

RESPOSTA DO SORGO SACARINO (*Sorghum bicolor* (L.)  
MOENCH) AO EMPREGO DE FONTES E DOSES DE  
FÓSFORO EM CONDIÇÕES DE CASA-DE-VEGETAÇÃO

EDUARDO LIMA

Orientador: PROF. EURÍPEDES MALAVOLTA

Dissertação apresentada à Escola Superior de  
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade  
de São Paulo, para obtenção do título de  
Mestre em Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
dezembro, 1981

A meus pais, irmão e avô

OFEREÇO

A Mariangela,

Ana Carolina e

Marcela,

com amor

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Malavolta, pela orientação e apoio.
- À FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - pela bolsa de estudos concedida.
- À FOSFAGO - Fosfatos de Goiás S/A - pelo suporte financeiro.
- Aos colegas que conviveram comigo na Seção de Nutrição de Plantas do CENA, pelo auxílio, sugestões e amizade.
- Ao pessoal da Seção de Química Analítica do CENA pela colaboração prestada nas determinações analíticas.
- Aos Drs. Maria Emília Matiazzo, José Carlos Alcarde e Takashi Muraoka que possibilitaram a realização das análises químicas nos solos.
- À Seção de Solos e Adubação do Planalsucar - Araras - em especial a Antonio A. Rodella e José C. Casagrande, pelo auxílio e sugestões.
- Aos colegas Norberto Lavorenti, Valter Dihel e Carlos Henrique Matioli, pela colaboração prestada nas análises estatísticas.
- À Sra. Sônia Novaes Rasera pela datilografia e aos Srs. Benedito Davanzo e Celso Aguiar, pela composição deste trabalho.

## ÍNDICE

	<u>pagina</u>
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	16
3.1. Solos .....	16
3.2. Cultura empregada .....	17
3.3. Vasos .....	17
3.4. Doses e fontes .....	17
3.5. Tratamentos .....	20
3.5.1. Calagem .....	20
3.5.2. Colocação do adubo fosfatado .....	20
3.6. Delineamento experimental .....	22
3.7. Condução .....	22
3.7.1. Vasos e terra .....	22
3.7.2. Adubação suplementar .....	23
3.7.3. Plantio e desbaste .....	23
3.7.4. Regas .....	23
3.7.5. Colheita .....	24
3.7.6. Operações pós-colheita .....	24
3.8. Análises minerais .....	25
3.8.1. Plantas .....	25
3.8.2. Solos .....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
4.1. Solo Anhembi .....	26

4.1.1. Primeiro cultivo .....	26
4.1.2. Segundo cultivo .....	38
4.1.3. Terceiro cultivo .....	44
4.1.4. Soma dos três cultivos .....	48
4.2. Solo Botucatu .....	50
4.2.1. Primeiro cultivo .....	50
4.2.2. Segundo cultivo .....	63
4.2.3. Terceiro cultivo .....	65
4.2.4. Soma dos três cultivos .....	69
4.3. Solo Catalão .....	71
4.3.1. Primeiro cultivo .....	71
4.3.2. Segundo cultivo .....	83
4.3.3. Terceiro cultivo .....	87
4.3.4. Soma dos três cultivos .....	89
4.4. Discussão geral .....	92
5. CONCLUSÕES .....	97
6. LITERATURA CITADA .....	99
APÊNDICE .....	106

## RESUMO

### RESPOSTA DO SORGO SACARINO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) AO EMPREGO DE FONTES E DOSES DE FÓSFORO EM CONDIÇÕES DE CASA-DE-VEGETAÇÃO

Autor: EDUARDO LIMA

Orientador: Prof. EURÍPEDES MALAVOLTA

O objetivo deste trabalho resume-se em verificar o comportamento do fosfato de Catalão como fornecedor de P ao sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. Brandes. Foram realizados três cultivos sucessivos em casa-de-vegetação visando-se conhecer o efeito residual do fosfato natural. Utilizou-se três solos de regiões com vegetação de cerrado (Anhembi (LVm) e Botucatu (LEm) do Estado de São Paulo e Catalão (LEa) do Estado de Goiás. O objetivo principal desdobra-se em verificar a eficiência do fosfato de Catalão em relação ao superfosfato triplo em função do tipo de solo, calagem, localização e dose de adubo.

A calagem foi realizada adicionando-se o  $\text{CaCO}_3$  (p.a.) necessário para elevar o pH do solo próximo à 6,5. As doses de P empregadas foram 50, 100 e 200 ppm de P (base de cálculo - teor total de P no fertilizante).

Após cada cultivo (60 dias de duração), determinou-se o peso da matéria seca produzida em cada tratamento e as quantidades de P e Ca absorvidas pelas plantas. Foram retiradas amostras de solo no final

de cada cultivo e procedeu-se à determinação dos teores de P (extração com  $\text{NaHCO}_3$  0,5 M pH 8,5) e de Ca (KCl 1 N).

Os dados obtidos permitiram concluir que:

- a. O superfosfato triplo foi superior ao fosfato de Catalão como fornecedor de P.
- b. A eficiência do fosfato de Catalão em fornecer P às plantas variou nos três solos estudados, obedecendo à seguinte ordem crescente: solo de Botucatu, solo de Anhembi e solo de Catalão.
- c. A calagem influenciou positivamente o comportamento do superfosfato triplo nos três solos e o do fosfato de Catalão no solo de Catalão.
- d. Não foi observado efeito na produção de matéria seca incorporando-se ou localizando-se o fosfato de Catalão.
- e. Não houve efeito das doses de fosfato de Catalão empregadas na produção de matéria seca.
- f. A absorção de P pelas plantas foi influenciada positivamente pela calagem, principalmente nos 2º e 3º cultivos.
- g. Foram encontradas correlações positivas entre P residual e produção de matéria seca nos seguintes casos: solo de Botucatu - 2º e 3º cultivos; solo de Anhembi e de Catalão - 2º cultivo.
- h. No solo de Catalão, as produções de matéria seca no 2º e 3º cultivos correlacionaram-se melhor com o teor de Ca do que com o teor de P encontrados no solo. A mesma situação foi verificada para os solos de Anhembi e de Botucatu, no 3º cultivo.

SUMMARY

THE RESPONSE OF SWEET SORGHUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)  
TO DIFFERENT SOURCES AND RATES OF PHOSPHATE  
FERTILIZERS UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

Author: EDUARDO LIMA

Adviser: Prof. EURÍPEDES MALAVOLTA

The aim of this work was to study, under greenhouse conditions, the efficiency of Catalão rock phosphate (Crp) in comparison with triple superphosphate (TSP), using three soils (Haplorthox, Anhembi, SP; Haplorthox, Botucatu, SP; Acrustox, Catalão, GO), three successive crops of sweet sorghum, four rates of application (0, 50, 100 and 200 ppm P), both in the presence and absence of lime. At the start the phosphorus sources were either thoroughly mixed with the soil in the pot or placed on a layer under the surface. All other macro and micronutrients were supplied as a common dressing.

After harvesting each crop both soil and plant analyses were carried out. Olsen's method was used for soil P.

The following conclusions can be drawn:

1. TSP was a better source of  $P_2O_5$  than Crp.
2. The efficiency of Crp varied in the following increasing order in the three soils: Botucatu, Anhembi and Catalão.



3. Liming improved the behaviour of TSP in all soils, and that of Crp in the soil from Catalão.
4. No effect of placement of Crp was observed.
5. The three doses of Crp gave the same return in terms of dry matter produced, although a trend could be observed.
6. Liming increased the uptake of P, especially in the second and third crops.
7. Positive correlations between residual soil P and dry matter were found in the following cases: soil from Botucatu - 2nd and 3rd crops; other soils - seconde crop.
8. In the particular case of the soil from Catalão dry matter yield showed better correlation with soil Ca than with soil P (2nd and 3rd crops). The same was verified for the other two soils for the third crop.

## 1. 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 à 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 de P considerados baixos para boas produções dos vegetais (MALAVOLTA, 1978). Estes resultados se agravam quando se referem à região do cerrado brasileiro onde tem-se solos extremamente pobres em fósforo disponível às plantas (EMBRAPA, 1976). FREITAS e SILVEIRA (1976) apresentam várias análises químicas típicas de solos da região de cerrado onde observa-se que o fósforo assimilável não passa de 1 ppm.

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.

Os recursos minerais fosfáticos do Brasil analisado por CARVALHO (1977) podem ser assim resumidos (Tabela 1).

Tabela 1. Recursos minerais fosfáticos do Brasil (CARVALHO, 1977).

Fonte	Quantidade (mil t)
Rochas cristalinas	1.341.921
Rochas sedimentares e metassedimentares	1.200.130
Rochas diversas	20.900
Total	2.564.951

São consideradas de alta possibilidade de exploração os depósitos da Bahia, Mato Grosso, Minas Gerais e Goiás (dentre elas Catalão). O estudo da ANDA (1976) indica que o aproveitamento das reservas nem sempre será feito com integração vertical, no todo ou em parte, havendo por isso: a. produção de matéria prima - concentrado fosfático; b. obtenção do produto intermediário - ácido fosfórico. É de se acreditar que exista um excedente de produção de concentrado fosfático caso os cronogramas da fase industrial posterior (produção de fertilizantes fosfatados solúveis) sejam implantados na forma original. Este excedente de rocha fosfatada poderia,

então, ser aplicado diretamente ao solo.

A pesquisa com fosfatos naturais no Brasil, florescente na década de 50, foi desacelerada durante muito tempo. Com a descoberta dos 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 fez renascer o interesse pela utilização direta de fosfatos naturais e a aparição de múltiplos programas de pesquisa.

Este trabalho reflete esta preocupação, colocando como hipótese que os fosfatos naturais brasileiros tem um lugar na prática de adubação quando usados diretamente. O objetivo 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).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com LARSEN (1971), o comportamento do P no solo pode ser apresentado como na Figura 1.

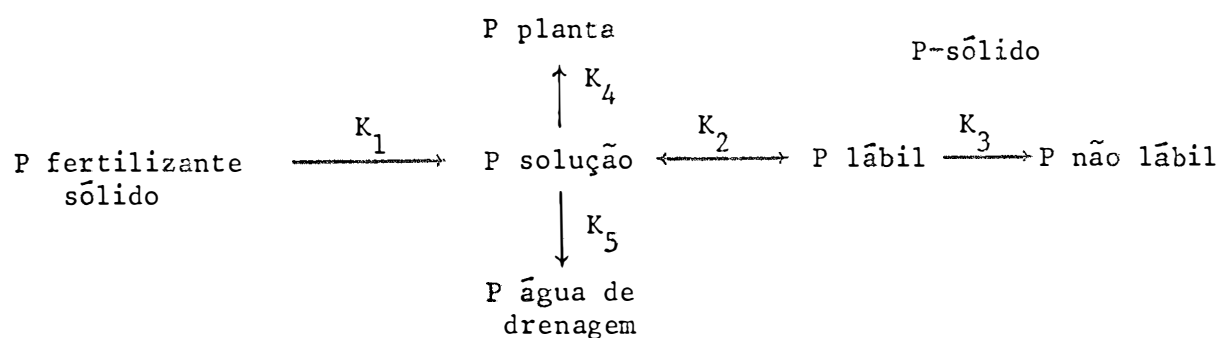


Figura 1. Representação esquemática do comportamento de P no solo (LARSEN, 1971).

Uma quantidade muito pequena, em geral menos que 0,1 ppm, é encontrada dissolvida na solução do solo (P-solução). O P no solo pode estar presente em quantidades de 100 a 2000 ppm, fazendo parte de compostos sólidos orgânicos e inorgânicos bastante insolúveis (P-sólido). Deste

P-sólido, uma parte mantém um certo equilíbrio rápido com P-solução chamada de P-lável. O restante do P-sólido não está, ou entra em equilíbrio com o P-solução lentamente, chamado de P-não lável (VOLKWEISS e VAN RAIJ, 1976).

A remoção do P do solo pelas plantas diminui o P na solução e induz os minerais fosfatados pouco solúveis a dissolver com a finalidade de manter o equilíbrio (ELRASHIDI e LARSEN, 1978).

Várias revisões têm sido feitas à respeito da retenção de fósforo pelos constituintes do solo (RUSSEL, 1973; LARSEN, 1967; LARSEN, 1971; MANSELL *et alii*, 1977; SAMPLE *et alii*, 1980; VOLKWEISS e VAN RAIJ, 1976). A tendência geral observada é a de se considerar os compostos inorgânicos de P como P-lável e os compostos orgânicos e o P disperso nos interiores da estrutura cristalina de sesquióxidos de Fe e Al (P-ocluso) como formas de P-não lável.

Os principais compostos inorgânicos nos quais encontra-se o P-lável são formados de óxidos e hidróxidos de Fe e Al e compostos de Ca. Em solos ácidos ocorre predominância dos dois primeiros e em solos alcalinos predominam as formas ligadas ao cálcio. O mecanismo de retenção do fósforo nos solos por compostos de Fe e Al ainda não está definido, mas a adsorção do P nestes compostos parece ser a maior responsável pela fixação do P, sendo a precipitação de menor importância (VOLKWEISS e VAN RAIJ, 1976; SAMPLE *et alii*, 1980). Em relação aos compostos de cálcio, BOISCHOT *et alii* (1950) e COLE *et alii* (1953) concluíram que as reações de adsorção dominam quando soluções diluídas de P são adicionadas à  $\text{CaCO}_3$ , mas que reações de precipitação dominam com o aumento da concentração da solução de P.

