aciduladas são geralmente constituídas de fluorapatita que é altamente insolúvel em citrato. Apatitas que tenham menores teores de fluor apresentam maior disponibilidade de fósforo (BRAGA, 1970). Outro fator que leva à existência de diferenças de solubilidade entre diferentes fosfatos naturais é o grau de substituição de CO_3^{2-} na estrutura do mineral. Em pH baixo, aumentando-se a substituição de CO_3^{2-} na fluorapatita, aumenta a solubilidade da rocha fosfatada (KHASAWNEH & DOLL, 1978).

Uma estreita correlação entre o valor agronômico e a solubilidade em citrato de amônio de grande parte de rochas fosfatadas tem sido observada (WERNER, 1978).

O grau de moagem do fosfato natural tem correlação com a solubilidade. Observações mostram que quanto mais fino o material, maior a solubilidade até um certo limite no qual se mantém constante (BRAGA, 1970; MALAVOLTA, 1981).

Já é reconhecido que a eficiência agrônômica dos fosfatos naturais é maior em solos ácidos do que em neutros e alcalinos (BRAGA, 1970; KHASAWNEH & DOLL, 1978; ENGELSTAD e TERMAN, 1980). Trabalhando com diversos fosfatos naturais do mundo todo, FASSBERNDER (1966) encontrou altas correlações lineares negativas ($r^2 = 0,91$ a $-0,99$) entre a solubilidade das rochas e o pH do solo. Com fosfato brasileiro, FREIRE et alii (1968) verificaram que os solos mais ácidos atenuaram consideravelmente a inferioridade do fosfato Alvorada em relação ao superfosfato simples quando comparada sua eficiência relativa em fornecer P à cana-de-açúcar.

Para KHASAWNEH & DOLL (1978), a afinidade do solo, pelo cálcio promove a dissolução do fosfato natural, porque isto cria uma força para que o cálcio se libere, dissolvendo apatita. Para a fluorapatita, 10 moles de Ca dissolvem para cada 6 moles de P que vão para a solução. Uma baixa afinidade do solo pelo cálcio aumenta o nível do cálcio na solução da superfície da apatita; consequentemente o nível de $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$ diminui de acordo com a solubilidade do produto principal. O gradiente de $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$ entre a superfície da apatita e a solução do solo diminui e o processo de dissolução do fosfato natural também diminui. A afinidade do solo pelo Ca é alta quando a porcentagem de saturação em cálcio é baixa; esta condição geralmente ocorre quando a porcentagem de saturação em bases e o pH são baixos.

Com relação ao cálcio existem ainda outros dois importantes fatores a serem considerados além da sua atuação na solubilidade dos fosfatos. Um diz respeito à prática da calagem que, segundo RUSSEL (1973), aumenta ou não a disponibilidade do fósforo do solo. Pode-se esperar que uma elevação no pH pela calagem reduzirá a disponibilidade dos fosfatos de cálcio e aumentará a de

fosfatos de ferro e alumínio. De fato, resultados encontrados em solos ácidos do Brasil por MALAVOLTA et alii (1965) e VOLKWEISS (1973) mostram que a calagem aumentou a disponibilidade do P nativo, apesar da diminuição do P retido no solo ter sido pequena. Outro aspecto diz respeito ao papel do cálcio na absorção de P pelas plantas. ADAMS (1980) diz: "durante as duas últimas décadas, considerável interesse tem-se desenvolvido em relação à interação Ca e P como nutrientes de plantas. Usando-se de raízes destacadas mostrou-se que 1 m M $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ aumentou grandemente a absorção de P de uma solução 0,1 m M KH_2PO_4 durante um período de absorção de 10 minutos. Demonstrou-se subsequentemente que a absorção de P estimulada pelo Ca em raízes destacadas continuou por muitas horas em soluções nutritivas". HOFFMANN & BARBER (1971), investigando o efeito da acumulação de Ca na absorção de P pelo trigo em 4 solos, encontraram que em solos cujo pH estava acima de 6,8 a adição de CaSO_4 diminuiu a absorção de P. Em solos mais ácidos ocorreu um aumento na absorção de P com a adição de CaSO_4 .

A falta de cálcio faz com que as raízes se desenvolvam e funcionem mal. Em algumas espécies, a divisão celular na raiz necessita uma concentração mínima da ordem de 10^{-6}M , enquanto que o crescimento das células exige um nível dez vezes maior (MALAVOLTA, 1976). O Ca é indispensável para manter a estrutura e o funcionamento normais das membranas celulares, particularmente a do plasmalema (MALAVOLTA, 1980).

Outro fator que atua sobre a disponibilidade do P dos fosfatos naturais é o nível de P do solo expresso pela atividade de H_2PO_4^- ou pelo potencial fosfato que determinaram uma regra de dissolução do fosfato parecida com aquela dada pelo nível de Ca^{2+} do solo. Do ponto de vista prático, a adição de fosfato natural terá pequeno ou nenhum benefício em solos moderadamente férteis com uma concentração de P na solução do solo relativamente alta. A matriz do solo deverá ter um gradiente positivo no potencial eletroquímico para Ca^{2+} e H_2PO_4^- para assegurar a dissolução do fosfato (KHASAWHEH & DOLL, 1978).

Para fosfatos naturais, a distribuição à lanço sobre o terreno com posterior incorporação parece ser o método mais indicado pois proporcionará um maior contato com o solo, facilitando sua dissolução e aumentará o contato das raízes das plantas com o fosfato (BRAGA, 1970; KHASAWNEH & DOLL, 1978; MALAVOLTA *et alii*, 1979; ENGELSTAD & TERMAN, 1980).

De acordo com SILVA JR. (1979), o fosfato de Catalão é de origem ígnea primária de diferenciação magnética que são ocorrências onde a apatita está filiada a manifestações básico-alcálicas. Uma análise típica do fosfato de Catalão é dada na Tabela 1.

A despeito da existência de uma quantidade de dados razoáveis com respeito à eficiência agrônômica de fosfatos naturais brasileiros (MALAVOLTA *et alii*, 1976; VAN RAIJ *et alii*, 1981), são poucas as informações sobre o fosfato de Catalão.

KLIEMANN *et alii* (1977), utilizando 5 níveis de fósforo (0, 75, 150, 300 e 600 kg de P_2O_5 /ha) em diferentes solos do Estado de Goiás, usando como fontes de P o superfosfato triplo e o fosfato de Catalão, concluíram que no primeiro ano de cultivo com soja o fosfato de Catalão não apresentou nenhuma resposta na presença ou ausência de calagem. No mesmo experimento, no segundo ano de cultivo com soja, o fosfato de Catalão também não apresentou resposta (COSTA *et alii*, 1978). No terceiro ano, voltou-se a observar uma falta de resposta do fosfato de Catalão como fornecedor de P para a soja (BORGES *et alii*, 1979).

Comparando diversas fontes de P naturais com superfosfato triplo, MENDONÇA *et alii* (1978) encontraram uma eficiência relativa do fosfato de Catalão, na dose de 800 kg P_2O_5 /ha, de 26% ao passo que o tratamento testemunha (sem P) apresentou eficiência de 29%. A cultura utilizada foi a soja. No mesmo experimento, no segundo ano, ainda utilizando a soja como planta teste, conseguiu-se uma eficiência relativa para o fosfato de Catalão na dose de 200 kg P_2O_5 /ha de 32,8% e para a testemunha 23,4%.

Tabela 1 - Análise química e granulométrica típica do fosfato de Catalão.

Química						
Total*	Citrato de amônia *	Teor de P ₂ O ₅ (%) Ácido fórmico*	Ácido cítrico *	CaO** ----- ----- %	Fe ₂ O ₃ ** ----- ----- %	Al ₂ O ₃ ** ----- ----- %
37,3	0,1	2,2	2,5	49	1,5-1,7	0,2-0,3
Granulometria (%)						
Mesh						
>60	60-100	100-150	150-200	<200		
2,0	9,0	12,0	15,8	61,2		

* ALCARDE & PONCHIO (1980)

** ANÔNIMO (1979b)

*** GOEDERTE et alii (1975)

Na dose de 800 kg os tratamentos apresentaram eficiência relativa de 20,2% e 12,54%, respectivamente. Todos os tratamentos receberam 2 toneladas de calcário/ha (MENDONÇA *et alii*, 1979).

Em experimento com forrageira (*Brachiaria decumbens*), ANÔNIMO (1980) verificou que os tratamentos com fosfato de Catalão (200 a 800 kg P_2O_5 /ha) tiveram produções de matéria-seca inferiores ao tratamento testemunha, no 1º ano de cultivo.

MACHADO *et alii* (1978) observaram que, para o milho, o fosfato de Catalão não deu boas respostas em relação a diferentes doses (0, 150, 300, 600 e 1200 kg P_2O_5 /ha) no primeiro ano de cultivo. No segundo ano, já se verificou uma resposta linear na produção com o aumento das doses de fosfato. No terceiro ano, verificou-se a mesma tendência que no segundo, atingindo-se com a dose máxima de P (1200 kg de P_2O_5 /ha) uma produtividade de 3000 kg/ha (MACHADO *et alii*, 1979).

Resultados obtidos no CPAC (ANÔNIMO, 1979a) mostraram que no primeiro cultivo, com trigo, o fosfato de Catalão teve uma eficiência relativa ao superfosfato triplo de 2 a 5% para as doses aplicadas de 200 e 800 kg P_2O_5 /ha, respectivamente. O mesmo experimento já em um 3º cultivo com soja apresentou valores de eficiência relativa de 9 a 28% para doses iniciais de 200 e 800 kg de P_2O_5 /ha.

Outros dados obtidos por IGUE (1978) mostraram resultados que não concordam com todos os demais existentes em relação ao fosfato de Catalão.

As produções alcançadas com trigo, no 2º ano de cultivo com fosfato de Catalão foram iguais as alcançadas com superfosfato triplo e ambas produziram quase como o tratamento testemunha. No 1º cultivo, com milho, nenhuma das fontes de fosfatos naturais se diferenciou do superfosfato triplo. O autor explica dizendo que: "isto se deveu ao fato de o local do ensaio ter sido utilizado anteriormente com cultura adubada".

Dados obtidos por TEIXEIRA (1977) permitiram concluir que no 1º ano de cultivo com soja o fosfato de Catalão não foi eficiente no suprimento imediato de fósforo, igualando-se com o tratamento testemunha.

Em experimentos de campo, VOLKWEISS (1979) comparou o efeito de oito adubos fosfatados durante a sucessão de culturas: soja, aveia e soja. Os resultados indicaram que o fosfato de Catalão tem baixa eficiência agrônômica em relação ao superfosfato triplo.

O objetivo deste trabalho se resume em verificar a reação do fosfato de Catalão (fosfato natural produzido pela FOSFAGO) em plantas da família das gramíneas (sorgo sacarino) em condições controladas usando solos da região de cerrado. Este objetivo se desdobra em verificar a eficiência do fosfato de Catalão em relação ao superfosfato triplo em função do tipo de solo, calagem, localização, dose e efeito residual (em três cultivos sucessivos).

MATERIAL E MÉTODOS

Solo

O Latossolo Vermelho Escuro (LEa) empregado veio de Catalão, GO. As suas principais características encontram-se na Tabela 2.

Cultura empregada

Os plantios sucessivos foram realizados com sorgo sacarino, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, cultivar Brandes.

Vasos

Utilizaram-se vasos de barro com capacidade para 4,5 kg de terra. Os vasos foram impermeabilizados internamente com "neutrol" e eram dotados de coletores tam

Tabela 2. Análise química e granulométrica do solo Catalão, GO.

Característica	Valor
Análise química	
pH	5,3
C%	1,6
PO_4^{-3} emg/100 g TFSA (*)	0,04
K^{+4} emg/100 g TFSA	0,12
Ca^{+2} emg/100 g TFSA	1,20
Mg^{+2} emg/100 g TFSA	0,10
Al^{+3} emg/100 g TFSA	0,88
H^{+} emg/100 g TFSA	7,00
Análise granulométrica	
Argila %	60,4
Areia total %	24,0
Limo %	15,6

(*) H_2SO_4 0,05 N.

bêm de barro impermeabilizados. Os vasos continham no fundo um furo central de 1 cm de diâmetro para permitir a drenagem.