Em solos brasileiros, na grande maioria bastante ácidos, resultados obtidos por BRAGA e DEFELIPO (1972) mostram claramente que em solos sob vegetação de cerrado ocorre predominância de formas de P ligadas a Fe e Al em relação às formas ligadas ao Ca, mesmo após os solos estudados terem recebido 1 tonelada de calcário/ha. Para alguns solos do Paraná, IGUE (1978) observou que a forma de P ligada ao Fe predominou sobre as formas ligadas ao Al e ao Ca, que se equivaleram.

Retornando ao modelo de comportamento do P no solo de LARSEN (1971), pode-se dizer que, adicionando-se um fertilizante fosfatado sólido, a primeira reação, dissolução do fertilizante dependerá do tipo de produto utilizado. Se for uma fonte solúvel em água a taxa de dissolução será alta e é usualmente completada em poucas horas. O segundo passo da reação, remoção do fosfato da solução, se dá de imediato, indo o P para locais de reação rápida, como por exemplo, superfície de minerais de argila e óxidos de Fe e Al, ficando a maior parte do fosfato dissolvido na fase sólida lábil (ELRASHIDI e LARSEN, 1976). O terceiro passo da reação, a transferência do fosfato da forma lábil para não lábil, é lenta. O aumento das formas lábeis após a adição de fertilizante é somente temporário e decresce exponencialmente com o tempo, passando para formas não lábeis. Ao se aplicar um fertilizante fosfatado solúvel no solo, o vapor de água move-se rapidamente em sua direção, formando-se uma solução saturada de monofosfato. Através da difusão o monofosfato dirige-se para regiões de menor concentração, que são frentes de reação com outros constituintes do solo como compostos de ferro e alumínio ocorrendo reações de adsorção e precipitação (TISDALE e RUCKER, 1964).

Por outro lado, se tivermos uma fonte insolúvel em água, a

taxa de dissolução desta fonte controlará o movimento do fosfato ao longo do seu caminho. A taxa no qual o fertilizante dissolve e a taxa na qual o fósforo lábil é imobilizado, determina o nível de P-lábil em um dado instante. Assumindo-se que o fosfato vindo de uma fonte de dissolução lenta também segue uma função exponencial é possível calcular as mudanças que ocorrem no nível de P-lábil após a aplicação do fertilizante. A Figura 2 mostra que o nível atingido por uma fonte de fósforo de baixa solubilidade atinge um máximo e depois excede o nível do fosfato residual vindo de uma fonte solúvel em água (LARSEN, 1971).

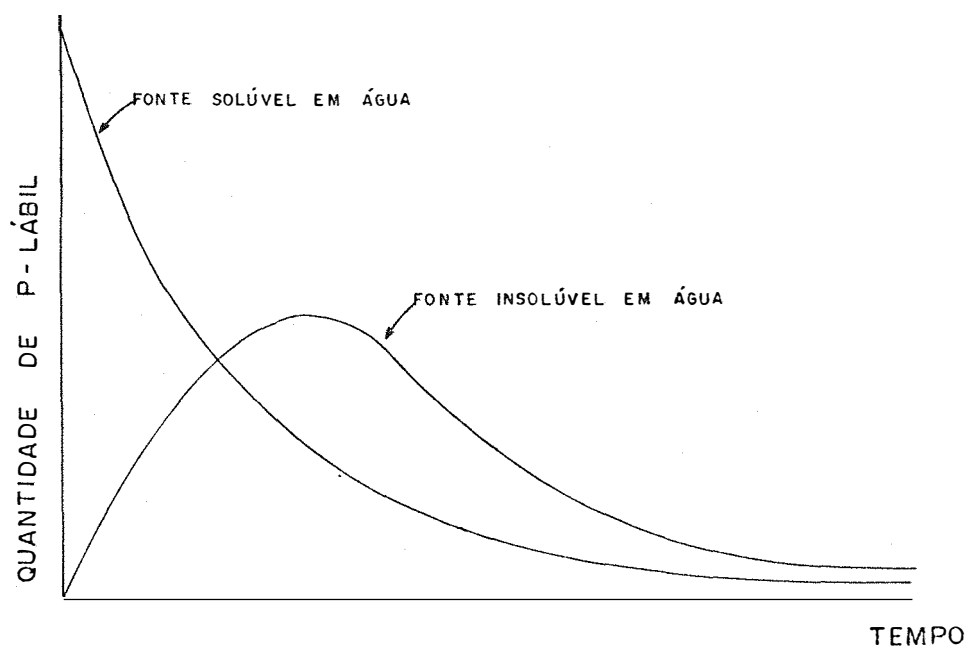


Figura 2. Comportamento do P-lábil do solo em função do tempo (LARSEN, 1971).

Logo após a aplicação de uma fonte de P não solúvel em água, a umidade do solo move-se para estes compostos e forma uma solução saturada em torno das partículas. Neste caso, entretanto, as soluções saturadas



são muito diluídas, ditadas pelos produtos de solubilidade destes compostos, criando um gradiente osmótico muito pequeno entre a solução fertilizante e a solução do solo. O movimento da água para a região do fertilizante é muito baixo e a solução influencia somente pequenos volumes de solo ao redor da partícula (SAMPLE *et alii*, 1980).

Apreciando-se criticamente o que foi exposto, tendo 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*, 1979).

Por fosfatagem entende-se uma adubação fosfatada 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 e UEHARA, 1980).

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

seiramente, de 250 a 1000 kg  $P_2O_5$ /ha ou mais. A principal limitação desta estratégia é o alto investimento inicial requerido (SANCHES e 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 tem sido realizados com a finalidade de se conhecer 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; RUSSELL, 1973; SANCHEZ e UEHARA, 1980).

Com relação à solubilidade, ENGELSTAD e 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 e 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 a partir do qual se mantém constante (BRAGA, 1970; MALAVOLTA, 1981).

Já é reconhecido que a eficiência agronômica dos fosfatos naturais é maior em solos ácidos do que em neutros e de pH elevado (BRAGA, 1970; KHASAWNEH e DOLL, 1978; ENGELSTAD e TERMAN, 1980). Trabalhando com diversos fosfatos naturais do mundo todo, FASSBENDER (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) encontraram 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 e 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; conseqüentemente 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 de intensidade. 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  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  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 e 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  $\text{CaSO}_4$  diminuiu a absorção de P. Em solos mais ácidos ocorreu um aumento na absorção de P com a adição de  $\text{CaSO}_4$ .

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 de Ca 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 membra-

nas 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  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ou pelo potencial fosfato que determinaram uma regra de dissolução do fosfato parecida com aquela dada pelo nível de  $\text{Ca}^{2+}$  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  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  para assegurar a dissolução do fosfato natural (KHASAWNEH e DOLL, 1978).

Para fosfatos naturais, a distribuição à lãço 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 e DOLL, 1978; MALAVOLTA *et alii*, 1979; ENGELSTAD e TERMAN, 1980).

De acordo com SILVA JR. (1979), o fosfato de Catalão é de origem ígnea primária de diferenciação magmática que são ocorrências onde a apatita está filiada à manifestações básico-alcalinas. Uma análise típica do fosfato de Catalão é dada na Tabela 2.

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

Tabela 2. Análise química e granulométrica típica do fosfato de Catalão.

Química						
Total*	Teor P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)			CaO**	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> **	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> **
	citrato* de amônio	ácido * fôrmico	ácido * cítrico	%		
37,3	0,1	2,2	2,5	49	1,5-1,7	0,2-0,3
Granulométrica *** (%)						
Mesh						
>60	60-100	100-150	150-200	<200		
2,0	9,0	12,0	15,8	61,2		

\* ALCARDE e PONCHIO (1980)

\*\* ANÔNIMO (1979b)

\*\*\* GOEDERT *et alii* (1975)

KLIEMANN *et alii* (1977) utilizando 5 níveis de fósforo (0, 75, 150, 300 e 600 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) em diferentes solos do Estado de Goiás, usando como fontes de P o superfosfato triplo e o fosfato de Catalão, concluiu 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<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, de 26% ao passo que o tratamento testemunha (sem P) apresentou eficiência relativa 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<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha de 32,8% e para a testemunha 23,4%. 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<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/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 às diferentes doses (0, 150, 300, 600 e 1200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) uma produtividade de 3000 kg/ha (MACHADO *et alii*, 1979).

Resultados obtidos no CPAC (ANÔNIMO, 1979a) mostram 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<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/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  $P_2O_5$ /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 do 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.



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos em casa-de-vegetação no Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA - Piracicaba, SP, no período de novembro de 1978 à outubro de 1979. Estes ensaios constituíram-se de três cultivos sucessivos de sorgo sacarino, visando o estudo do aproveitamento do fósforo residual.

#### 3.1. Solos

Foram empregados três solos ácidos de regiões de vegetação de cerrado provenientes de Catalão (GO), Botucatu (SP) e Anhembi (SP). Os solos foram retirados de locais onde não havia sido feita nenhuma adição de fertilizante, conservando assim sua fertilidade natural. Empregou-se solo retirado de uma camada entre 0 e 30 cm que sofreu peneiramento para a separação de detritos e colocado a secar na sombra e de novo peneirado passando por malha de 2 mm e uniformizado por misturas sucessivas de porções.

Os solos empregados estão classificados como mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Classificação dos solos utilizados.

Proveniência	Classificação
Catalão (GO)	Latossolo Vermelho Escuro
Botucatu (SP)	Latossolo Vermelho Escuro-textura média
Anhembi (SP)	Latossolo Vermelho Amarelo-textura média

As análises física e química dos solos encontram-se no Apêndice.

### 3.2. Cultura empregada

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

### 3.3. Vasos

Utilizou-se vasos de barro com capacidade para 4,5 kg de terra. Os vasos foram impermeabilizados internamente com "neutrol" e eram dotados de coletores também de barro impermeabilizados. Os vasos continham no fundo um furo central de 1 cm de diâmetro para permitir a drenagem.

### 3.4. Doses e fontes

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

Fonte:  $\text{CaCO}_3$  p.a.

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

*Fontes:* superfosfato triplo e concentrado Fosfago (fosfato de Catalão).

Base de cálculo: teor de P total.

c. *Nitrogênio* - empregados 225 ppm em cada cultivo, divididos em 3 aplicações.

1a. aplicação - 75 ppm - no plantio.

2a. aplicação - 75 ppm - duas a três semanas após a emergência das plantas

3a. aplicação - 75 ppm - duas a três semanas após a 2a. aplicação.

*Fonte:*  $\text{NH}_4\text{NO}_3$

d. *Potássio e enxofre*

K - 100 ppm

S - 60 ppm

Aplicados em duas vezes: 40 ppm no plantio e 60 ppm duas a três semanas após a germinação.

*Fonte:*  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

e. *Magnésio* - 14 ppm Mg aplicados no plantio.

*Fonte:*  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

*f. Micronutrientes*

Elemento	teor (ppm)	Fonte
B	0,5	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
Cu	1	CuSO <sub>4</sub> · 5 H <sub>2</sub> O
Fe	5	Fe-EDTA
Mn	2,5	MnSO <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O
Mo	0,2	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>
Zn	4	ZnO

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

As doses de P e quantidades de adubos empregadas encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Doses de P e quantidades de adubo empregadas.

Dose (ppm P)	Fonte	Quantidade do produto (mg/kg de solo)	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha
50	Fosfato de Catalão (37% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	313	350
100	" " "	626	700
200	" " "	1252	1400
50	Superfosfato triplo (42% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	277	350
100	" " "	554	700
200	" " "	1108	1400

### 3.5. Tratamentos

Os tratamentos empregados para cada solo foram os da Tabela 5.

#### 3.5.1. Calagem

A quantidade de  $\text{CaCO}_3$  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 uma destas porções recebeu 1/4 da quantidade total de  $\text{CaCO}_3$  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.

#### 3.5.2. Colocação do adubo fosfatado

Foram utilizadas duas maneiras de se colocar o adubo fosfa-

Tabela 5. 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	" "	50	Superfosfato triplo	Localizado
4	" "	100	" "	"
5	" "	200	" "	"
6	" "	50	" "	Incorporado
7	" "	100	" "	"
8	" "	200	" "	"
9	" "	50	Fosfato de Catalão	Localizado
10	" "	100	" "	"
11	" "	200	" "	"
12	" "	50	" "	Incorporado
13	" "	100	" "	"
14	" "	200	" "	"
15	NKS Mg + micro + calagem	50	Superfosfato triplo	Localizado
16	" " "	100	" "	"
17	" " "	200	" "	"
18	" " "	50	" "	Incorporado
19	" " "	100	" "	"
20	" " "	200	" "	"
21	" " "	50	Fosfato de Catalão	Localizado
22	" " "	100	" "	"
23	" " "	200	" "	"
24	" " "	50	" "	Incorporado
25	" " "	100	" "	"
26	" " "	200	" "	"

tado 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 micronutrientes 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 homogeneamente; b. adicionou-se as soluções contendo NKS Mg e micronutrientes e, em seguida, o solo foi colocado no vaso.

### 3.6. Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições.

### 3.7. Condução

#### 3.7.1. Vasos e terra

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 do interior do vaso.

A adubação dos solos se deu como descrito no ítem 3.5.2 e em seguida foram colocados nos vasos e levados para a casa-de-vegetação.

### 3.7.2. Adubação suplementar

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

### 3.7.3. Plantio e desbaste

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, pesados e seus pesos anotados.

Plantou-se 10 sementes de sorgo sacarino a uma profundidade de cerca de 2,5 cm, distribuindo-as regularmente. 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.

### 3.7.4. Regas

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 régas.

À medida que as plantas foram crescendo a quantidade de água a utilizar não pôde mais 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 devolvido à superfície.

### 3.7.5. Colheita

As colheitas foram realizadas 60 dias após os plantios e se deram nas seguintes épocas: 12.01.79, 16.05.79 e 01.10.79.

As plantas foram cortadas ao nível do solo e embaladas em cartuchos de papel. A seguir, foram secadas em estufa a 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 e moídas, sendo, então, guardadas para análise.

### 3.7.6. Operações pós-colheita

De cada vaso retirou-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 micronutrientes usando-se metade das doses indicadas para o primeiro plantio. Em seguida repe

tiram-se os ítems 3.7.2. a 3.7.6.

### 3.8. Análises minerais

#### 3.8.1. Plantas

Para se efetuarem as análises minerais 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 (SARRUGE e HAAG, 1979). As análises de P foram realizadas por colorimetria e as de Ca por espectrofotometria de chama, em todos os três cultivos.

#### 3.8.2. Solos

Nas amostras de solo correspondentes aos três cultivos determinou-se, com duas repetições, o P solúvel em  $\text{NaHCO}_3$  0,5 M pH 8,5 (método de Olsen) e o cálcio (extração com KCl 1 N e analisado por espectrometria de chama).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Solo Anhembi

#### 4.1.1. Primeiro cultivo

Na Tabela 6 são apresentados os dados de produção de matéria seca obtida nos três cultivos sucessivos separadamente e a produção acumulada de cada tratamento ao final dos cultivos.

No primeiro cultivo, como era de se esperar, os tratamentos com superfosfato triplo, independentemente da dose empregada tiveram produções sempre superiores àqueles em que se empregou o fosfato de Catalão. Estes tratamentos, por sua vez, não diferiram das testemunhas com exceção feita àquele onde se empregou dose máxima de P incorporada ao solo. Estes dados concordam com os obtidos por KLIEMANN *et alii* (1977) e TEIXEIRA (1977).

Com relação às doses empregadas, nos tratamentos em que se utilizou o superfosfato triplo como fonte de P houve correlação positiva

Tabela 6. Efeito dos tratamentos sobre a produção de matéria seca (g/vaso) do sorgo sacarino. Médias de 4 repetições. Solo Anhembi.

Tratamentos	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo	Soma dos três cultivos
Testemunha	7,21 h	0,43 h	0,18 f	7,81 i
NKS Mg + Micro nutrientes	7,25 h	0,49 h	0,36 f	8,09 i
ST-1-localizado	55,73 ef	0,85 gh	0,42 f	57,00 g
ST-2-localizado	56,29 df	18,48 d	0,29 f	75,06 f
ST-4-localizado	69,22 abc	27,49 ab	0,90 ef	97,61 bc
ST-1-incorporado	54,25 f	4,16 efgh	0,14 f	58,55 g
ST-2-incorporado	63,98 bcdef	18,73 d	0,19 f	82,81 ef
ST-4-incorporado	65,56 bcd	25,60 abc	0,79 ef	91,55 cde
FG-1-localizado	11,94 gh	0,51 h	1,18 ef	13,62 hi
FG-2-localizado	13,66 gh	1,01 gh	1,35 ef	16,01 hi
FG-4-localizado	15,03 gh	3,30 fgh	1,84 def	20,57 h
FG-1-incorporado	8,51 gh	0,21 h	1,19 ef	9,92 hi
FG-2-incorporado	11,61 gh	0,49 h	1,36 ef	13,46 hi
FG-4-incorporado	17,44 g	0,33 h	2,11 cdef	19,87 h
ST-1-localizado + calagem	64,56 cdef	24,64 abc	4,02 c	92,22 cde
ST-2-localizado + calagem	68,11 abc	23,40 bcd	3,81 cd	95,32 cd
ST-4-localizado + calagem	77,46 a	28,66 a	6,08 b	112,20 a
ST-1-incorporado + calagem	59,79 cdef	20,70 cd	3,73 cd	84,22 def
ST-2-incorporado + calagem	77,01 a	26,74 ab	4,49 bc	108,24 ab
ST-4-incorporado + calagem	72,48 ab	27,03 ab	8,84 a	108,35 ab
FG-1-localizado + calagem	7,68 h	5,19 efgh	0,78 ef	13,64 hi
FG-2-localizado + calagem	9,51 gh	5,37 efgh	1,97 def	16,89 hi
FG-4-localizado + calagem	9,57 gh	8,79 e	2,65 cde	21,00 h
FG-1-incorporado + calagem	7,48 h	5,83 efg	1,66 ef	14,97 hi
FG-2-incorporado + calagem	7,72 gh	6,61 ef	2,64 cde	16,97 hi
FG-4-incorporado + calagem	9,27 gh	6,49 ef	2,79 cde	18,54 hi
F	246,86**	125,88**	29,06**	352,11**
CV	10,18%	17,32%	35,55%	8,5%
dms	9,74	5,20	2,04	11,37

Valores seguidos por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

ST - Superfosfato triplo      FG - concentrado fosfago  
dose 1 = 50 ppm; dose 2 = 100 ppm; dose 4 = 200 ppm.

significativa com a produção de matéria seca (Figura 3). Com fosfato de Catalão esta correlação foi significativa somente para os tratamentos onde o adubo foi incorporado. Para o superfosfato triplo, as produções alcançadas com a maior dose de P empregada (200 ppm) foram sempre superiores àquelas obtidas com a menor dose (50 ppm). Para o fosfato de Catalão não se observaram diferenças entre as doses, o que concorda com os dados obtidos por MACHADO *et alii* (1978).

A localização ou incorporação do adubo, em qualquer das fontes estudadas não mostrou diferenças no comportamento da produção.

A calagem, por sua vez, não mostrou efeito na produção de matéria seca nos tratamentos com superfosfato. Nos tratamentos com fosfato de Catalão, houve um pequeno efeito depressivo na produção, fato que, de acordo com FASSBENDER (1966) e KHASAWNEH e DOLL (1978), poderia ser esperado. A elevação do pH do solo e o aumento da concentração de Ca na solução têm efeito antagônico na solubilização da rocha fosfatada.

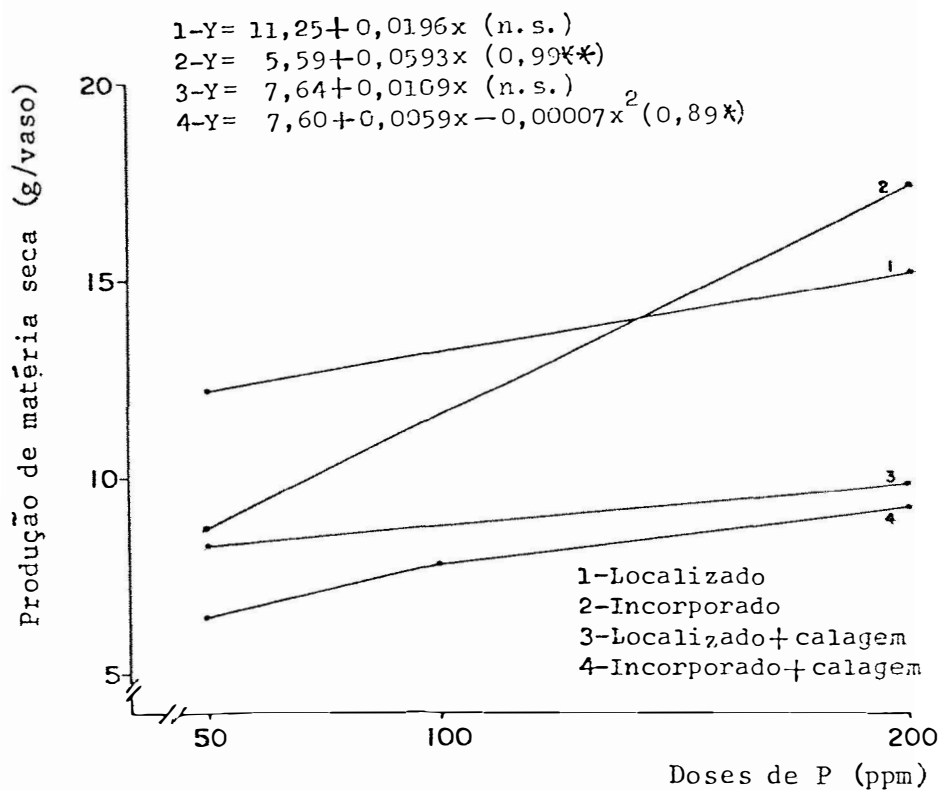
A Tabela 15 traz um cálculo da equivalência do  $P_2O_5$  proveniente do fosfato de Catalão em relação ao  $P_2O_5$  proveniente do superfosfato triplo nas diferentes doses empregadas. Esta equivalência foi calculada da seguinte maneira:  $\frac{A \text{ (dose X)}}{B \text{ (dose X)}}$ , onde:

A = produção obtida com fosfato de Catalão na dose X.

B = produção obtida com superfosfato triplo na dose X.

Para o 1º cultivo observa-se que a equivalência do fosfato de Catalão foi maior nos tratamentos sem calagem. Com o aumento das doses de P houve um estreitamento da relação. Nos tratamentos com calagem a

Fosfato de Catalão



Superfosfato triplo

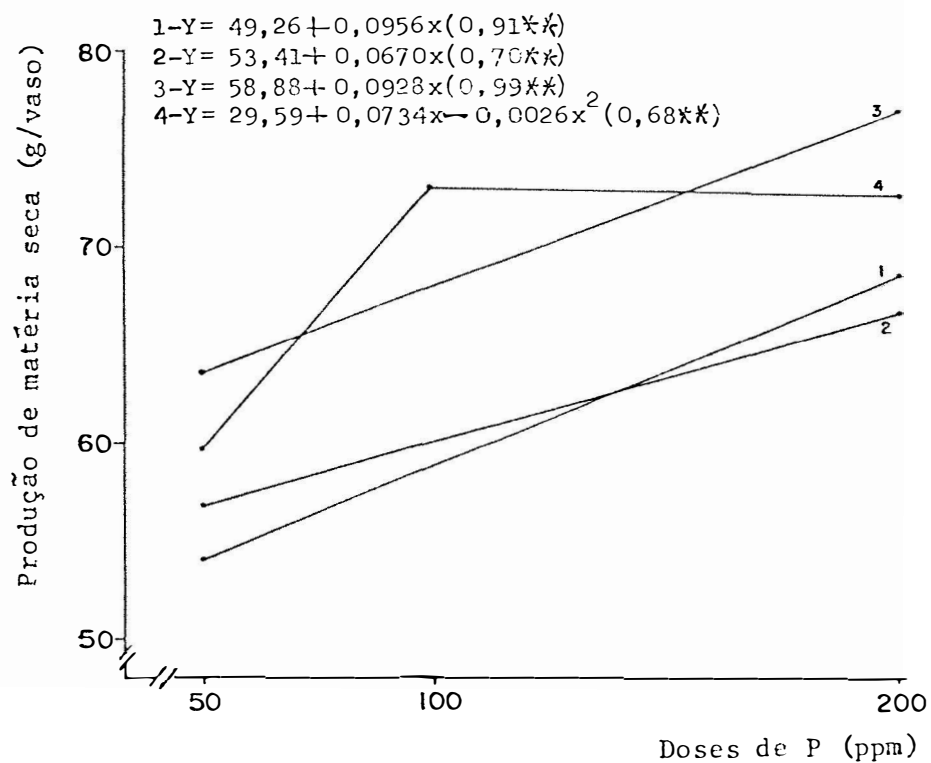


Figura 3 - Efeito das doses de P empregadas sobre a produção de matéria seca do sorgo sacarino no 1º cultivo no solo de Anhembi.

Tabela 15. Cálculo da equivalência do  $P_2O_5$  do fosfato de Catalão e  $P_2O_5$  do superfosfato triplo.

Solo Anhembi											
Dose P (ppm)	1ª cultivo		2ª cultivo		3ª cultivo		Soma				
	s/calagem	c/calagem	s/calagem	c/calagem	s/calagem	c/calagem	s/calagem	c/calagem	s/calagem	c/calagem	
50	0,19	0,12	0,14	0,24	4,23	0,31	0,20	0,16			
100	0,21	0,12	0,04	0,24	5,65	0,56	0,19	0,17			
200	0,24	0,13	0,07	0,27	2,34	0,36	0,21	0,18			
Solo Botucatu											
50	0,05	0,01	0,16	0,11	1,27	0,14	0,08	0,05			
100	0,05	0,02	0,08	0,15	1,14	0,16	0,07	0,06			
200	0,06	0,02	0,09	0,09	0,11	0,17	0,07	0,06			
Solo Catalão											
50	0,40	0,49	0,11	0,80	1,13	0,51	0,36	0,59			
100	0,38	0,46	0,18	0,79	0,79	0,42	0,35	0,54			
200	0,32	0,36	0,06	0,75	0,11	0,63	0,24	0,49			

equivalência manteve-se constante com o acréscimo nas doses.