Doses e fontes

- a) Calagem - de acordo com a necessidade de cal para elevar pH próximo de 6,0 - 6,5 (CATANI e GALLO, 1955).

Fonte: $CaCO_3$ p.a.

- b) Fósforo - teores de 0, 50, 100 e 200 ppm de P (chamada de, respectivamente, doses 0, 1, 2 e 4)

Dados obtidos por TEIXEIRA (1977) permitiram concluir que no 1º ano de cultivo com soja o fosfato de Catalão não foi eficiente no suprimento imediato de fósforo, igualando-se com o tratamento testemunha.

Em experimentos de campo, VOLKWEISS (1979) comparou o efeito de oito adubos fosfatados durante a sucessão de culturas: soja, aveia e soja. Os resultados indicaram que o fosfato de Catalão tem baixa eficiência agrônômica em relação ao superfosfato triplo.

O objetivo deste trabalho se resume em verificar a reação do fosfato de Catalão (fosfato natural produzido pela FOSFAGO) em plantas da família das gramíneas (sorgo sacarino) em condições controladas usando solos da região de cerrado. Este objetivo se desdobra em verificar a eficiência do fosfato de Catalão em relação ao superfosfato triplo em função do tipo de solo, calagem, localização, dose e efeito residual (em três cultivos sucessivos).

MATERIAL E MÉTODOS

Solo

O Latossolo Vermelho Escuro (LEa) empregado veio de Catalão, GO. As suas principais características encontram-se na Tabela 2.

Cultura empregada

Os plantios sucessivos foram realizados com sorgo sacarino, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, cultivar Brandes.

Vasos

Utilizaram-se vasos de barro com capacidade para 4,5 kg de terra. Os vasos foram impermeabilizados internamente com "neutrol" e eram dotados de coletores tam

Aplicados no plantio. B, Cu, Mn, Mo e Zn numa única solução de Fe-EDTA em outra.

As doses de P e quantidades de adubos empregadas encontra-se na Tabela 3.

Tratamentos

Os tratamentos empregados para cada solo foram os da Tabela 4.

Calagem

A quantidade de CaCO_3 determinada pela análise de solo para satisfazer a necessidade de cal de cada solo foi multiplicada pelo fator 1,5 para compensar a acidez fisiológica dos fertilizantes.

O solo dos vasos que receberam carbonato foi dividido em quatro porções iguais. Cada um destas porções recebeu 1/4 da quantidade total de CaCO_3 destinada aos mesmos; e em seguida cada porção foi misturada e depois fez-se um monte único de terra que foi espalhada e de novo misturada.

A seguir, fez-se, sobre um plástico, uma camada de solo de 10 cm de espessura, adicionando-se, uniformemente, 12 litros de água destilada para cada 100 kg de solo. Cobriu-se o solo com plástico e semanalmente misturou-se o solo, refazendo-se a camada.

Após seis semanas, colocou-se o solo para secar ao sol, retirando-se, em seguida, amostras de solo para determinar o valor do pH e o poder de embebição do solo.

Colocação do adubo fosfatado

Foram utilizadas duas maneiras de se colocar o adubo fosfatado nos vasos - localizado e incorporado. Para se realizar a localização procedeu-se da seguinte forma:
a) 3,5 kg de solo já adubado com NSK Mg e micronutrien -

Tabela 3 - Doses de P e quantidades de adubos empregados.

Dose (ppm P)		Quantidade de Pro- duto (mg/kg de solo)	kg P ₂ O ₅ /ha
50	Fosfato de Catalão (37% P ₂ O ₅)	313	350
100	Fostato de Catalão (37% P ₂ O ₅)	626	700
200	Fosfato de Catalão (37% P ₂ O ₅)	1252	1400
50	Superfosfato triplo (42% P ₂ O ₅)	277	350
100	Superfosfato triplo (42% P ₂ O ₅)	554	700
200	Superfosfato triplo (42% P ₂ O ₅)	1108	1400

Tabela 4 - Tratamentos empregados para cada solo.

Tratamento Nº	Adubação	Dose de P (ppm)	Fonte de P	Colocação do adubo fosfatado
1	Testemunha	0		
2	NKS Mg + micro	0		
3	NKS Mg + micro	50	Superf. triplo	Localizado
4	NKS Mg + micro	100	Superf. triplo	Localizado
5	NKS Mg + micro	200	Superf. triplo	Localizado
6	NKS Mg + micro	50	Superf. triplo	Incorpor.
7	NKS Mg + micro	100	Superf. triplo	Incorpor.
8	NKS Mg + micro	200	Superf. triplo	Incorpor.
9	NKS Mg + micro	50	Fosf. Catalão	Localizado
10	NKS Mg + micro	100	Fosf. Catalão	Localizado
11	NKS Mg + micro	200	Fosf. Catalão	Localizado
12	NKS Mg + micro	50	Fosf. Catalão	Incorpor.
13	NKS Mg + micro	100	Fosf. Catalão	Incorpor.
14	NKS Mg + micro	200	Fosf. Catalão	Incorpor.
15	NKS Mg+micro+cal.	50	Superf. triplo	Localizado
16	NKS Mg+micro+cal.	100	Superf. triplo	Localizado
17	NKS Mg+micro+cal.	200	Superf. triplo	Localizado
18	NKS Mg+micro+cal.	50	Superf. triplo	Incorpor.
19	NKS Mg+micro+cal.	100	Superf. triplo	Incorpor.
20	NKS Mg+micro+cal.	200	Superf. triplo	Incorpor.
21	NKS Mg+micro+cal.	50	Fosf. Catalão	Localizado
22	NKS Mg+micro+cal.	100	Fosf. Catalão	Localizado
23	NKS Mg+micro+cal.	200	Fosf. Catalão	Localizado
24	NKS Mg+micro+cal.	50	Fosf. Catalão	Incorpor.
25	NKS Mg+micro+cal.	100	Fosf. Catalão	Incorpor.
26	NKS Mg+micro+cal.	200	Fosf. Catalão	Incorpor.

tes foram colocados no interior do vaso; b) sem compactar, deixou-se a superfície bem lisa e horizontal; c) distribuiu-se sobre a superfície, de modo uniforme, a quantidade correspondente de adubo fosfatado para aquele vaso; d) em seguida, juntou-se ao vaso o 0,5 kg de terra restante, cobrindo-se o adubo.

O procedimento para a incorporação do adubo fosfatado é a que se segue: a) tomou-se 4 kg de solo e juntou-se a quantidade devida de adubo fosfatado, misturando-os energicamente; b) adicionou-se as soluções contendo NKS Mg e micronutrientes e, em seguida, o solo foi colocado no vaso.

Delimitação Experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições.

Condução

Os vasos de barro utilizados continham no fundo um furo central de 1 cm de diâmetro, no qual colocou-se um pequeno pedaço de esponja que facilitaria a drenagem do excesso de água, caso ocorresse, e impediria a saída de terra.

A adubação dos solos se deu como descrito e em seguida foram colocados nos vasos e levados para a casa-de-vegetação.

As adubações suplementares de nitrogênio e potássio foram aplicadas nos vasos, individualmente, nas épocas e volumes indicados.

Adicionou-se água destilada de modo a levar a umidade do solo de cada vaso a cerca de 2/3 do poder de embebição. Em seguida, alguns vasos foram escolhidos ao acaso, e seus pesos anotados.

Plantaram-se 10 sementes de sorgo sacarino a uma profundidade de cerca de 2,5 cm, distribuindo-as regular

mente. Após a germinação fez-se o desbaste deixando 6 plantas por vaso. Os plantios foram realizados em 13/11/78, 17/03/79 e 02/08/79.

Diariamente, os vasos, cujos pesos foram anotados, por ocasião do plantio, eram pesados e restituído o peso da água evaporada, tirando-se uma média que se aplicava a todos os vasos. Utilizou-se sempre de água destilada para se efetuarem as regas.

A medida que as plantas foram crescendo, a quantidade de água a utilizar não pôde ser estimada pelo peso dos vasos, sendo feita esta estimativa observando-se o grau de umidade do solo e a aparência das plantas.

O excesso de água que porventura percolou para o coletor foi devido à superfície.

A colheita foi realizada 60 dias após o plantio e se deram nas seguintes épocas: 12/01/79, 16/06/79 e 01/10/79.

As plantas foram cortadas ao nível do solo e embaladas em cartuchos de papel. A seguir, foram secadas em estufa à 70-80°C até peso constante, pesadas, moídas em moinho Tecnal e guardadas para análise.

O solo foi deixado secar nos vasos e em seguida retirou-se as raízes, fazendo o solo passar através de peneira, ficando as raízes retidas nesta peneira. Em seguida, o solo foi devolvido ao seu respectivo vaso. As raízes foram lavadas inicialmente em água corrente e depois em água destilada e colocadas para secar em estufa a 70-80°C até peso constante. A seguir foram pesadas moídas, sendo então, guardadas para análise.

Depois da colheita retiraram-se aproximadamente 125 g de terra, combinando-se as 4 repetições numa amostra única de cerca de 0,5 kg, que foi guardada para análise.

Os solos foram readubados com NKS Mg e micronu-

trientes usando-se metade das doses indicadas para o primeiro plantio. Em seguida repetiram-se as operações descritas.

Análises minerais

Para se efetuarem as análises minerais das plantas as repetições dos tratamentos foram juntadas duas a duas a fim de proporcionar um aumento no volume de material vegetal. Foram preparados extratos através de digestão nitroperclórica a fim de determinar-se P e Ca. As análises de P foram realizadas por colorimetria e as de Ca por espectrofotometria de chama, em todos os três cultivos.

Nas amostras de solo correspondentes aos três cultivos determinou-se com duas repetições, o P solúvel em NaHCO_3 pH 8,5 (método de Olsen) e o cálcio (extração com KCl 1 N).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiro cultivo

Na Tabela 5 estão as produções de matéria seca encontradas no 1º cultivo. Os tratamentos com superfosfato triplo foram os que proporcionaram as maiores produções, sendo que a calagem não mostrou para estes tratamentos. As produções alcançadas com diferentes doses de fosfato de Catalão não diferiram entre si (Figura 1). Não se observou, também, efeito da calagem. Os tratamentos com fosfato de Catalão incorporado sem calagem e todos os que receberam calagem diferiram da testemunha. Não houve diferença, porém, do tratamento que recebeu todos os nutrientes menos P e Ca, o que mostra que tanto o P quanto o Ca não foram os elementos limitantes na produção do tratamento testemunha. Estes dados concordam com os obtidos por MACHADO et alii (1978).

Tabela 5 - Efeito dos tratamentos sobre a produção de matéria seca (g/vaso) do sorgo sacarino. Médias de 4 repetições. Solo Catalão.