Na Tabela 7 encontram-se as quantidades de P absorvido pelas plantas nos diferentes tratamentos. O comportamento dos tratamentos foi semelhante ao observado com relação à produção de matéria seca, ou seja, nos tratamentos onde a produção foi maior, ocorreu maior absorção de P. Esta correlação positiva está ilustrada na Figura 4. Existiu também uma correlação positiva significativa entre dose de P empregada e P absorvido, que pode ser visualizada na Figura 5.

A quantidade de Ca absorvido pelas plantas encontra-se na Tabela 8. A absorção de Ca nos tratamentos com fosfato de Catalão não diferiu da testemunha. Nos tratamentos com superfosfato triplo e que não receberam calagem, o aumento na absorção de Ca foi paralelo ao aumento nas doses do adubo. Isto ocorreu devido ao fato do superfosfato triplo conter Ca em sua composição, que, com a solubilização do fertilizante ficou disponível às plantas. Quando se fez a calagem, a quantidade de Ca absorvido aumentou drasticamente em relação aos tratamentos que não receberam calagem. Como as produções de matéria seca dos tratamentos com e sem calagem não diferiram, conclui-se que houve "absorção de luxo" nos tratamentos com calagem. A Figura 6 mostra que houve correlação positiva entre Ca absorvido e produção, quando considerados separadamente tratamentos com e sem calagem.

A Figura 7 mostra a eficiência relativa do fosfato de Catalão, admitindo-se a dose máxima de superfosfato como valor 100. Separou-se a eficiência relativa para tratamentos com e sem calagem. Nos tratamentos sem calagem a eficiência máxima foi de 24% e com calagem, de 13%. A teste



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

Tratamentos	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo	Soma dos três cultivos
Testemunha	5,50 g	0,55 e	0,17 f	6,22 f
NKS Mg + Micro nutrientes	5,75 g	0,45 e	0,28 f	6,48 f
ST-1-localizado	54,75 f	1,05 e	0,40 f	56,20 e
ST-2-localizado	93,75 d	23,50 d	0,33 f	117,58 c
ST-4-localizado	133,75 b	44,75 a	1,10 ef	179,60 b
ST-1-incorporado	52,25 f	6,00 e	0,10 f	58,35 e
ST-2-incorporado	73,25 e	25,00 d	0,13 f	98,38 d
ST-4-incorporado	168,25 a	34,00 bc	0,93 ef	203,18 a
FG-1-localizado	10,25 g	1,37 e	1,28 ef	12,90 f
FG-2-localizado	10,75 g	1,10 e	1,65 ef	13,50 f
FG-4-localizado	11,75 g	3,48 e	2,18 ef	17,40 f
FG-1-incorporado	7,00 g	0,21 e	1,33 ef	8,53 f
FG-2-incorporado	10,00 g	1,55 e	1,35 ef	12,90 f
FG-4-incorporado	13,50 g	1,65 e	2,30 ef	17,45 f
ST-1-localizado + calagem	52,25 f	29,25 cd	5,60 cd	87,10 d
ST-2-localizado + calagem	68,25 ef	28,25 cd	5,55 cd	102,05 cd
ST-4-localizado + calagem	121,75 bc	42,50 a	9,00 b	173,25 b
ST-1-incorporado + calagem	50,50 f	28,75 cd	6,23 bcd	85,48 d
ST-2-incorporado + calagem	69,25 e	32,75 bcd	6,48 bc	108,48 cd
ST-4-incorporado + calagem	110,75 c	38,25 ab	12,75 a	165,75 b
FG-1-localizado + calagem	6,25 g	5,25 e	0,90 ef	12,40 f
FG-2-localizado + calagem	6,50 g	5,75 e	2,25 ef	14,50 f
FG-4-localizado + calagem	6,75 g	8,50 e	3,43 de	18,68 f
FG-1-incorporado + calagem	5,75 g	6,00 e	1,95 ef	13,70 f
FG-2-incorporado + calagem	7,50 g	6,75 e	3,43 de	16,68 f
FG-4-incorporado + calagem	8,25 g	7,50 e	4,28 cde	20,03 f
F	337,06**	98,91**	32,73**	357,23**
CV	11,59%	20,75%	37,23%	10,62%
dms	14,06	8,30	2,92	17,96

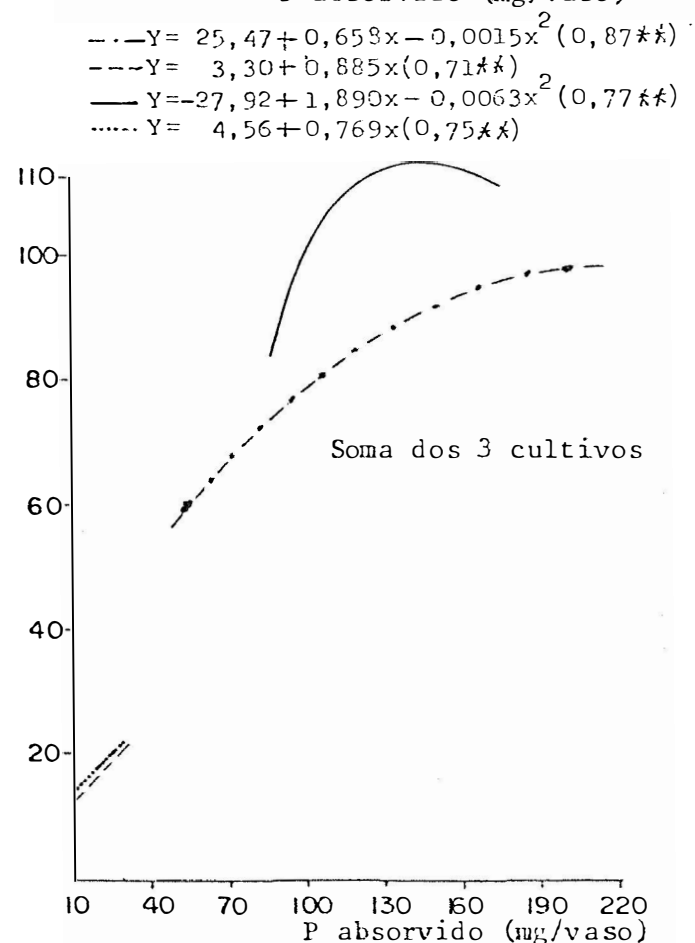
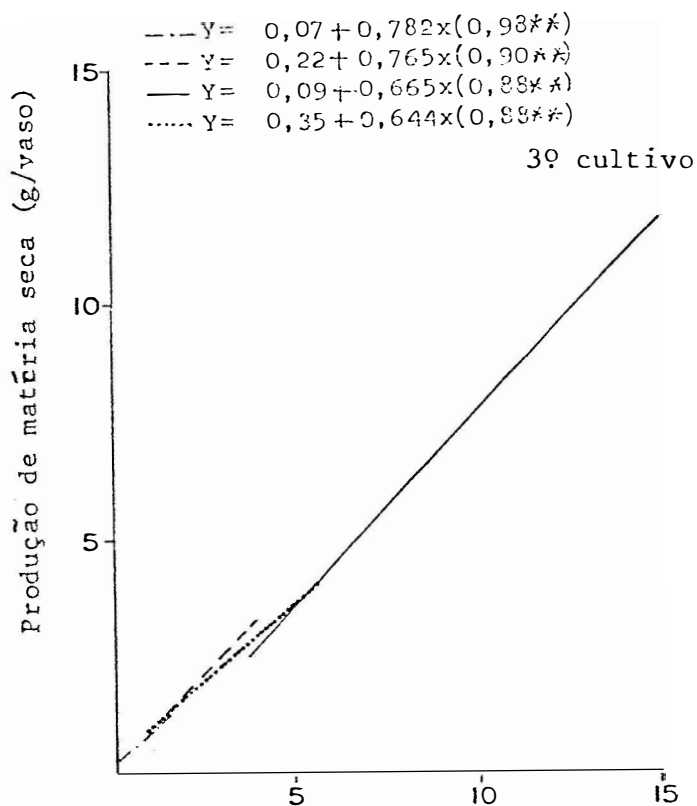
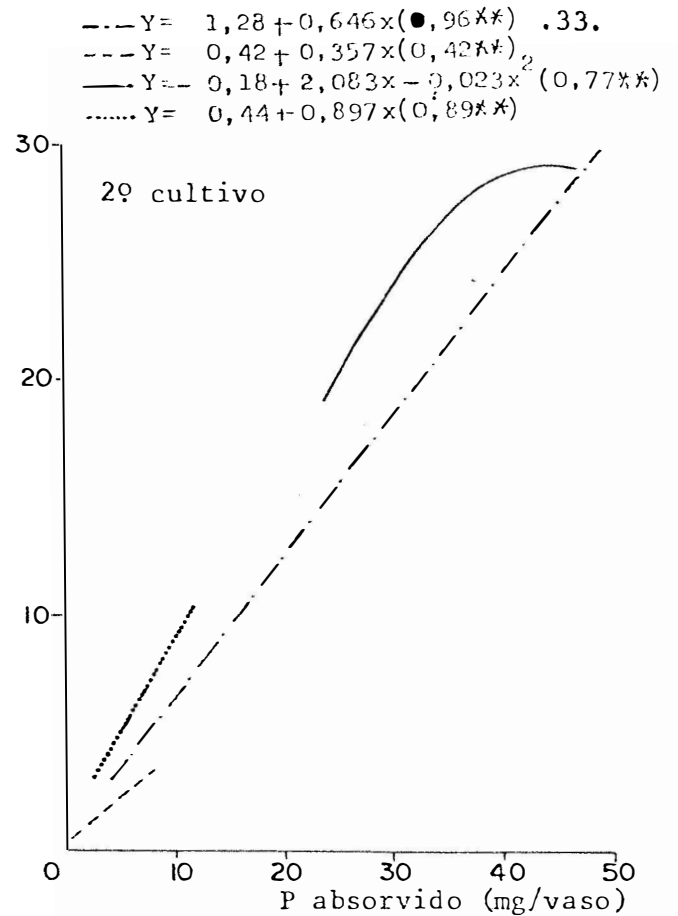
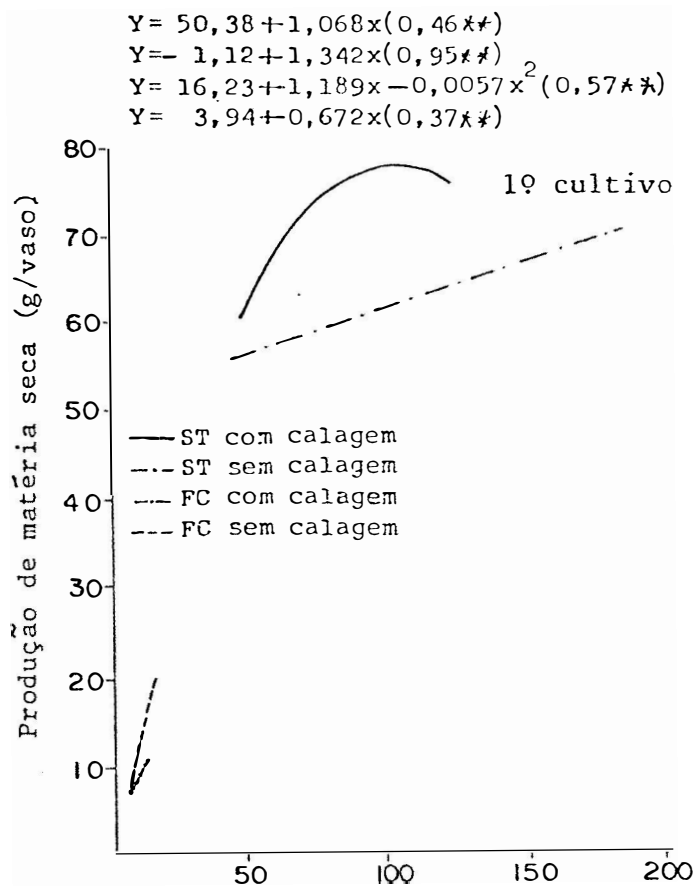
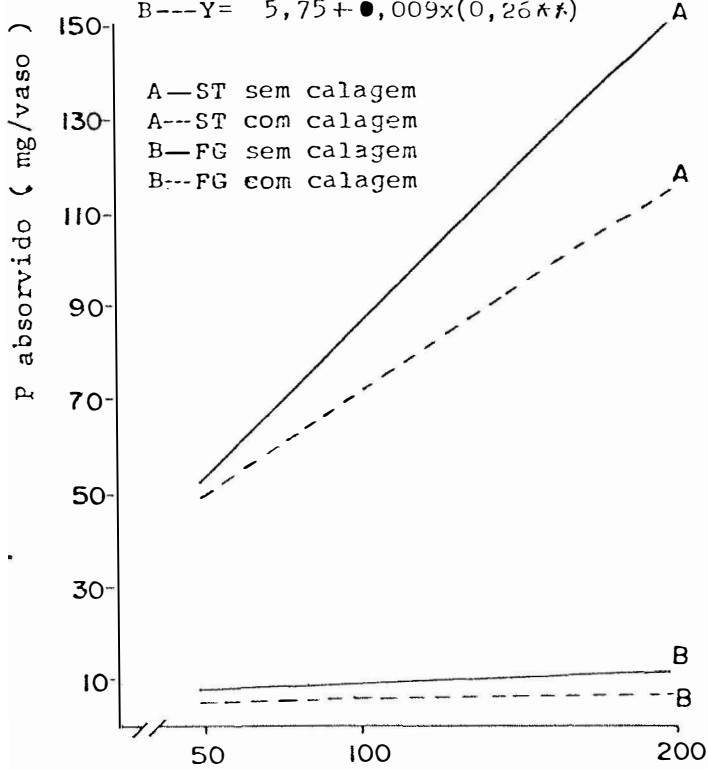


Figura 4 - Produção de matéria seca do sorgo sacarino em função das quantidades de P absorvido pelas plantas no solo de Anhembi.

1º cultivo

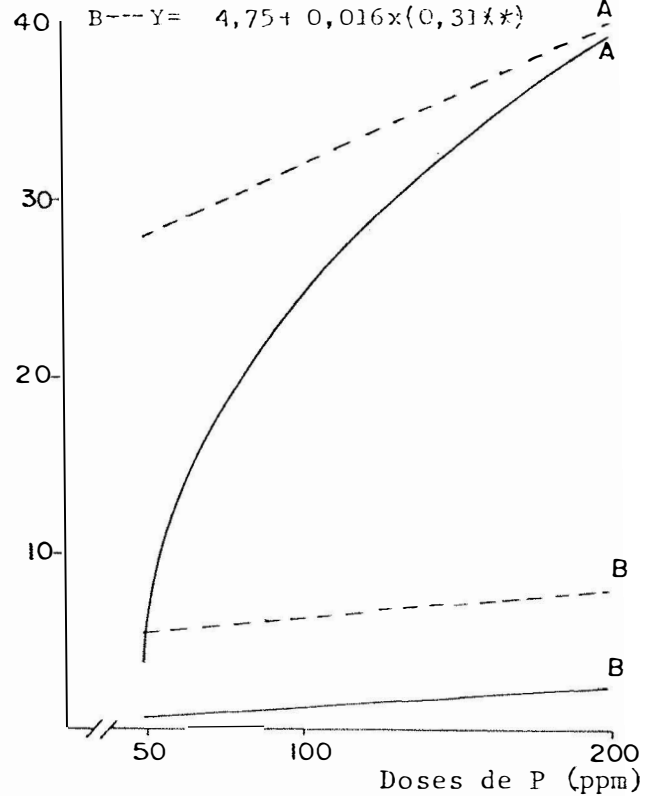
A —  $Y = 19,74 + 0,653x(0,89^{**})$   
 B —  $Y = 7,49 + 0,026x(0,52^{**})$   
 A ---  $Y = 27,62 + 0,438x(0,95^{**})$   
 B ---  $Y = 5,75 + 0,009x(0,26^{**})$



2º cultivo

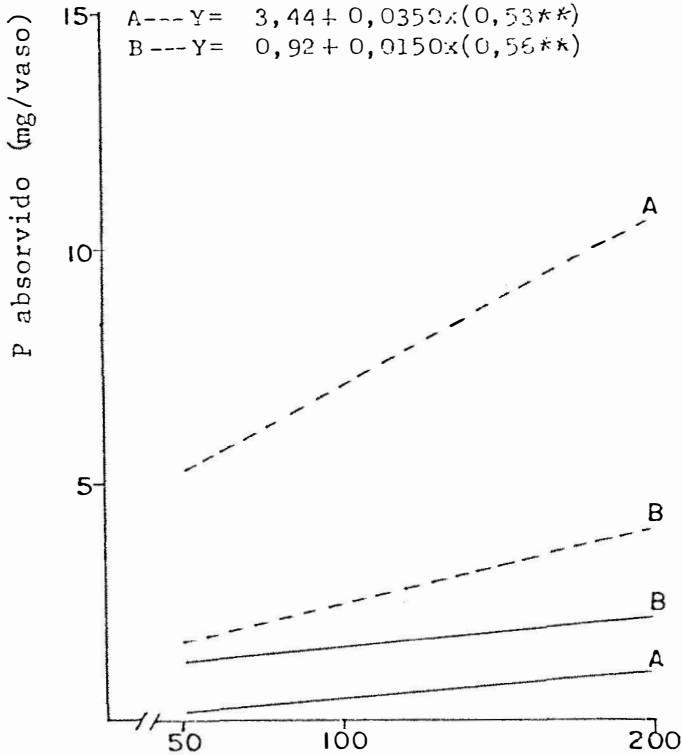
.34.

A —  $Y = -25,97 + 0,677x - 0,0017x^2(0,87^{**})$   
 B —  $Y = 0,16 + 0,011x( n.s. )$   
 A ---  $Y = 24,06 + 0,079x(0,70^{**})$   
 B ---  $Y = 4,75 + 0,016x(0,31^{**})$



3º cultivo

A —  $Y = -0,14 + 0,0055x(0,67^{**})$   
 B —  $Y = 0,93 + 0,0054x(0,35^{**})$   
 A ---  $Y = 3,44 + 0,0350x(0,53^{**})$   
 B ---  $Y = 0,92 + 0,0150x(0,56^{**})$



Soma dos 3 cultivos

A —  $Y = 15,29 + 0,889x(0,95^{**})$   
 B —  $Y = 8,59 + 0,044x(0,58^{**})$   
 A ---  $Y = 55,13 + 0,553x(0,94^{**})$   
 B ---  $Y = 10,92 + 0,048x(0,60^{**})$

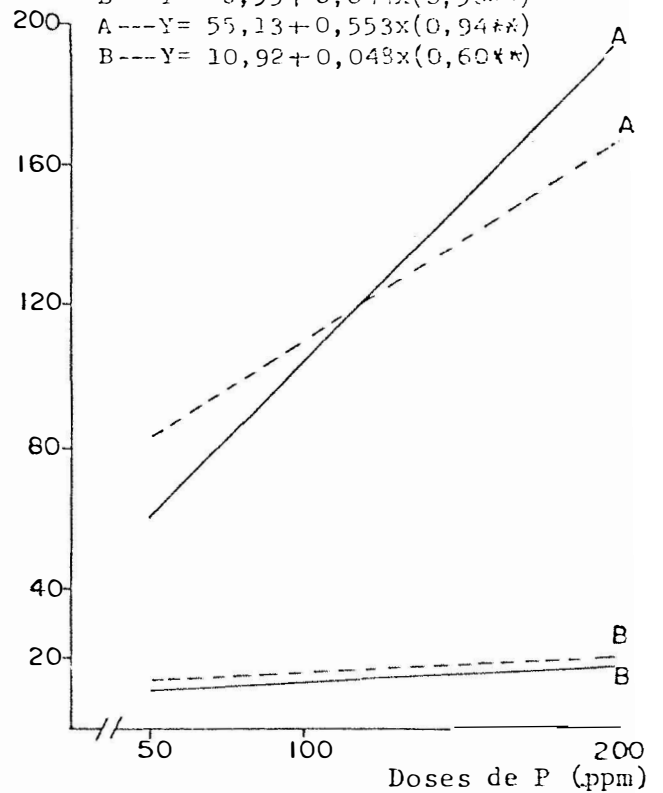
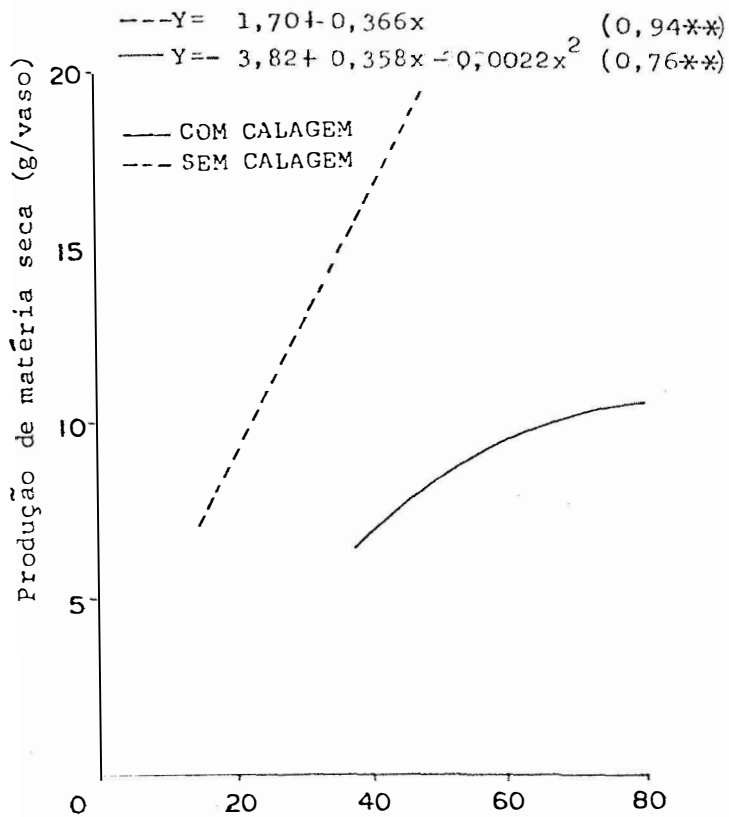


Figura 5 - Efeito das doses de P empregadas sobre a absorção de P pelas plantas no solo de Anhembi.

Tabela 8. Efeito dos tratamentos na quantidade de Ca absorvido pelo sorgo sacarino (mg/vaso). Médias de 4 repetições. Solo Anhembi.

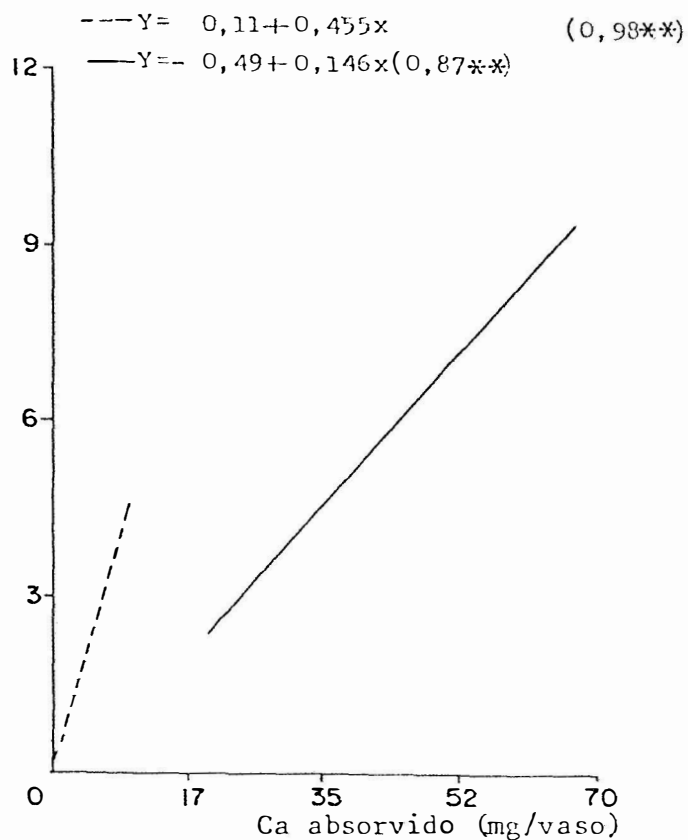
Tratamentos	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo	Soma dos três cultivos
Testemunha	17,00 j	0,83 f	0,25 h	18,08 l
NKS Mg + Micro nutrientes	17,80 j	0,55 f	0,53 gh	18,83 l
ST-1-localizado	169,00 hi	2,38 f	0,80 gh	172,10 f
ST-2-localizado	213,00 h	43,80 de	0,60 gh	257,58 e
ST-4-localizado	302,00 g	113,30 c	1,63 gh	416,88 d
ST-1-incorporado	156,80 i	9,50 f	0,25 h	166,50 fg
ST-2-incorporado	219,00 h	42,30 de	0,38 h	261,63 e
ST-4-incorporado	304,80 fg	105,30 c	1,28 h	411,28 d
FG-1-localizado	28,30 j	0,68 f	1,83 h	30,75 jl
FG-2-localizado	31,80 j	2,38 f	2,48 h	36,60 jl
FG-4-localizado	39,00 j	6,65 f	2,78 h	48,43 ijl
FG-1-incorporado	19,00 j	0,33 f	1,88 h	21,20 l
FG-2-incorporado	26,00 j	0,58 f	1,90 h	28,48 l
FG-4-incorporado	41,80 j	0,75 f	3,10 gh	45,60 ijl
ST-1-localizado + calagem	398,30 de	117,75 c	15,00 cdef	531,00 c
ST-2-localizado + calagem	515,80 ab	154,75 b	19,75 cde	686,25 b
ST-4-localizado + calagem	553,50 a	212,00 a	34,25 b	799,75 a
ST-1-incorporado + calagem	357,80 ef	126,75 c	23,25 cd	507,75 c
ST-2-incorporado + calagem	449,30 cd	166,75 b	25,00 bc	641,00 b
ST-4-incorporado + calagem	479,50 bc	212,75 a	56,00 a	748,25 a
FG-1-localizado + calagem	46,30 j	34,50 e	5,50 fgh	86,25 hij
FG-2-localizado + calagem	66,30 j	42,75 de	14,00 def	123,00 fgh
FG-4-localizado + calagem	59,80 j	61,00 d	18,75 cde	139,50 fgh
FG-1-incorporado + calagem	46,00 j	44,25 de	11,00 efg	101,25 hi
FG-2-incorporado + calagem	45,30 j	49,25 de	17,50 cde	112,00 gh
FG-4-incorporado + calagem	53,50 j	50,50 de	16,75 cde	120,75 fgh
F	333,03**	218,33**	45,21**	588,23**
CV	11,02%	14,87%	37,4%	8,32%
dms	53,35	24,81	10,74	56,54

Fosfato de Catalão

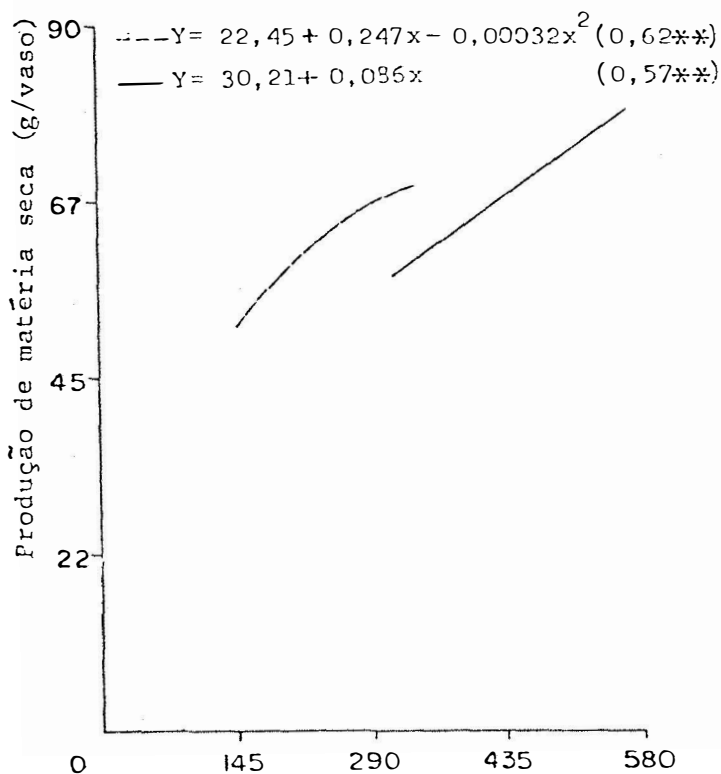


Fosfato de Catalão

.36.