Tratamentos	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo	Soma dos três cultivos
Testemunha	3,23i	0,35g	0,24h	3,81
NKS Mg + micronutrientes	12,97hi	0,51g	0,24h	13,72fg
ST-1-localizado	47,78def	1,82g	0,46h	50,05e
ST-2-localizado	60,69bcd	5,12g	0,43h	66,24de
ST-4-localizado	75,44ab	24,09cde	5,10fg	104,63c
ST-1-incorporado	48,82de	15,27f	0,51h	64,59d
ST-2-incorporado	56,15cd	16,57ef	0,59h	73,31d
ST-4-incorporado	63,75abce	26,60bcd	4,32gh	94,67c
FG-1-localizado	15,60ghi	0,44g	0,58h	16,61fg
FG-2-localizado	21,56ghi	1,12g	0,37h	23,05fg
FG-4-localizado	21,62ghi	1,25g	0,54h	23,41fg
FG-1-incorporado	23,08gh	1,41g	0,52h	25,01f
FG-2-incorporado	22,51gh	2,89g	0,44h	25,83f
FG-4-incorporado	22,93gh	1,80g	0,48h	25,21f
ST-1-localizado + calagem	64,78abcd	29,05abcd	12,89abc	106,71bc
ST-2-localizado + calagem	60,79bcd	31,27abc	13,10abc	105,16
ST-4-localizado + calagem	76,97ab	35,32a	16,42a	128,91a
ST-1-incorporado + calagem	54,51cd	30,19abcd	12,12abcd	98,82c
ST-2-incorporado + calagem	71,48abc	28,31abcd	13,91ab	113,69abc
ST-4-incorporado + calagem	81,17a	32,79ab	11,13acde	125,09ab
FG-1-localizado + calagem	30,11fgh	22,21def	7,35efg	59,66de
FG-2-localizado + calagem	33,07efg	22,13def	5,42fg	60,61de
FG-4-localizado + calagem	25,65gh	24,12cde	9,29cdef	59,15de
FG-1-incorporado + calagem	28,64gh	25,32bcd	5,52fg	59,48de
FG-2-incorporado + calagem	27,89gh	24,69bcde	5,95fg	58,53de
FG-4-incorporado + calagem	30,83efgh	26,92bcd	8,04defg	65,79de
F	43,01**	69,79**	40,33**	101,13**
CV	16,60%	18,42%	32,05%	11,59%
dms	18,52	8,28	4,49	19,91

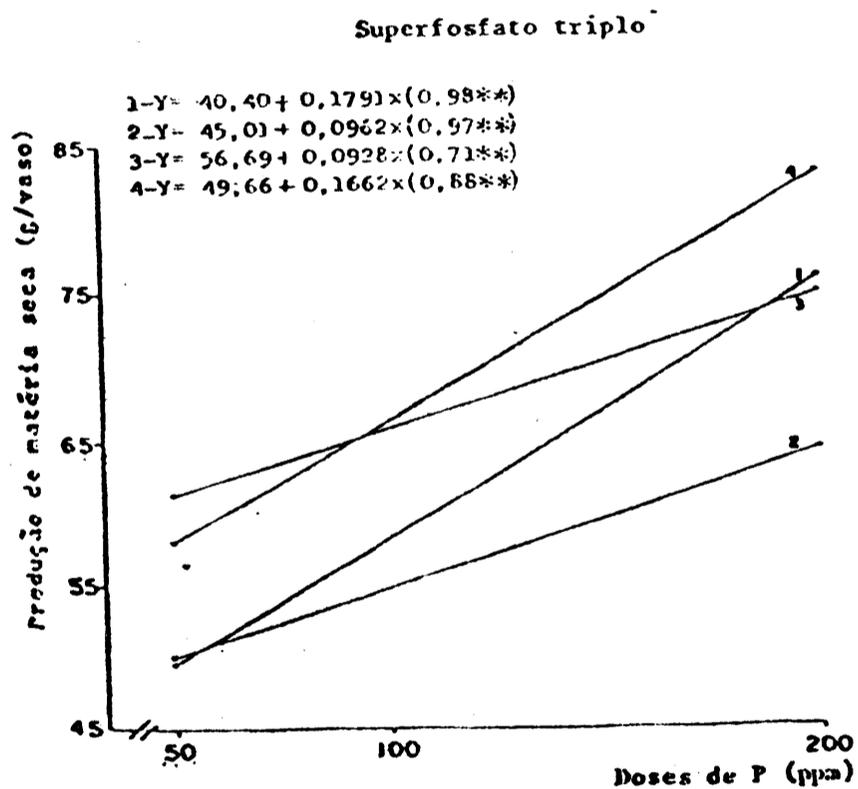
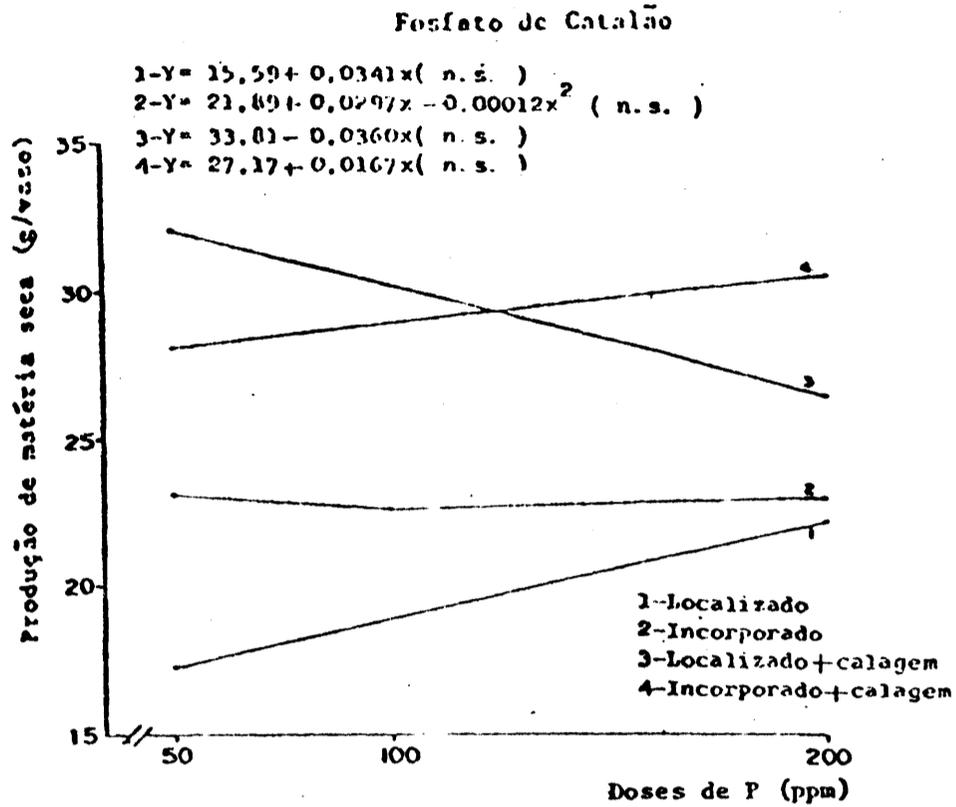


Figura 1. Efeito das doses de P empregadas sobre a produção de matéria seca do sorgo sacarino no 1º cultivo no solo de Catalão. (entre parênteses: r²).

A localização ou incorporação do adubo não mostrou efeito, em nenhum dos tratamentos empregados.

A Tabela 6 traz o cálculo da equivalência do P_{2O_5} fornecido como FG em relação ao proveniente do ST nas diferentes doses empregadas. O cálculo foi feito assim:

$\frac{A \text{ (dose } x)}{B \text{ (dose } x)}$ onde

$B \text{ (dose } x)$

A = produção obtida com FG e

B = produção obtida com ST

Verifica-se que a relação foi mais estreita quando se fez a calagem: considerando-se os três cultivos a eficiência relativa do FG foi cerca de 50% daquele do ST.

A respeito do P absorvido (Tabela 7), os tratamentos com supertriplo algumas vezes apresentaram valores mais altos do que os tratamentos correspondentes com calagem. As produções de matéria seca nestes dois tratamentos (com e sem calagem) foram iguais. Por outro lado, a resposta da produção ao Ca absorvido foi linear, podendo-se atribuir a falta de Ca à limitação na produção dos tratamentos sem calagem.

As regressões do P absorvido em função das doses de P empregadas estão representadas na Figura 2. As correlações encontradas entre P absorvido e produção estão na Figura 3.

As quantidades de Ca absorvido aparecem na Tabela 8. As quantidades absorvidas nos tratamentos com supertriplo, sem calagem, na dose mais baixa não diferiram da testemunha. O mesmo foi verificado nos tratamentos em que se empregou o fosfato de Catalão sem calagem. Nos tratamentos com supertriplo a absorção de Ca foi sempre superior àquela nos tratamentos que não receberam calagem. Os tratamentos com fosfato de Catalão com calagem também diferiram dos que não receberam calagem, porém, não diferiram entre si.

Tabela 6. Cálculo de equivalência duas fontes de P₂O₅.

Cultivo	Doses (ppm P)			
	50	100	200	
Primeiro				
- calagem	0,40	0,38	0,32	
+ calagem	0,49	0,46	0,36	
Segundo				
- calagem	0,11	0,18	0,06	
+ calagem	0,80	0,79	0,75	
Terceiro				
- calagem	1,18	0,79	0,11	
+ calagem	0,51	0,42	0,63	
Três cultivos				
- calagem	0,36	0,35	0,24	
+ calagem	0,59	0,54	0,49	

Tabela 7 - Efeito dos tratamentos sobre a quantidade de P absorvido pelo sorgo sacarino (mg/vaso). Médias de 4 repetições. Solo Catalão.

Tratamentos	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo	Soma dos três cultivos
Testemunha	4,25h	0,40e	0,20g	4,85i
NKS Mg+Micronutrientes	17,75gh	0,48e	0,20g	16,43hi
ST-1-localizado	61,75f	2,00e	0,43g	64,18g
ST-2-localizado	119,00b	8,00e	0,43g	127,43de
ST-4-localizado	155,50a	46,25ab	6,00fg	207,75a
ST-1-incorporado	73,00def	26,75d	0,48g	100,00f
ST-2-incorporado	81,50def	29,25cd	0,53g	111,28ef
ST-4-incorporado	89,00cde	49,00ab	5,50fg	143,50cd
FG-1-localizado	16,75gh	0,45e	0,48g	17,68hi
FG-2-localizado	25,75gh	1,33e	0,30g	27,38
FG-2-localizado	22,75gh	1,58e	0,53g	24,85hi
FG-1-incorporado	26,00gh	1,43e	0,50g	27,93hi
FG-2-incorporado	27,50gh	4,25e	0,43g	32,18h
FG-4-incorporado	29,25gh	2,75e	0,40g	32,40h
ST-1-localizado + calagem	73,00def	42,75abc	20,00bc	135,75de
ST-2-localizado + calagem	69,75	49,75ab	20,30b	139,75cd
ST-4-localizado + calagem	110,00cd	54,25a	30,25a	194,50a
ST-1-incorporado + calagem	74,75def	45,50ab	16,75bcd	137,00cde
ST-2-incorporado + calagem	97,25bcd	45,00ab	20,25b	162,50bc
ST-4-incorporado + calagem	112,00bc	53,00a	21,00b	186,00ab
FG-1-localizado + calagem	32,25g	30,25cd	11,00def	73,50g
FG-2-localizado + calagem	34,00g	30,75cd	8,25ef	73,00g
FG-4-localizado + calagem	28,25gh	36,25bcd	13,25cde	77,75fg
FG-1-incorporado + calagem	28,75gh	37,25bcd	8,00ef	74,00f
FG-2-incorporado + calagem	31,25g	36,50bcd	10,75def	78,50fg
FG-4-incorporado + calagem	32,50g	38,25bc	11,75def	82,50fg
F	65,39**	64,095**	47,12**	152,35**
CV	17,15%	19,00%	32,36%	10,71%
dms	26,28	13,71	6,98	26,22