Superfosfato triplo



Superfosfato triplo

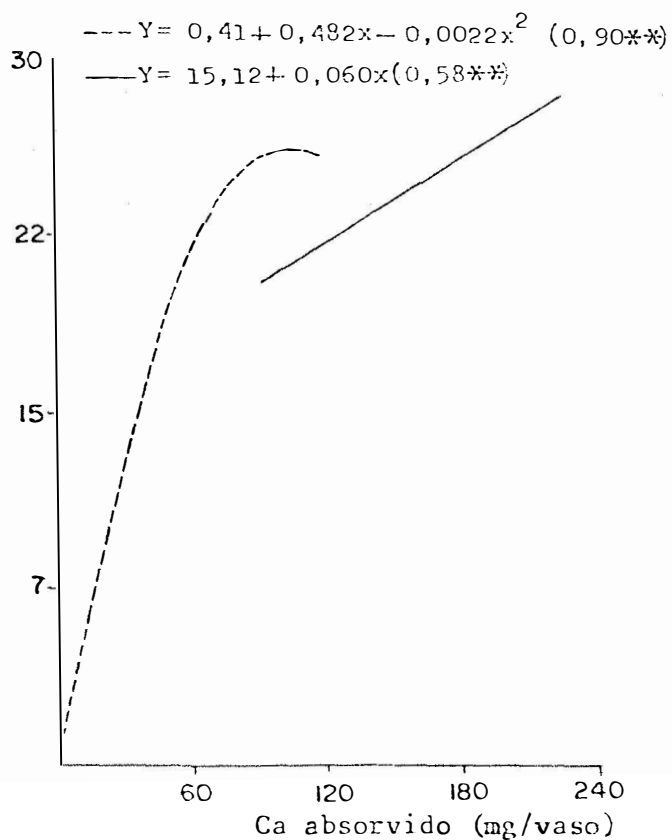


Figura 6 - Produção de matéria seca em função das quantidades de Ca absorvido pelo sorgo sacarino no 1º cultivo no solo de Anhembi.

Figura 9 - Produção de matéria seca em função das quantidades de Ca absorvido pelo sorgo sacarino no 2º cultivo no solo de Anhembi.

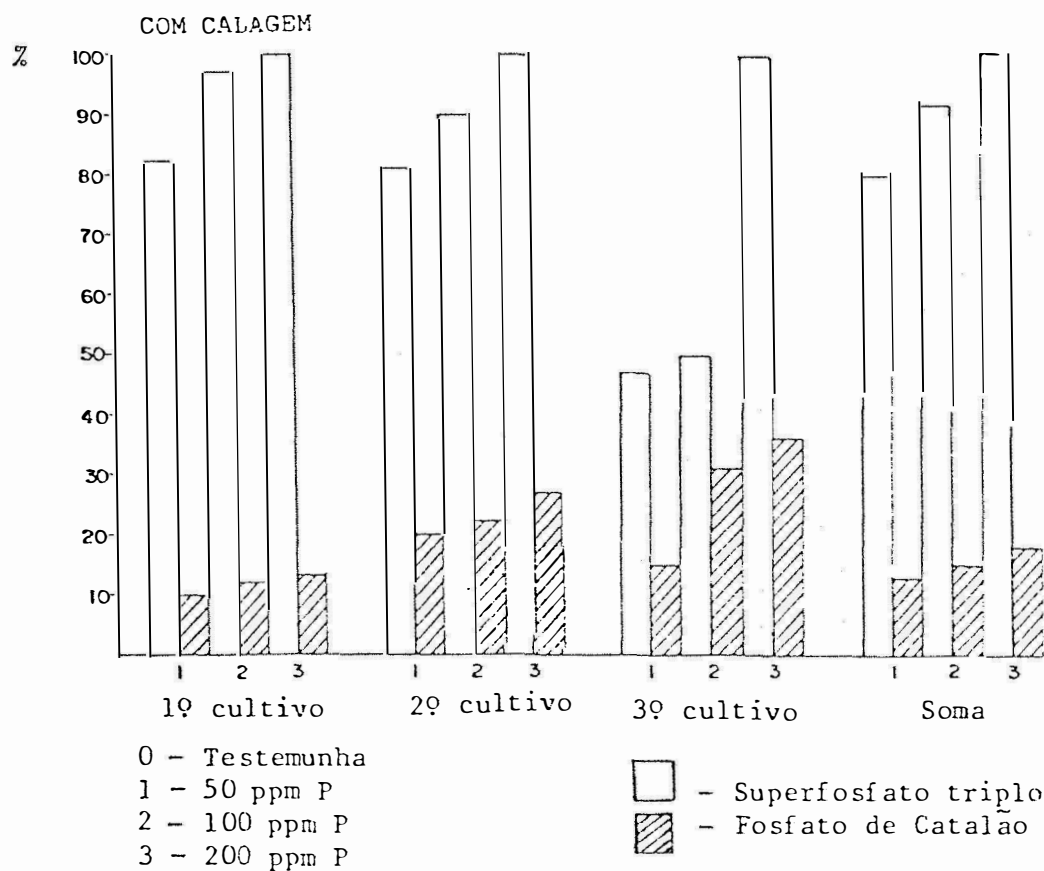
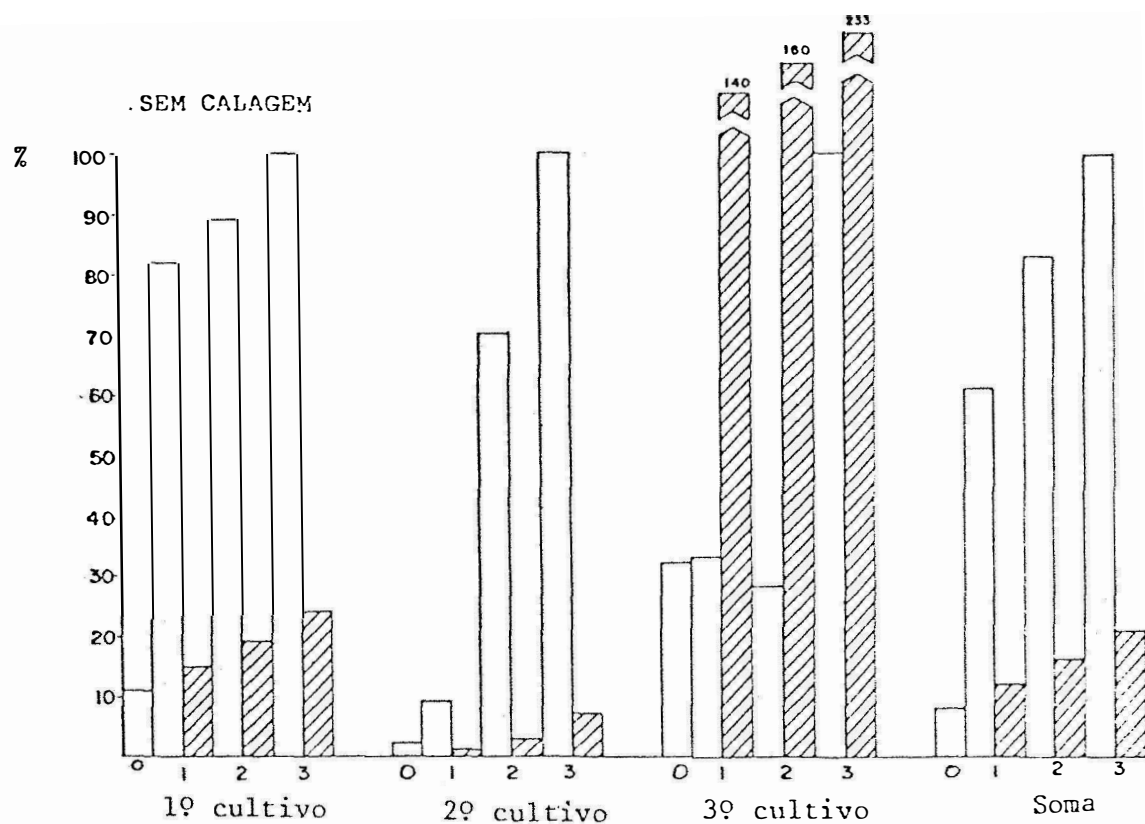


Figura 7 - Eficiência relativa dos tratamentos empregados no solo de Anhembi. (considerou-se a produção de matéria seca obtida com superfosfato triplo na dose de 200 ppm como valor 100).

munha apresentou um valor de 11%. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por MENDONÇA *et alii* (1978).

Os teores de P (ppm) encontrados no solo após o 1º cultivo estão na Tabela 16. O extrator utilizado foi o  $\text{NaHCO}_3$  0,5 M pH 8,5 que mostrou-se bem adaptado para estudos com fosfatos naturais por ser um extrator básico, não favorecendo a solubilização da rocha fosfatada no momento da extração. Estes resultados concordam com os obtidos por FEITOSA (1978). O teor de P no solo nos tratamentos com fosfato de Catalão foi o mesmo encontrado na testemunha. Os teores encontrados para os tratamentos com superfosfato na menor dose também não diferiram da testemunha. As correlações tentadas serão discutidas posteriormente.

Na Tabela 17 estão listados os dados referentes aos teores de Ca (mg/100 g) encontrados no solo após o 1º cultivo. Nos tratamentos sem calagem somente diferiram da testemunha os tratamentos com superfosfato na dose máxima. Nos solos com calagem os maiores valores foram encontrados para os tratamentos com fosfato natural, mostrando a menor absorção de Ca nestes tratamentos no cultivo anterior. As correlações tentadas serão discutidas posteriormente.

#### 4.1.2. Segundo cultivo

No 2º cultivo as produções de matéria seca (Tabela 6) mostram que o fosfato de Catalão igualou-se com a testemunha nos tratamentos que não receberam calagem. Estes dados confirmam os obtidos por COSTA *et alii* (1978). É importante lembrar que, para a extração das raízes após o 1º cultivo, o solo foi revolvido completamente, fazendo com que se perdes-

Tabela 16. Teores de P (ppm) encontrados no solo Anhembi. Médias de 2 re-  
petições.

Tratamentos	P no solo (ppm)	
	Após o 1º cultivo	Após 2º cultivo
Testemunha	4,0 j	1,5 j
NKS Mg + Micronutrientes	5,0 j	1,8 j
ST-1-localizado	15,0 hij	21,0 defgh
ST-2-localizado	37,5 de	26,5 cde
ST-4-localizado	60,5 c	35,0 c
ST-1-incorporado	25,5 efgh	26,0 cde
ST-2-incorporado	31,5 defg	51,0 b
ST-4-incorporado	95,0 a	80,0 a
FG-1-localizado	7,5 ij	9,5 ghij
FG-2-localizado	6,5 j	9,0 ghij
FG-4-localizado	8,0 ij	10,0 fghij
FG-1-incorporado	7,0 ij	10,0 fghij
FG-2-incorporado	9,0 ij	8,5 ghij
FG-4-incorporado	8,5 ij	10,5 fghij
ST-1-localizado + calagem	22,0 fghi	14,5 efghij
ST-2-localizado + calagem	34,0 def	27,0 cde
ST-4-localizado + calagem	46,5 cd	21,5 defg
ST-1-incorporado + calagem	17,0 ghij	17,0 efghi
ST-2-incorporado + calagem	39,0 de	23,0 cdefg
ST-4-incorporado + calagem	79,0 b	31,5 cd
FG-1-localizado + calagem	7,5 ij	8,0 hij
FG-2-localizado + calagem	6,0 j	6,5 ij
FG-4-localizado + calagem	8,0 ij	8,0 hij
FG-1-incorporado + calagem	7,0 ij	7,0 ij
FG-2-incorporado + calagem	6,5 j	7,0 ij
FG-4-incorporado + calagem	8,0 ij	7,0 ij
F	81,62**	74,56**
CV	16,38%	17,25%
dms	15,5	13,4



Tabela 17. Teores de Ca (emg/100 g) encontrados no solo Anhembi. Média de 2 repetições.

Tratamentos	Ca no solo (emg/100 g)	
	Após 1º cultivo	Após 2º cultivo
Testemunha	1,24 g	1,03 d
NKS Mg + Micronutrientes	1,12 g	0,94 d
ST-1-localizado	1,17 g	1,02 d
ST-2-localizado	1,43 fg	1,06 d
ST-4-localizado	1,82 f	1,27 d
ST-1-incorporado	1,08 g	0,82 d
ST-2-incorporado	1,52 fg	1,05 d
ST-4-incorporado	1,76 f	1,41 d
FG-1-localizado	1,07 g	1,03 d
FG-2-localizado	1,47 fg	1,01 d
FG-4-localizado	1,49 fg	0,94 d
FG-1-incorporado	1,53 fg	1,03 d
FG-2-incorporado	1,48 fg	0,89 d
FG-4-incorporado	1,42 fg	0,99 d
ST-1-localizado + calagem	3,25 de	2,76 c
ST-2-localizado + calagem	3,28 cde	3,35 abc
ST-4-localizado + calagem	3,64 bcd	3,62 ab
ST-1-incorporado + calagem	3,07 e	4,07 a
ST-2-incorporado + calagem	3,38 cde	3,39 abc
ST-4-incorporado + calagem	3,76 bc	3,05 bc
FG-1-localizado + calagem	3,46 cde	3,18 bc
FG-2-localizado + calagem	3,59 bcd	4,04 abc
FG-4-localizado + calagem	4,25 a	3,44 abc
FG-1-incorporado + calagem	4,05 ab	3,78 ab
FG-2-incorporado + calagem	3,64 bcd	3,72 ab
FG-4-incorporado + calagem	3,68 bcd	3,76 ab
F	185,52**	83,55**
CV	4,9%	9,2%
dms	0,49	0,82

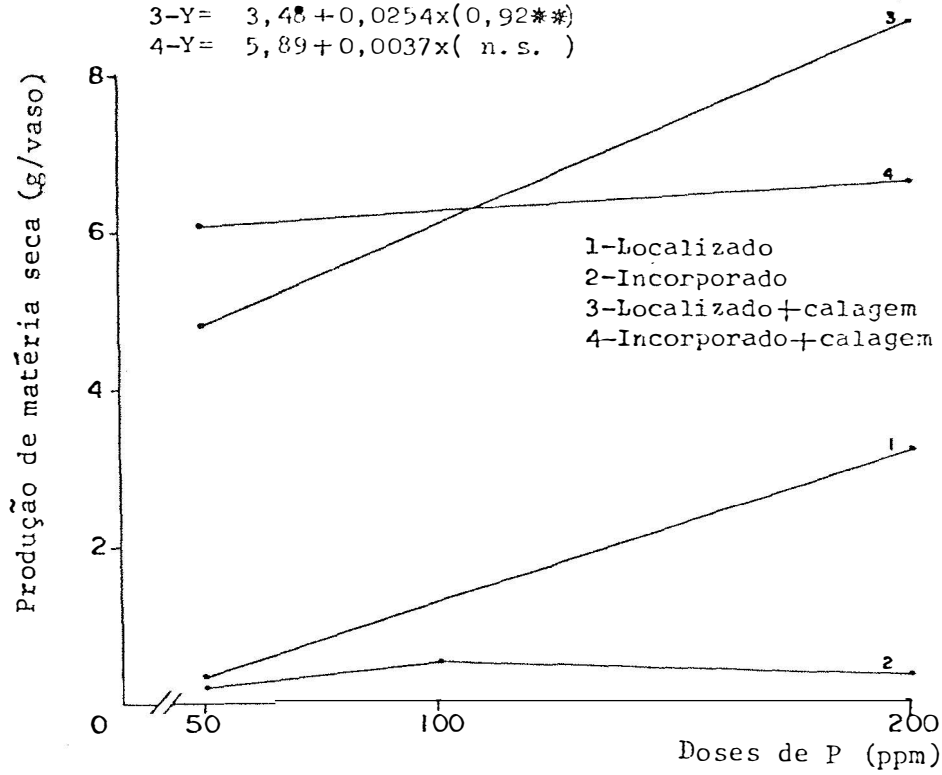
se o efeito inicial da localização do adubo. Quando se fez calagem, as produções de matéria seca nos tratamentos com fosfato de Catalão incorporado foram superiores à testemunha. As produções alcançadas com superfosfato triplo na dose de 50 ppm P, sem calagem, foram iguais ou inferiores às obtidas com fosfato de Catalão incorporado com calagem. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por MACHADO *et alii* (1979). Nas outras doses o superfosfato mostrou-se superior ao fosfato de Catalão no fornecimento de P às plantas. As correlações obtidas entre doses e produção encontram-se na Figura 8. Observando-se as dosagens empregadas, a calagem teve um efeito bastante grande no comportamento do superfosfato. Na dose mais baixa, quando não se fez a calagem, houve uma redução sensível na produção de matéria seca. Tanto a absorção de P quanto a de Ca foi pequena (Tabelas 7 e 8), podendo-se dizer que esta redução na produção deveu-se a falta de P e Ca neste tratamento. O P do adubo deve ter sido fixado por óxidos de Fe e Al do solo e o cálcio contido no adubo não foi suficiente para atender as necessidades das plantas.

Na Tabela 15, os dados da equivalência do  $P_2O_5$  do fosfato de Catalão em relação ao superfosfato mostram que, quando não se fez a calagem, com o aumento das doses de P ocorreu uma diminuição na relação. Em relação ao primeiro cultivo houve também um decréscimo. Este comportamento pode ser explicado por: a. no primeiro cultivo o solo forneceu P às plantas; b. a solubilização do fosfato de Catalão foi muito lenta; c. a quantidade de Ca absorvido foi muito pequena, influenciando a produção. Quando se fez a calagem, a relação permaneceu praticamente a mesma com o aumento das doses.

Fosfato de Catalão

$1-Y = -0,64 + 0,0193x \quad (0,97^{**})$   
 $2-Y = 0,30 + 0,0126x - 0,00005x^2 \quad (n. s.)$   
 $3-Y = 3,48 + 0,0254x \quad (0,92^{**})$   
 $4-Y = 5,89 + 0,0037x \quad (n. s.)$

.42.



Superfosfato triplo

$1-Y = -3,65 + 0,1651x \quad (0,87^{**})$   
 $2-Y = 0,72 + 0,1323x \quad (0,85^{**})$   
 $3-Y = 22,01 + 0,0305x \quad (0,72^{**})$   
 $4-Y = 20,55 + 0,0366x \quad (0,61^{**})$

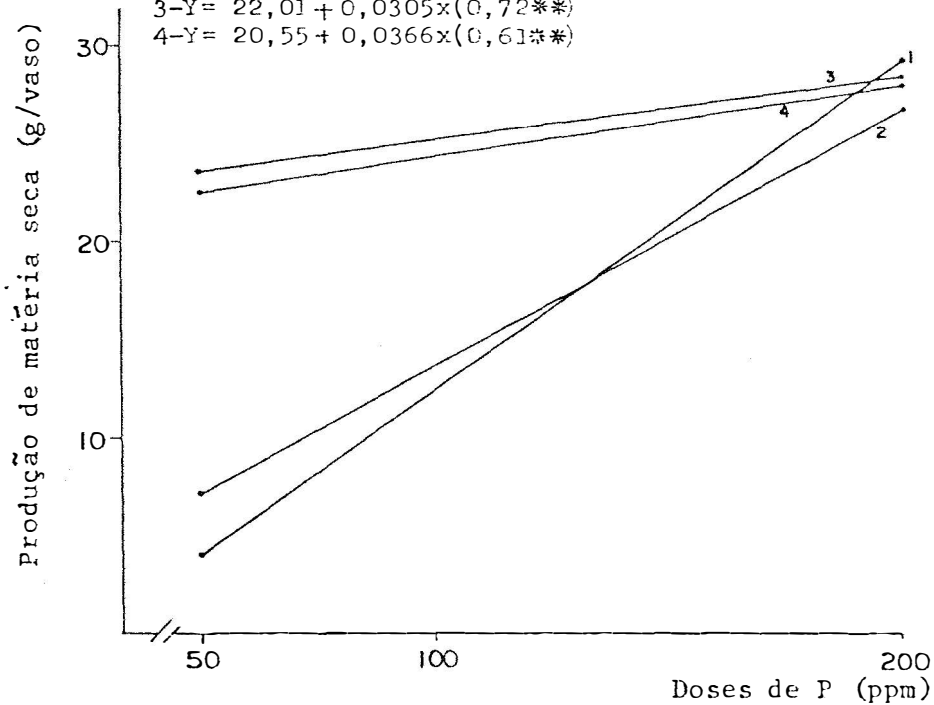


Figura 8 - Efeito das doses de P empregadas sobre a produção de matéria seca do sorgo sacarino no 2º cultivo no solo de Anhembi.

Os dados de P absorvido estão na Tabela 7. O fosfato de Catalão, em nenhum dos tratamentos, diferiu da testemunha, bem como as doses mais baixas de superfosfato sem calagem. Nas doses de 100 e 200 ppm de P os tratamentos com superfosfato com e sem calagem se equivaleram. As correlações entre dose de P aplicada e P absorvido encontradas estão na Figura 5. O fosfato de Catalão não mostrou diferenças entre doses. Estes dados confirmam os de COSTA *et alii* (1978). As correlações entre P absorvido e produção foram lineares e positivas para todos os tratamentos e encontram-se representadas na Figura 4.

O cálcio absorvido pelas plantas (Tabela 8), nos tratamentos com fosfato de Catalão que receberam calagem foi superior à testemunha. Naqueles em que não se fez calagem não houve diferença com a testemunha, mostrando que as produções podem ter sido limitadas pela falta de cálcio. A correlação entre Ca absorvido e produção de matéria seca foi linear nos tratamentos com fosfato de Catalão.

A absorção de Ca pelas plantas foi maior (Figura 9), nos tratamentos com superfosfato na dose máxima, mostrando que a liberação de Ca do adubo ainda foi importante neste cultivo. Nos tratamentos com superfosfato sem calagem os aumentos na absorção de Ca não refletiram em aumentos na produção, evidenciando que uma carência de P foi responsável pela menor produção, o que pode ser encontrado na Figura 4.

Os valores da eficiência relativa encontrados no 2º cultivo estão na Figura 7. Quando não se fez calagem, a eficiência relativa do fosfato de Catalão diminuiu em relação ao 1º cultivo, possivelmente pelas

mesmas razões já enumeradas anteriormente. Nos tratamentos com calagem a eficiência foi maior do que no 1º cultivo e bastante superior aos tratamentos onde não se fez calagem. Os valores encontrados se aproximam daqueles encontrados por MENDONÇA *et alii* (1979).

Na Tabela 16 estão listados os teores de P (ppm) encontrados no solo após o 2º cultivo. Os tratamentos com fosfato de Catalão não diferiram da testemunha e os teores encontrados para superfosfato foram mais altos nos tratamentos sem calagem do que naqueles com calagem. Isto pode ter ocorrido devido a extração de P retido em óxidos de Al, possivelmente presentes neste solo. Sabe-se que o extrator utilizado,  $\text{NaHCO}_3$ , tem a capacidade de extrair fósforo nesta forma, como mostram THOMAS e PEASLLE (1973). O mesmo não ocorre nos tratamentos que receberam calagem, pois a forma predominante seria fosfato de cálcio, fósforo este que o extrator alcalino não é capaz de retirar.

Os teores de Ca encontrados no solo após o 2º cultivo estão na Tabela 17. Quando não se fez a calagem, todos os tratamentos foram iguais à testemunha, que diferiu daqueles que receberam calagem.

#### 4.1.3. Terceiro cultivo

As produções de matéria seca (Tabela 6) nos tratamentos que não receberam calagem foram todas iguais, mostrando o esgotamento do superfosfato e a baixa reatividade do fosfato de Catalão. Estes dados concordam com os obtidos por BORGES *et alii* (1979). Nos tratamentos com calagem as produções obtidas com doses mais altas de superfosfato mostraram-se superiores às obtidas com fosfato de Catalão. Nas doses mais altas, o fosfa

to de Catalão diferiu da testemunha, igualando-se às doses menores de superfosfato triplo. Dentro dos tratamentos com fosfato de Catalão não se observaram diferenças na produção, com o aumento das doses (Figura 10).

A equivalência do  $P_2O_5$  do fosfato de Catalão em relação ao supertriplo (Tabela 15) foi muito alta para os tratamentos sem calagem, o que é explicado pelo esgotamento do P proveniente do supertriplo, quer por absorção pelos cultivos anteriores, quer pela fixação pelo solo e não por um aumento substancial na solubilidade do fosfato de Catalão. Quando se fez a calagem a equivalência manteve-se mais ou menos constante com o aumento das doses de P.