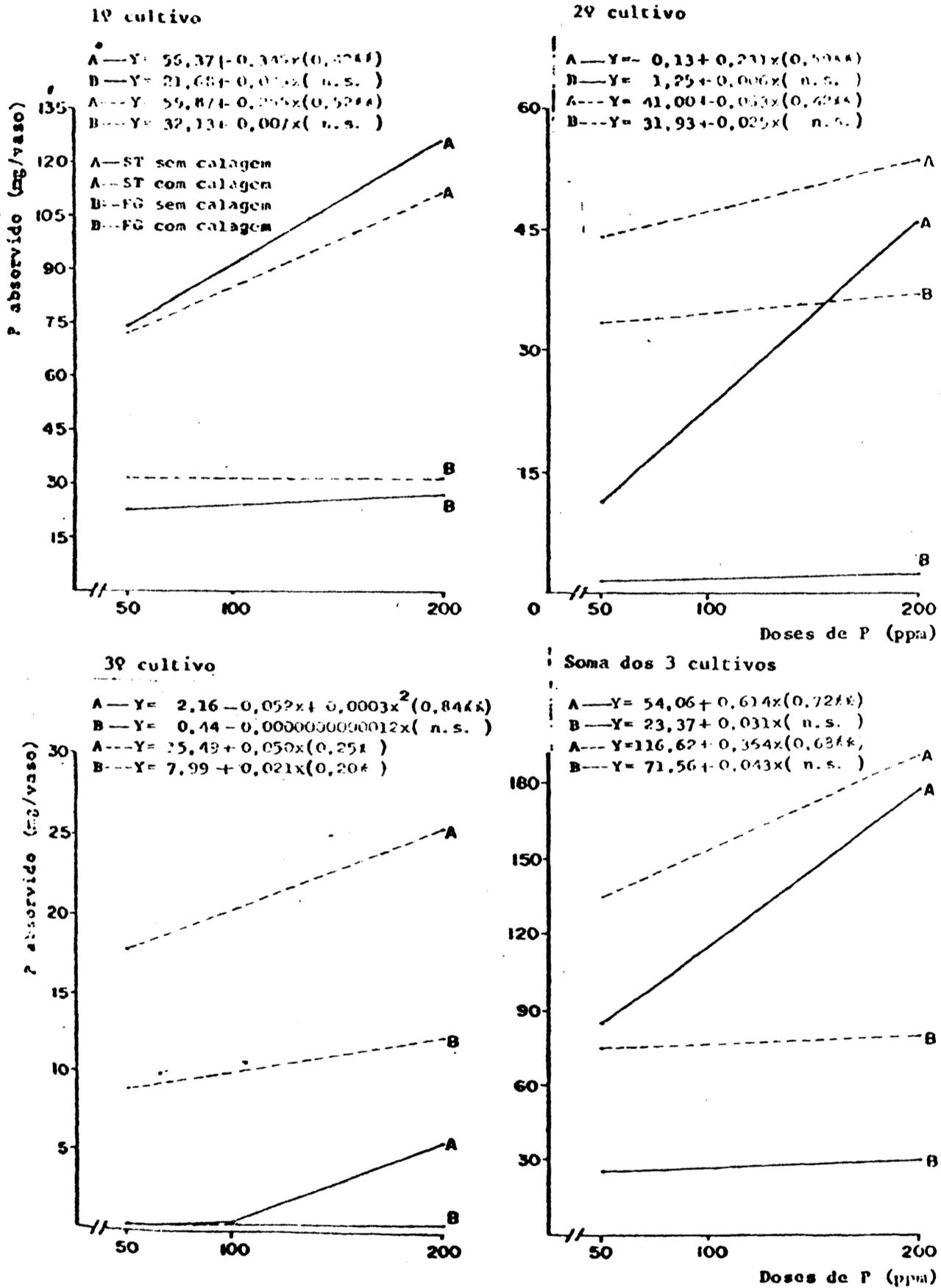


Figura 2. Efeito das doses de P empregadas sobre a absorção de P pelas plantas no solo de Catalão.

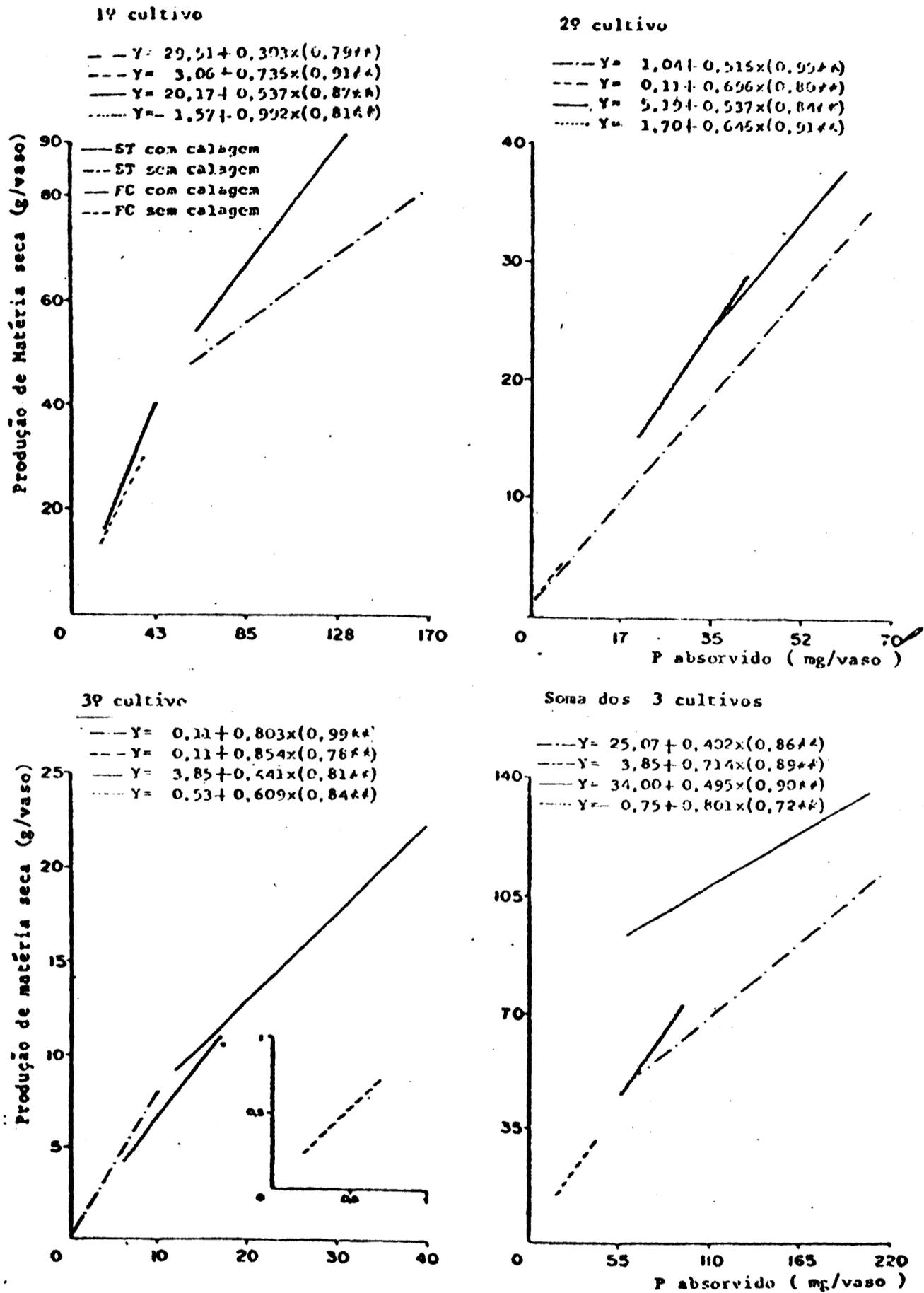


Figura 3. Produção de matéria seca do sorgo sacarino em função das quantidades de P absorvido pelas plantas no solo de Catalão.

Tabela 8 - Efeito dos tratamentos na quantidade de Ca ab sorvido pelo sorgo sacarino (mg/vaso). Médias de 4 repetições. Solo Catalão.

Tratamentos	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo	Soma dos três cultivos
Testemunha	7,25l	0,10g	0,05f	7,40l
NKS Mg+Micronutrientes	19,50l	0,07g	0,03f	19,61hl
ST-1-localizado	89,50ghl	2,48g	0,35f	92,93fghi
ST-2-localizado	135,00fgh	20,50g	0,33h	155,83fg
ST-4-localizado	235,25ef	77,00f	5,03f	317,28c
ST-1-incorporado	99,75ghl	32,75	0,48f	132,98fgh
ST-2-incorporado	133,75fgh	31,25g	0,38f	165,38f
ST-4-incorporado	218,50ef	79,75f	5,58f	303,83e
FG-1-localizado	25,25l	0,38g	0,58f	26,20hl
FG-2-localizado	32,25hl	0,80g	0,33f	33,38hl
FG-4-localizado	28,00l	2,33g	0,55f	30,90hl
FG-1-incorporado	43,75hl	1,33g	0,53f	45,60ghl
FG-2-incorporado	48,75hl	3,60g	0,28f	52,63fghl
FG-4-incorporado	62,25hl	4,15g	0,58f	66,98fghl
ST-1-localizado + calagem	410,25bc	162,75bcd	56,25bc	629,25bc
ST-2-localizado + calagem	360,25cd	182,50abc	55,50bcd	598,25c
ST-4-localizado + calagem	538,25a	209,50a	80,75a	838,50a
ST-1-incorporado + calagem	367,25cd	202,50ab	53,25bcd	623,00bc
ST-2-incorporado + calagem	390,25c	180,25abc	61,25c	726,75ab
ST-4-incorporado + calagem	505,25ab	221,00a	54,00bcd	780,25a
FG-1-localizado + calagem	180,25efg	111,00ef	36,25de	327,50de
FG-2-localizado + calagem	275,25de	116,25ef	25,50e	417,00de
FG-4-localizado + calagem	210,25ef	126,25de	42,25bcde	378,75de
FG-1-incorporado + calagem	221,25ef	127,00de	25,50bcde	374,00de
FG-2-incorporado + calagem	243,50e	143,75cde	38,75e	391,00de
FG-4-incorporado + calagem	248,75e	145,50cde	41,50cde	435,75e
F	70,06	101,08	50,96	151,96
CV	19,23%	18,76%	32,50%	13,89%
dms	104,65	42,67	19,49	115,16

As correlações entre o Ca absorvido e a produção foram positivas e lineares e estão ilustradas na Figura 4.

A eficiência relativa observada para os tratamentos com fosfato de Catalão sem calagem (Figura 5) mostrou que com o aumento das doses, manteve-se praticamente constante. O mesmo comportamento foi verificado quando se fez a calagem. As eficiências relativas do fosfato de Catalão foram maiores do que a encontrada para a testemunha. A diferença entre as eficiências do fosfato de Catalão com e sem calagem foi muito pequena.

Os teores de P encontrados no solo após o 1º cultivo estão na Tabela 9. Os maiores teores foram encontrados para os tratamentos sem calagem por razões já discutidas anteriormente. Um fato que chama a atenção são os teores encontrados no tratamento testemunha, que são elevados, mostrando que, em termos de P este solo apresenta certa finalidade natural. Nos tratamentos com fosfato de Catalão com calagem, os teores de P no solo são baixos, como a testemunha.

Em relação aos teores de Ca encontrados no solo após o 1º cultivo, houve diferença somente entre os tratamentos sem calagem e os que receberam calagem. Os valores encontrados nos tratamentos com calagem são bastante altos (Tabela 10).

Segundo Cultivo

No segundo cultivo, as produções de matéria seca nos tratamentos com superfosfato com calagem foram as maiores (Tabela 5) e não diferiram entre si. Nos tratamentos sem calagem, nota-se uma diferença quando o superfosfato foi localizado ou incorporado antes do 1º cultivo. As duas doses menores do localizado apresentaram produções iguais à testemunha enquanto que as duas doses menores do incorporado diferiram da testemunha. As produções obtidas com fosfato de Catalão sem calagem não diferiram da testemunha. Por outro lado, todos os que receberam calagem diferiram da testemunha, o que mostra a

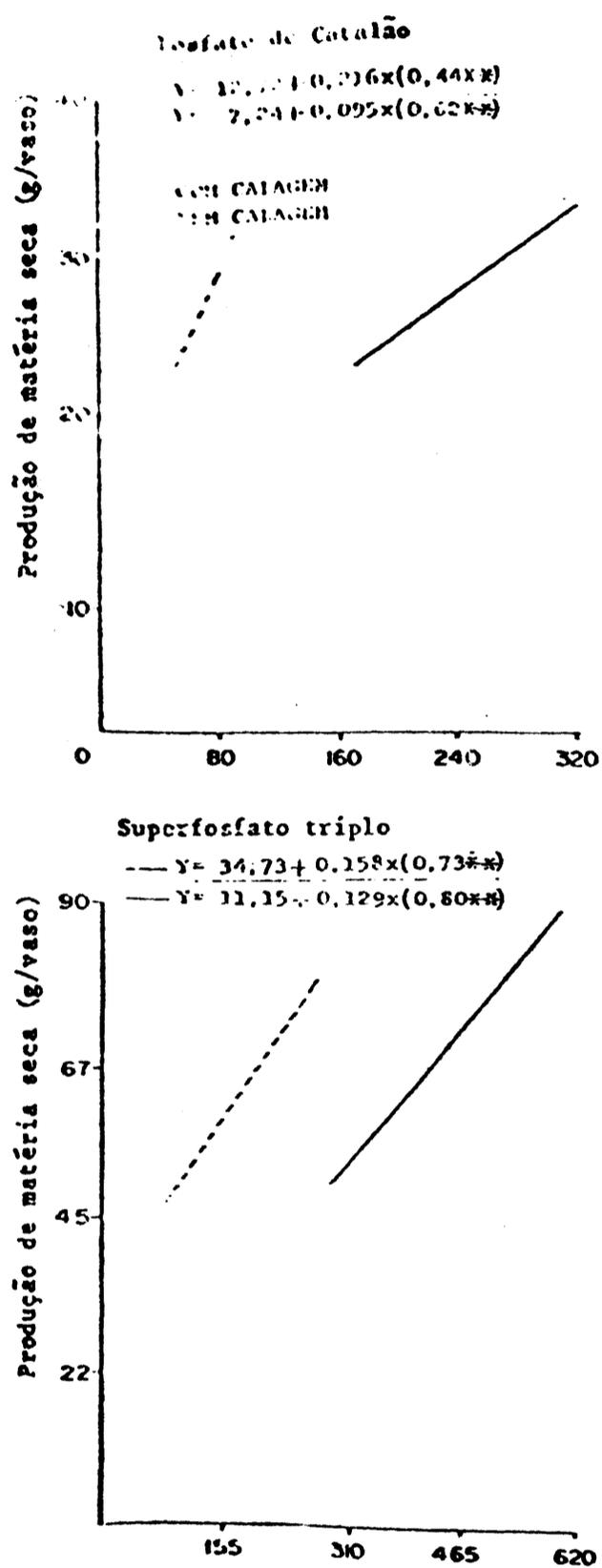


Figura 4. Produção de matéria seca em função das quantidades de Ca absorvido pelo sorgo sacarino no 1º cultivo no solo de Catalão.

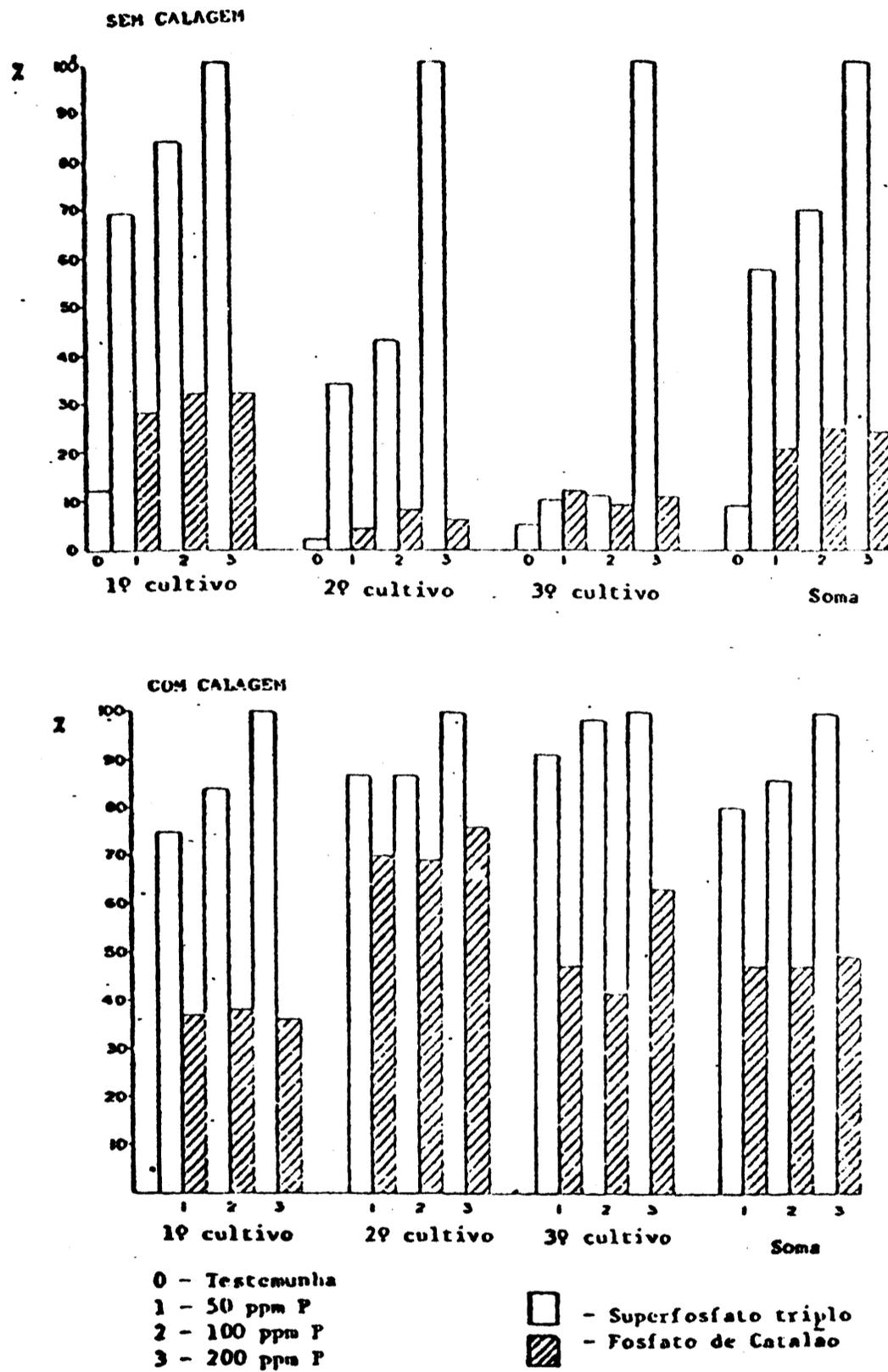


Figura 5. Eficiência relativa dos tratamentos empregados no solo de Catalão. (considerou-se a produção de matéria seca obtida com superfosfato triplo na dose de 200 ppm como valor 100).

Tabela 9 - Teores de P (ppm) encontrados no solo Catalão. Médias de 2 repetições.

Tratamentos	P no solo (ppm)	
	Após 1º cult.	Após 2º cult.
Testemunha	18,0efghi	17,0cdef
NKS Mg+Micronutrientes	16,0fghi	15,5cdefg
ST-1-localizado	27,0bcdef	19,5bcd
ST-2-localizado	30,0bcd	22,0bcd
ST-4-localizado	42,0a	26,0b
ST-1-incorporado	20,0defghi	19,5bcd
ST-2-incorporado	38,0ab	26,0b
ST-4-incorporado	35,0abc	34,5a
FG-1-localizado	25,0cdef	20,0bcd
FG-2-localizado	23,5cdefg	21,0bcd
FG-4-localizado	24,5cdef	19,0bcd
FG-1-incorporado	22,5defgh	19,0bcd
FG-2-incorporado	28,5bcde	22,0bcd
FG-4-incorporado	27,0bcdef	21,5bcd
ST-1-localizado+calagem	27,0bcdef	17,5cde
ST-2-localizado+calagem	29,5bcde	23,0bc
ST-4-localizado+calagem	29,5bcde	22,5bc
ST-1-incorporado+calagem	19,5defghi	20,0bcd
ST-2-incorporado+calagem	25,0cdef	22,0bcd
ST-4-incorporado+calagem	30,5abcd	35,0a
FG-1-localizado+calagem	10,0i	14,5defg
FG-2-localizado+calagem	12,5ghi	9,0g
FG-4-localizado+calagem	11,0hi	9,5fg
FG-1-incorporado+calagem	9,5i	9,0g
FG-2-incorporado+calagem	10,0i	10,5efg
FG-4-incorporado+calagem	8,5i	9,0g
F	19,79**	27,11**
CV	12,60%	9,5%
dms	11,9	7,6

Tabela 10 - Teores de Ca (emg/100 g) encontrados no solo Catalão. Média de 4 repetições.

Tratamentos	Ca no solo (em/100g)	
	Após 1º cult.	Após 2º cult.
Testemunha	1,04b	0,60b
NKS Mg+micronutrientes	1,06b	0,65b
ST-1-localizado	1,01b	0,74b
ST-2-localizado	1,24b	0,74b
ST-4-localizado	1,24b	0,83b
ST-1-incorporado	1,03b	0,66b
ST-2-incorporado	1,18b	0,80b
ST-4-incorporado	1,30b	1,10b
FG-1-localizado	1,15b	0,72b
FG-2-localizado	1,15b	0,70b
FG-4-localizado	1,11b	0,66b
FG-1-incorporado	1,02b	0,70b
FG-2-incorporado	1,18b	0,82b
FG-4-incorporado	1,15b	0,84b
ST-1-localizado+calagem	5,20a	4,53a
ST-2-localizado+calagem	5,69a	4,75a
ST-4-localizado+calagem	5,82a	4,78a
ST-1-incorporado+calagem	4,95a	4,64a
ST-2-incorporado+calagem	5,07a	4,38a
ST-4-incorporado+calagem	5,20a	4,64a
FG-1-localizado+calagem	5,55a	4,53a
FG-2-localizado+calagem	5,52a	4,66a
FG-4-localizado+calagem	5,67a	4,77a
FG-1-incorporado+calagem	5,97a	4,50a
FG-2-incorporado+calagem	5,64a	4,96a
FG-4-incorporado+calagem	5,29a	4,65a
F	130,38	170,54
CV	8,75%	8,4%
dms	1,12	0,88

influência da calagem como fornecedor de Ca e aumentando a disponibilidade do P. Em relação às doses empregadas, não ocorreram diferenças de produção nos tratamentos com fosfato de Catalão com calagem. As correlações entre dose de P e produção de matéria seca estão na Figura 6.

O cálculo da equivalência dado pela Tabela 6 mostra que onde não se fez calagem a relação foi muito larga, mais ainda do que no cultivo anterior. Quando se fez a calagem os valores foram já bastante próximos de 1 e existiu um decréscimo na relação com o aumento da dose de P aplicada.

Os dados de P absorvido (Tabela 7) se comportaram exatamente como as produções de matéria seca. Nos tratamentos com fosfato de Catalão com calagem a absorção de P foi igual à obtida com supertríplo, com calagem nas doses de 50 e 100 ppm. As correlações obtidas entre dose e P absorvido estão na Figura 2. Para o fosfato de Catalão com calagem a correlação não foi significativa, não mostrando efeito de dose. A produção de matéria seca em função do P absorvido encontra-se na Figura 3.

As quantidades de Ca absorvido estão na Tabela 8. Quando não se fez a calagem, somente os tratamentos com superfosfato na dose máxima diferiram da testemunha. Os tratamentos com fosfato de Catalão com calagem diferiram da testemunha porém não diferiram entre si. Na Figura 7 estão as correlações encontradas para Ca absorvido x produção onde se nota que nos tratamentos onde se fez calagem tanto com superfosfato quanto com fosfato de Catalão houve "absorção de luxo" do Ca.

A eficiência relativa do fosfato de Catalão (Figura 5) quando não se fez a calagem foi muito baixa, o que pode ser explicado por uma deficiência de Ca ou devido a solubilização lenta do fosfato. Quando se fez a calagem a eficiência relativa do fosfato Catalão foi bastante superior e um aumento nas doses mostrou um pequeno acréscimo.

A tabela 9 traz os teores de P encontrados no solo

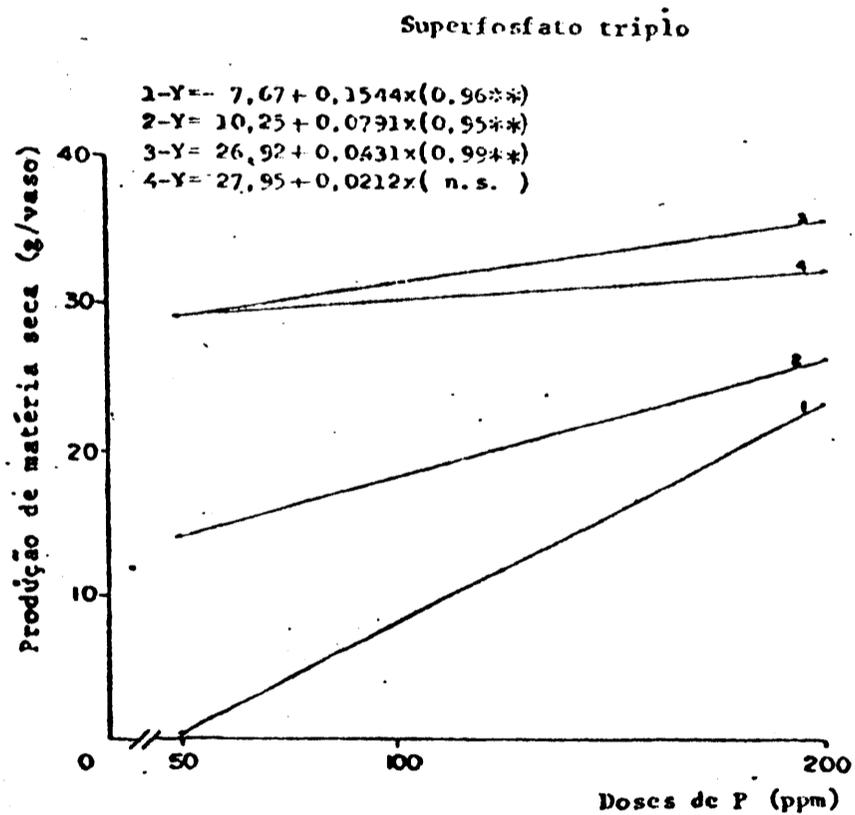
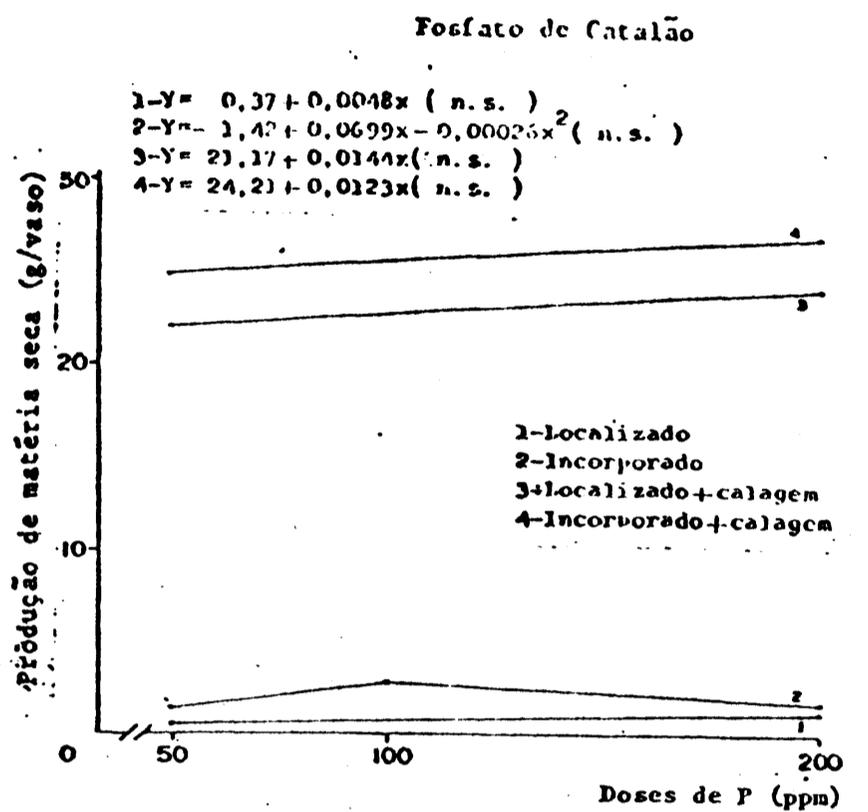


Figura 6. Efeito das doses de P empregadas sobre a produção de matéria seca do sorgo sacarino no 2º cultivo no solo de Catalão.

após o 2º cultivo. O mesmo comportamento após o 1º cultivo é verificado após o 2º.

Os teores de Ca no solo encontrados após o 2º cultivo estão na Tabela 10. Observam-se diferenças somente entre os tratamentos com e sem calagem. Houve uma boa diminuição nos teores de Ca do cultivo anterior para este.

Terceiro cultivo

As produções de matéria seca encontradas no terceiro cultivo estão na Tabela 5. Nos tratamentos sem calagem somente o superfosfato na dose máxima localizado foi diferente da testemunha, mostrando um esgotamento das fontes de P neste cultivo. As maiores produções foram alcançadas com superfosfato com calagem e foram quase sempre superiores aos tratamentos com fosfato de Catalão com calagem. Estes por sua vez foram superiores à testemunha.

As correlações obtidas entre doses e produção estão na Figura 8.

O cálculo da equivalência do P_{205} (Tabela 6) mostra que nos tratamentos sem calagem, com o aumento das doses ocorreu uma diminuição drástica na relação. Nos tratamentos que receberam calagem o comportamento das doses não foi uniforme, mostrando porém pequena variação.

Com respeito ao P absorvido, nota-se na Tabela 7, que os tratamentos que não receberam calagem não diferiram da testemunha. Nos tratamentos com superfosfato com calagem a absorção de P foi maior. Nos tratamentos com fosfato de Catalão com calagem a absorção de P diferiu daquela encontrada na testemunha. O P absorvido em função das doses de P estão representado na Figura 2. As correlações entre P absorvido e produção de matéria seca foram positivas e lineares e encontram-se na Figura 3.

As quantidades de Ca absorvido estão na Tabela 8. O comportamento dos tratamentos em relação à absorção do

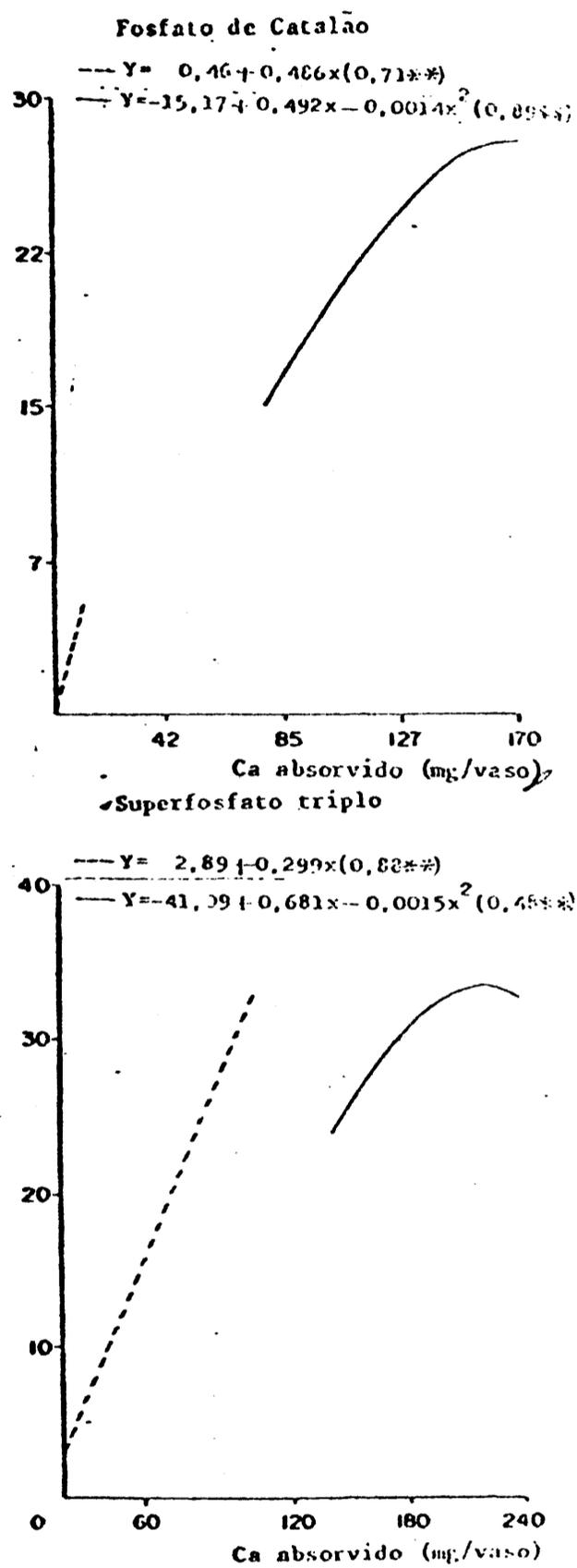


Figura 7. Produção de matéria seca em função das quantidades de Ca absorvido pelo sorgo sacarino no 2º cultivo no solo de Catalão.

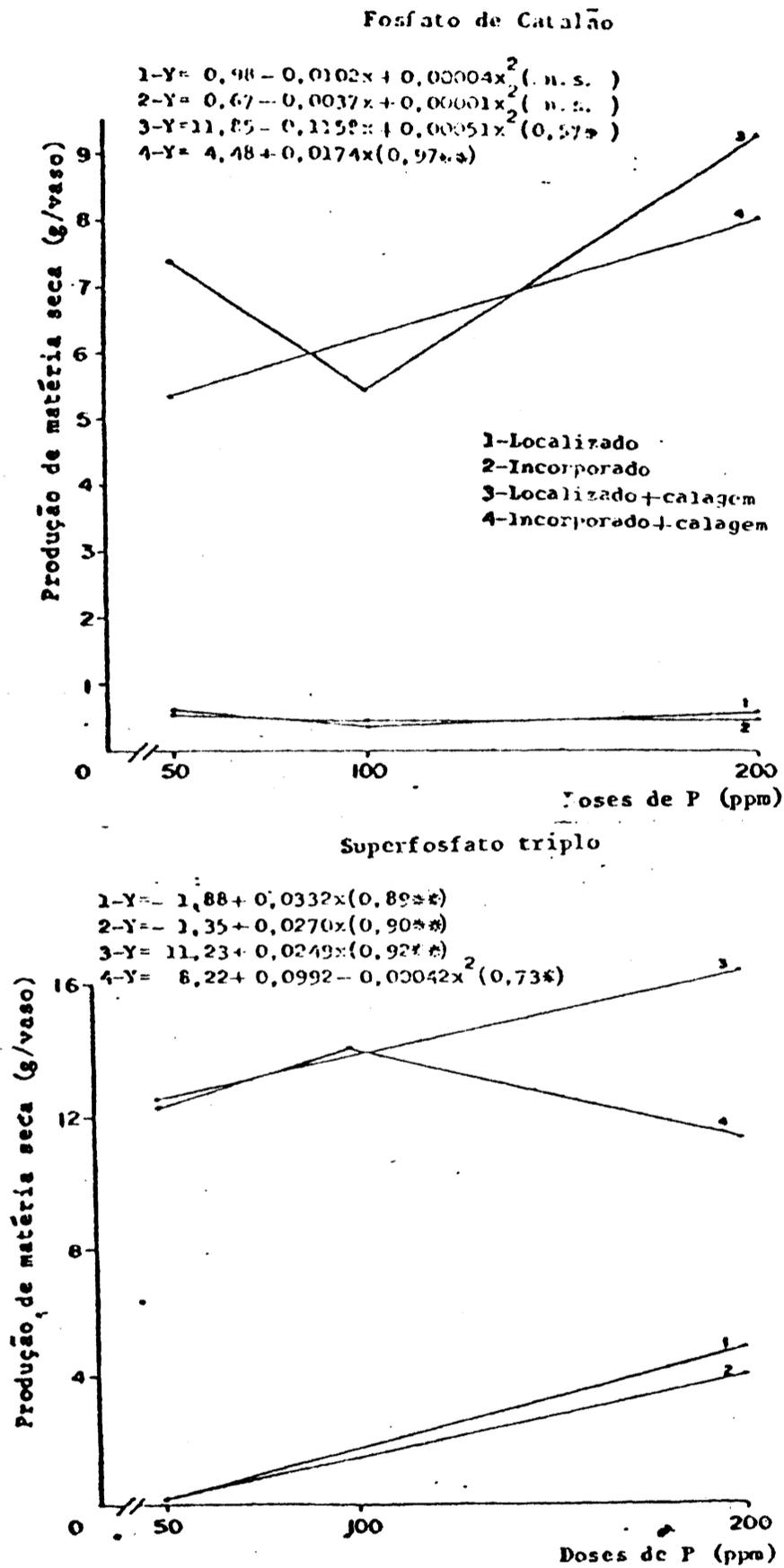


Figura 8. Efeito das doses de P empregadas sobre a produção de matéria seca do sorgo sacarino no 3º cultivo no solo de Catalão.

Ca foi muito semelhante ao encontrado para a absorção de P. Assim, os tratamentos que não receberam calagem tiveram pequenas produções devido à carência tanto de P como de Ca. Na Figura 9, estão as correlações encontradas entre Ca absorvido e produção que foram positivas e lineares.

Na Figura 5, está a eficiência relativa encontrada neste cultivo. Quando não se fez a calagem os valores da eficiência para o fosfato de Catalão praticamente não se modificaram com o aumento na dose de P. Nos tratamentos com calagem a eficiência relativa foi maior na dose mais alta de P utilizada.

Soma dos três cultivos

Observa-se na Tabela 5 que as maiores produções foram atingidas nos tratamentos com superfosfato onde se fez a calagem. Para estes tratamentos não houve efeito da localização ou incorporação do adubo. Quando não se fez a calagem, os tratamentos com fosfato de Catalão não diferiram do tratamento que recebeu todos os nutrientes menos P e Ca. As produções alcançadas nos tratamentos com fosfato de Catalão com calagem foram superiores à testemunha e aos tratamentos com fosfato de Catalão que não receberam calagem. As correlações encontradas entre doses de P aplicadas e a produção de matéria seca estão na Figura 10.

O cálculo da equivalência do P_{205} no final dos 3 cultivos mostrou que com o aumento das doses a relação ficou menor tanto nos tratamentos com calagem como nos sem calagem (Tabela 6). A relação foi mais estreita nos tratamentos com calagem.

A quantidade de P absorvido pelos tratamentos comportou-se como a produção de matéria seca, relação esta que encontra-se representada na Figura 3. As correlações de dose de P utilizada e P absorvido estão na Figura 2.

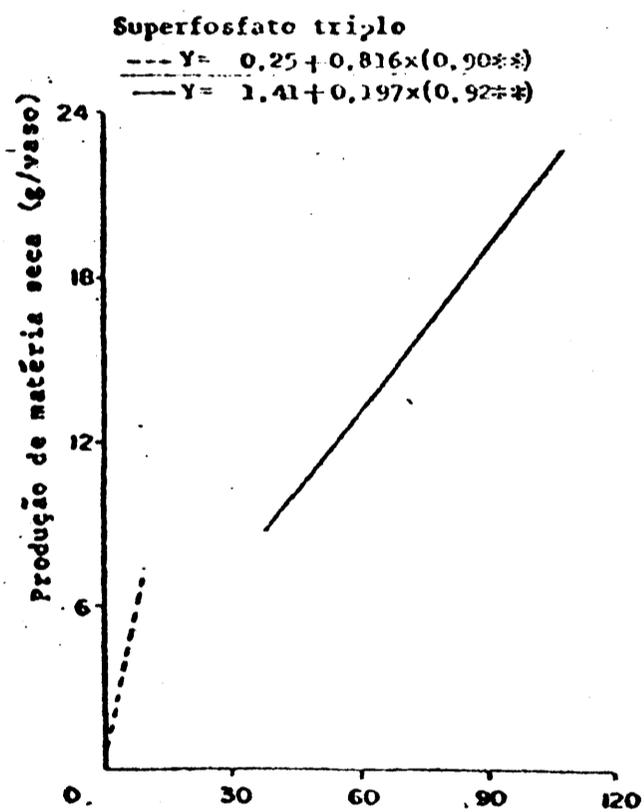
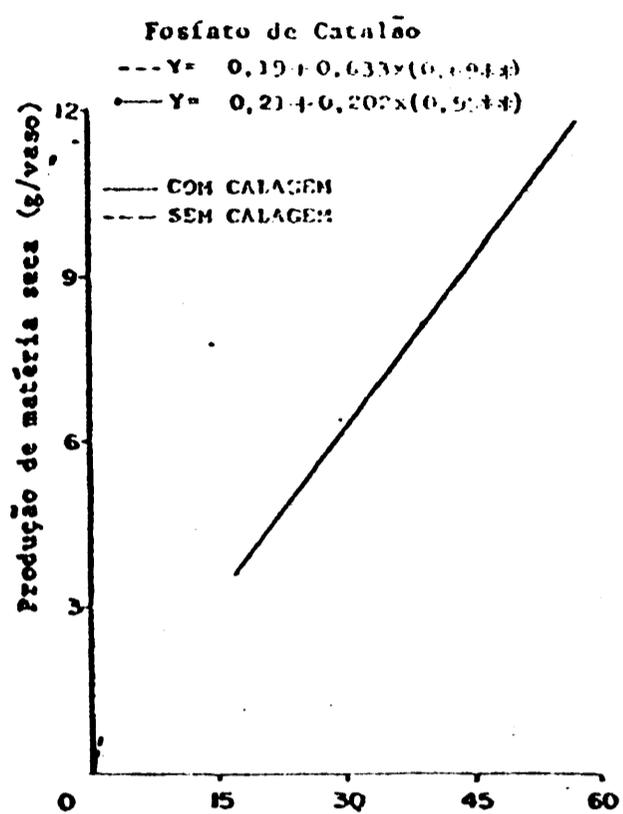


Figura 9. Produção de matéria seca em função das quantidades de Ca absorvido pelo sorgo sacarino no 3º cultivo no solo de Catalão.

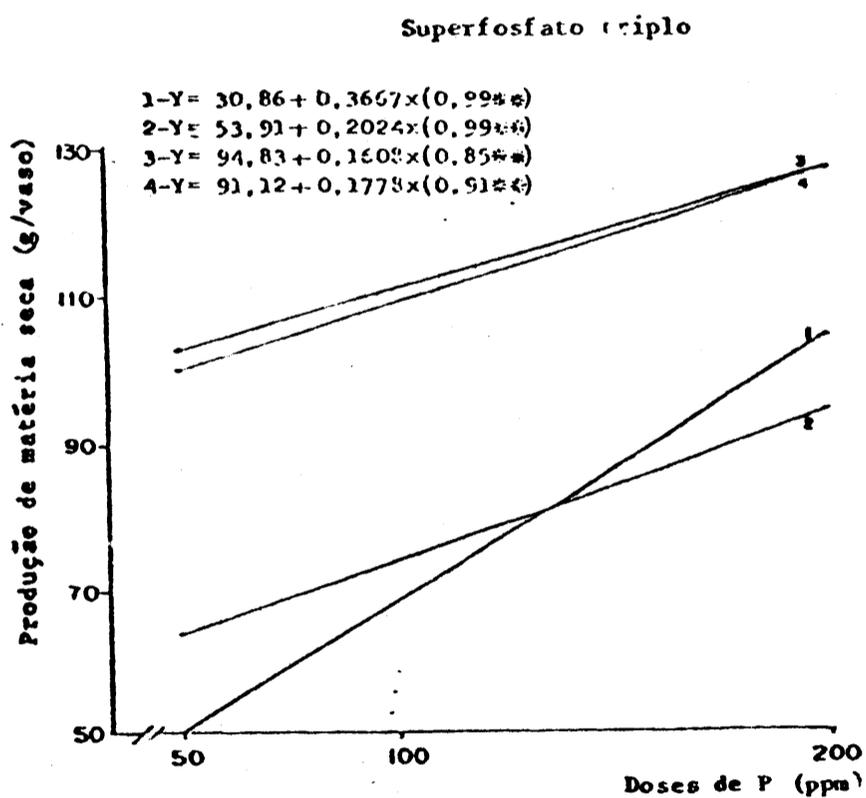
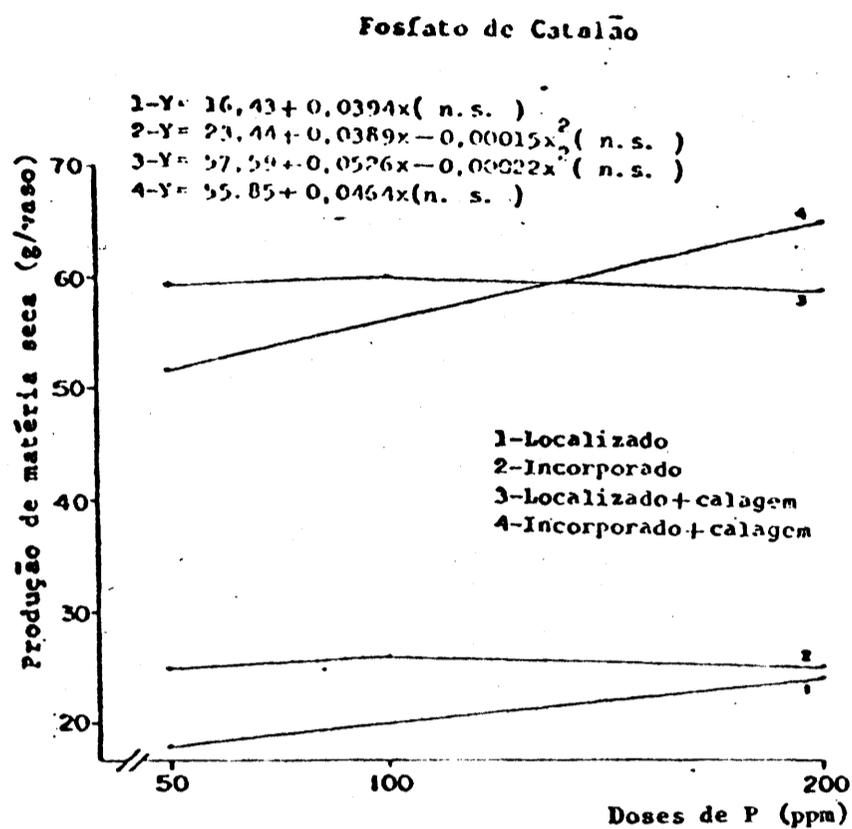


Figura 10. Efeito das doses de P empregadas sobre a soma das produções de matéria seca obtidas nos 3 cultivos no solo de Catalão.

O Ca absorvido pelos tratamentos está na Tabela 8. Nos tratamentos com calagem a absorção de Ca foi sempre maior do que naqueles sem calagem. Nos tratamentos sem calagem, com superfosfato, ocorreram diferenças na absorção de Ca em relação às doses de adubo empregadas, evidenciando o aproveitamento do Ca do fertilizante. As correlações entre o Ca absorvido e as produções de matéria seca foram positivas e lineares para todos os tratamentos podem ser visualizadas na Figura 11.

A eficiência relativa (Figura 5) foi, para o fosfato de Catalão, sem calagem, praticamente constante com o aumento das doses de P, o que ocorreu também com os tratamentos com calagem. A eficiência relativa nos tratamentos com calagem foi muito superior àqueles sem calagem, mostrando o efeito do Ca como nutriente e da calagem aumentando a disponibilidade do P.

P e Ca no solo, absorção e produção

Diferentes correlações entre P e Ca encontrados no solo após o 1º cultivo e após o 2º cultivo foram tentadas com parâmetros do cultivo seguinte. Assim, correlacionou-se o P do solo encontrado após o 1º cultivo com a produção de matéria seca do 2º cultivo e com o P absorvido no 2º cultivo. Correlacionou-se também o P no solo após o 2º cultivo com as produções de matéria seca e P absorvido no 3º cultivo. Procedeu-se da mesma maneira para o Ca encontrado no solo, fazendo-se ainda uma correlação entre o Ca no solo e o Ca absorvido. O resumo destas correlações encontra-se na Tabela 11.

A produção do 2º cultivo correlacionou com o P do solo a nível de 5% e com um coeficiente de determinação muito baixo; o mesmo acontecendo com a correlação entre P no solo e P absorvido. Por outro lado, a correlação Ca no solo x produção foi altamente significativa para a regressão linear, com um coeficiente de determinação razoável. Existem correlações significativas também entre Ca no solo e Ca absorvido e Ca no solo e P absorvido. Assim, sendo, o Ca desempenhou o papel mais importante para as produções do 2º cultivo e favoreceu a absorção de

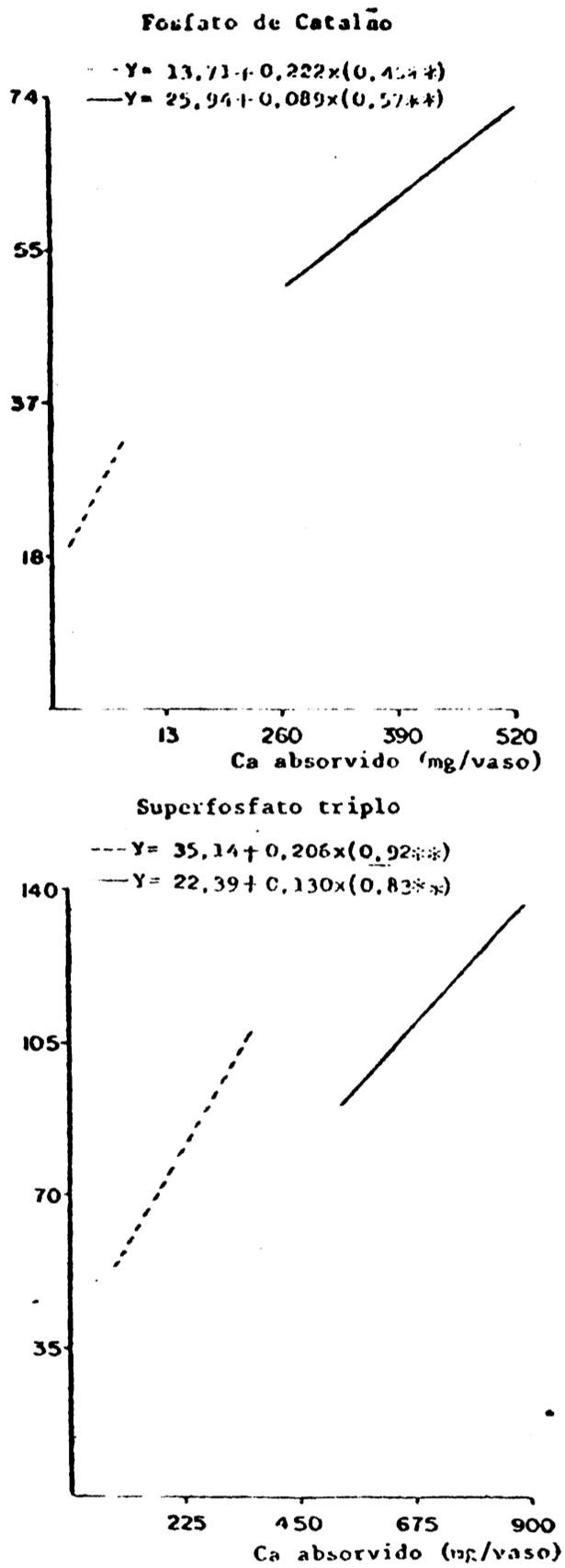


Figura 11. Produção de matéria seca em função das quantidades totais de Ca absorvido pelo sorgo sacarino nos 3 cultivos no solo de Catalão.

Tabela 11 - Correlações entre P e Ca no solo com produção de matéria seca e absorção de Ca e P.

Variável	2º cultivo	3º cultivo
P no solo x mat. seca $Y = 42,587 - 2,591x + 0,00551x^2$	$r^2 = 0,6^*$	n.s.
P no solo x P absorvido $Y = 64,872 - 4,227x + 0,0955x^2$	$r^2 = 0,20^*$	n.s.
Ca no solo x mat. seca $Y = 3,197 + 4,99x$	$r^2 = 0,64^{**}$	$Y = -0,708 + 2,323x$ $r^2 = 0,75^{**}$
Ca no solo x Ca absorvido $Y = -146,72 + 168,89x - 20,54x^2$	$r^2 = 0,87^{**}$	$Y = -7,72 + 11,69x$ $r^2 = 0,81^{**}$
Ca no solo x P absorvido $Y = 4,832 + 6,724x$	$r^2 = 0,54^{**}$	$Y = -1,745 + 3,187x$ $r^2 = 0,73^{**}$

P. Para o 3º cultivo, o P no solo não correlacionou significativamente com a produção de matéria seca e com o P absorvido. O Ca no solo, por sua vez, correlacionou linearmente a nível de 1% com a produção, com o Ca absorvido e com o P absorvido, com coeficientes de determinação muito bons para este experimento, mostrando, assim, que a calagem foi efetiva como fornecedora de cálcio e aumentando o aproveitamento do P neste solo.

SUMMARY

RESPONSES OF SWEET SORGHUM TO SOURCES AND RATES OF PHOSPHORUS UNDER GREENHOUSE CONDITIONS. I. DARK RED LATOSOL

A comparison was made of the efficiency of a rock phosphate from Catalão, Goiás, Brazil (FG) with that of concentrated superphosphate (ST) in a Dark Red Latosol (LEa) from the same region. Four rates of P_2O_5 were used in presence and absence of liming. Residual effect was followed in two successive crops. Main conclusions were the following; ST was a better source of P_2O_5 than FG; liming increased the effect of FG to the extent of circa 50 per cent of the efficiency of ST when the three crops were considered together; the method of application, placement against mixing, did not influence dry matter yield; P uptake was positively influenced by liming, especially in the second and third crops; there was a significant, positive correlation between residual P in the soil, evaluated by bicarbonate extraction, and dry matter; better correlations, however, were found between soil exchangeable Ca and yield.

LITERATURA CITADA

- ADAMS, F., 1980. Interactions of phosphorus with other elements in soils and in plants. In: KHASAWNEH, F.E., C.C. SAMPLE e E.J. KAMPRATH, coord, **The role of phosphorus in agriculture**, Madison, American Society of Agronomy, p. 655-680.
- ALCARDE, J.C.; PONCHIO, C.O., 1980. Caracterização das solubilidades das rochas fosfatadas brasileiras e termofosfatos em diferentes extratores químicos. Rev. brasil. Ci. Solo **4**: 196-200.
- ANÔNIMO, 1979a. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1977/78, Planaltina, v. 3, p. 1-195.
- ANÔNIMO, 1979b. Fosfago-fosfatos de Goiás S/A. Informativo nº 4, 4 p.
- ANÔNIMO, 1980. Empresa Goiânia de Pesquisa Agropecuária. Relatório Técnico, 1979, Goiânia, p. 1-239.
- BORGES, L.C.V.; COSTA, A.V.; MACHADO, S.C.; FARIAS, J.G.; MONTEIRO, P.M.F.O.; KLIEMANN, H.J., 1979. Calibração de análise química do solo, caracterização da curva de resposta e efeito residual de três fontes de fósforo, em solos do Estado de Goiás. Goiânia. Empresa Goiânia de Pesquisa Agropecuária, p. 192-193.
- BRAGA, J.M., 1970. Resultados experimentais com o uso de fosfato de Araxá e outras fontes de fósforo. Boletim Técnico, Universidade Federal de Viçosa, **21**: 1-61.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Brasília. 1976. Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, p. 1-150.
- ENGESTAD, O.P.; TERMAN, G.L., 1980. Agronomic effectiveness of phosphate fertilizers. In: KHASAWNEH, F.E., E. C. SAMPLE e E.J. KAMPRATH, coord., **The role of phosphorus in agriculture**, Madison, American Society of Agronomy, p. 311-332.

- FASSBENDER, H.W., 1966. Descripción físico-química del sistema fertilizante fosfatado-suelo-planta. *Turrialba* **16**(3): 237-246.
- FREITAS, F.G.; SILVEIRA, C.O., 1976. Principais solos sob vegetação de cerrado e sua aptidão agrícola. In: FERRI, M.G., Coord., IV Simpósio sobre o Cerrado, Brasília, Ed. da Universidade de São Paulo, p. 155-194.
- GOEDERT, W.J.; LOBATO, E.; SOUZA, O.C.; SOUZA, D.M.G., 1975. Relatório de atividades do Projeto de Avaliação Agronômica dos fosfatos brasileiros (não publicado).
- HOFFMANN, W.E.; BARBER, S.A., 1971. Phosphorus uptake by wheat (*Triticum aestivum*) as influenced by ion accumulation in the rhizocylinder. *Soil Science* **112**:256-262.
- KHASAWNEH, F.E.; DOLL, E.C., 1978. The use of phosphate rock for direct application to soils. *Advances in Agronomy* **30**: 159-208.
- KLIEMANN, H.J.; COSTA, A.V.; NUNES, M.R.; JARDIM, P.M., 1977. Calibração de análise química do solo, caracterização da curva de resposta e efeito residual de três fontes de fósforo em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Goiânia, Empresa Goiânia de Pesquisa Agropecuária, p. 74-75.
- MACHADO, S.C.; BORGES, L.C.V.; FARIAS, J.G.; MENDONÇA, A.T.C., 1978. Níveis de adubação fosfatada e efeito residual na cultura do milho. Goiânia, Empresa Goiânia de Pesquisa Agropecuária, p. 154-155.
- MACHADO, S.C.; FARIAS, J.G.; MENDONÇA, A.T.C., 1979. Efeito da adubação fosfatada em milho. Goiânia, Empresa Goiânia de Pesquisa Agropecuária, p. 203-205.
- MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O.J.; ANDRADE de R.G.; ALVIZURI, C.; VENCovsky, R.; FREITAS de L.M.M., 1965. Estudos sobre a fertilidade dos solos do cerrado. I. Efeito da calagem na disponibilidade do fósforo (Nota prévia). *An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"* **22**:131-138.

- MALAVOLTA, E., 1976. **Manual de Química Agrícola, Nutrição de Plantas e Fertilidade do Solo**, São Paulo, Editora Agronomica Ceres, 528 p.
- MALAVOLTA, E.; ALCARDE, J.C.; PONCHIO, C.O. 1976. Em torno da solubilidade dos fosfatos naturais. Mesa Redonda sobre Fosfatos Naturais, Brasília, 42 p. mimeo.
- MALAVOLTA, E., 1978. Fosfatagem - a aplicação direta dos fosfatos naturais. *Atividade Rural* 1(3/4).
- MALAVOLTA, E.; LIMA, E.; NAKAYAMA, L.I.; EIMORI, J. 1979. O fósforo na agricultura brasileira. I Encontro Nacional de Rocha Fosfatica, Brasília, 24 p. mimeo.
- MALAVOLTA, E., 1980. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**, São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 256 p.
- MALAVOLTA, E., 1981. **Manual de Química Agrícola - Adubos e Adubação**. 3a. edição, São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 596 p.
- MENDONÇA, A.T.C.; MACHADO, S.C.; FARIAS, J.G., 1979. Competição de fontes de fósforo em solos de Cerrado do Brasil. Goiânia, Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária, p. 206-207.
- OZANNE, P.G., 1980. Phosphate nutrition of plants. In: KHASAWNEH, F.E., E.C. SAMPLE e E.J. KAMPRATH. Coord., The role of phosphorus in agriculture, Madison, American Society of Agronomy, p. 559-590.
- RUSSELL, E.W., 1973. **Soil conditions and plant growth**, 10a. Ed., Londres, Longman, p. 555-603.
- SANCHEZ, P.A.; UEHARA, G., 1980. Management considerations for acid soils with high phosphorus exaction capacity. In: KHASAWNEH, F.E., E.C. SAMPLE e E.J. KAMPRATH, coord., The role of phosphorus in agriculture, Madison, American Society of Agronomy, p. 471-514.

- SILVA JR., A.F., 1979. Rochas fosfáticas brasileiras. Curso de Tecnologia de Fertilizantes Fosfatados. São Paulo, IPT-CEFER, 28 p. mimeo.
- TEIXEIRA, C., 1978. Avaliação da execução dos projetos a provados. In: FINEP - IPT - Programa de Pesquisa e Desenvolvimento de Fertilizantes da FINEP - Primeira Reunião Técnica, São Paulo, Editora Hamburg, p. 35 - 42.
- VOLKWEISS, S.J., 1973. Factors affecting phosphate sorption by soils and mineral, Tese de Ph. D., Soil Science Dep., The University of Wisconsin, Madison, não publicado.
- VOLKWEISS, S.J., 1979. Relatório de atividades de Pesquisa, não publicado.