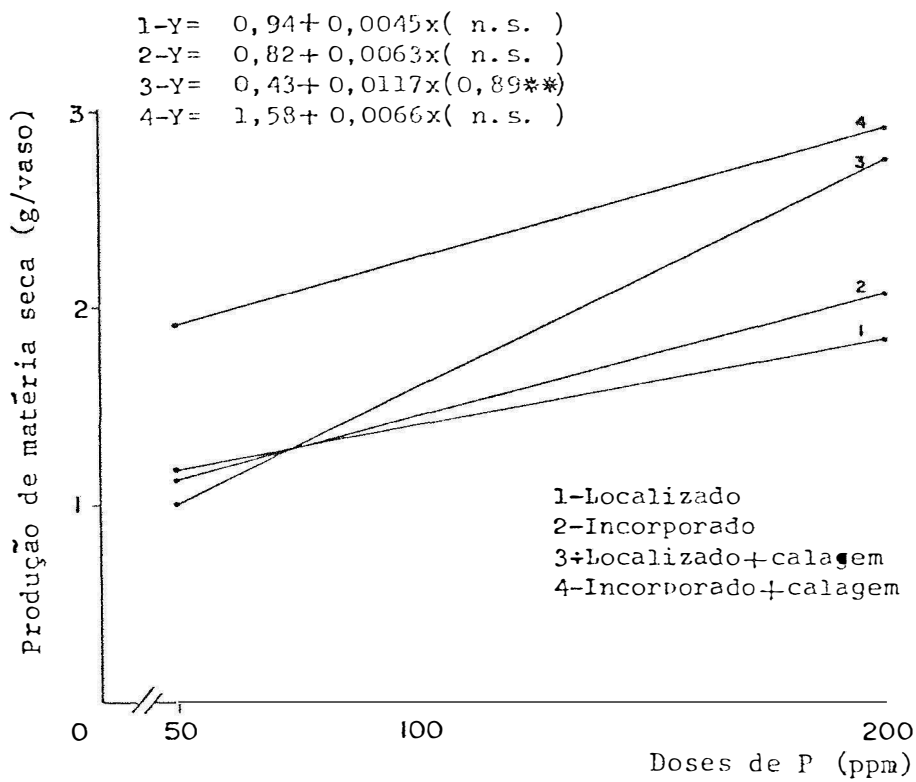
A absorção de P acompanhou a produção de matéria seca (Tabela 7). Todos os tratamentos sem calagem não diferiram da testemunha. Houve ainda algum efeito de dose com o supertriplo quando se fez a calagem. As curvas de regressão de P absorvido em função da dose estão na Figura 5. Em função do P absorvido, a produção de matéria seca comportou-se linearmente em todos os tratamentos como se vê na Figura 4.

A quantidade de cálcio absorvido encontra-se na Tabela 8. Os tratamentos sem calagem não diferiram da testemunha, sendo absorvida pequena quantidade de Ca. Com superfosfato, no tratamento com calagem, somente a dose mais alta foi diferente das demais. Houve correlação positiva entre Ca absorvido e produção que pode ser visualizada na Figura 11.

A Figura 7 mostra a eficiência relativa alcançada pelos tratamentos no 3º cultivo. Nos tratamentos sem calagem o fosfato de Catalão mostrou-se muito superior ao superfosfato triplo, com eficiência relativa

Fosfato de Catalão

.46.



Superfosfato triplo

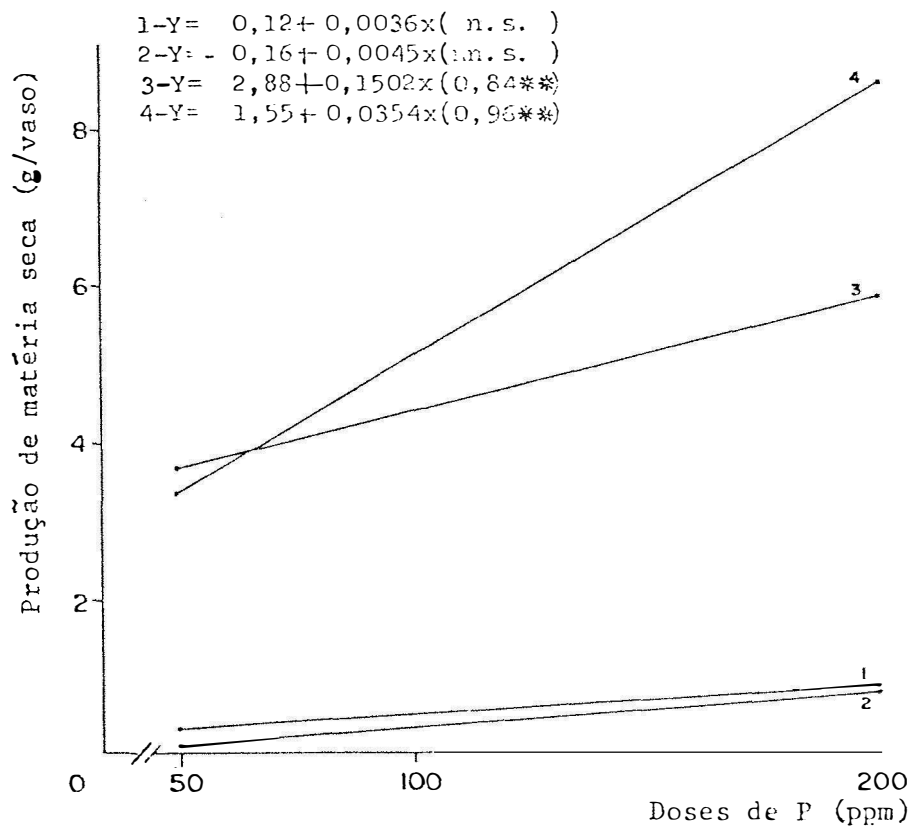


Figura 10 - Efeito das doses de P empregadas sobre a produção de matéria seca do sorgo sacarino no 3º cultivo no solo de Anhembi.

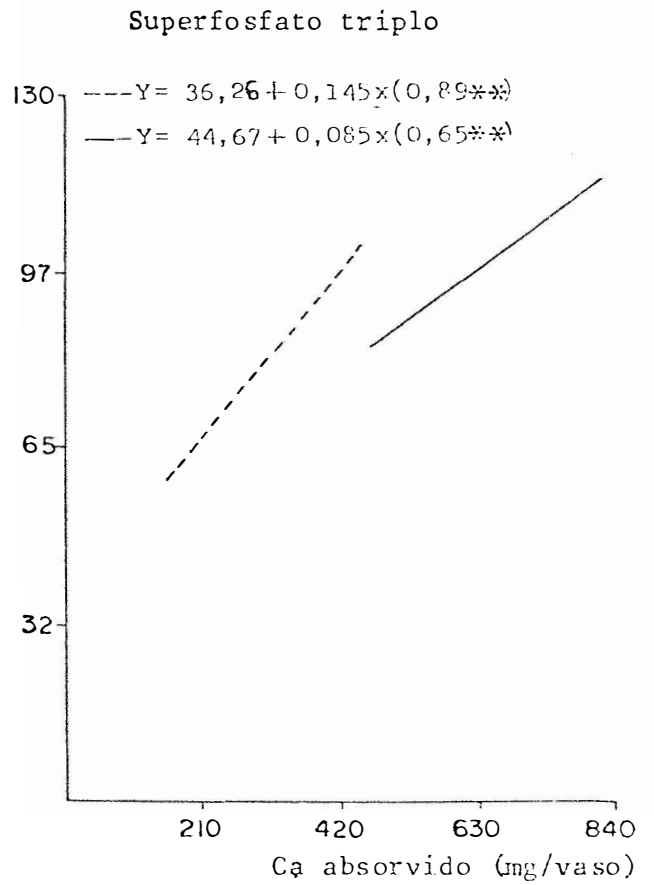
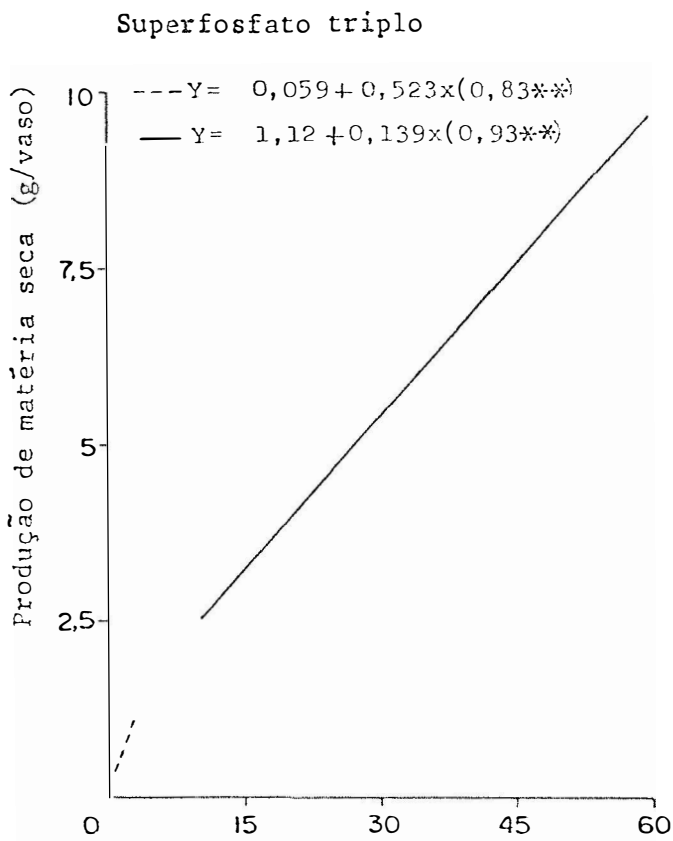
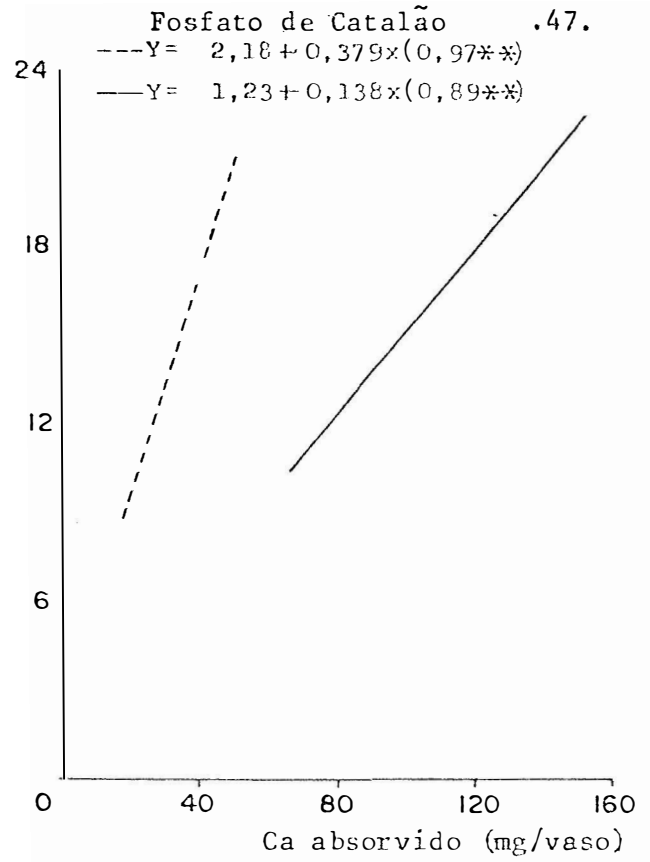
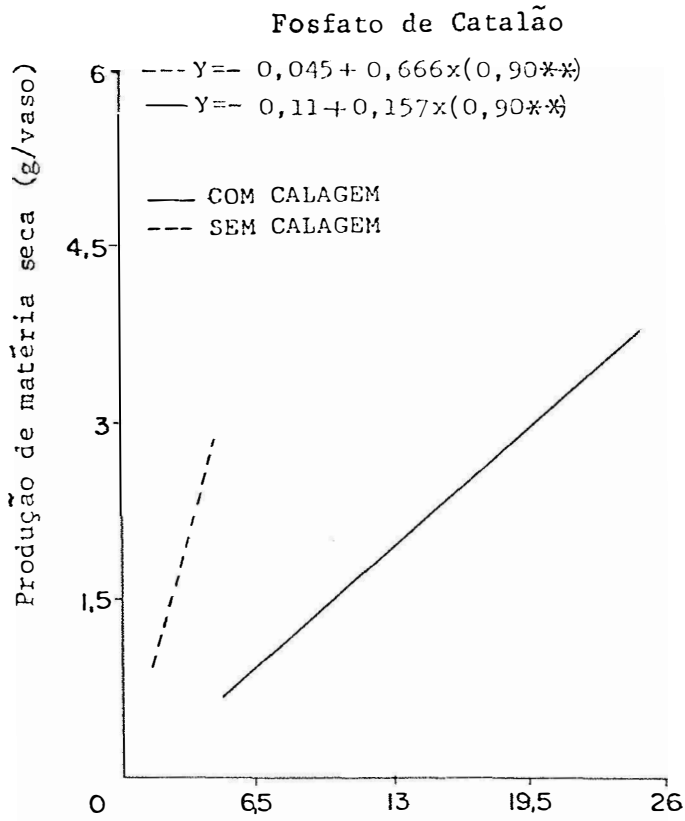


Figura 11 - Produção de matéria seca em função das quantidades de Ca absorvido pelo sorgo sacarino no 3º cultivo no solo de Anhembi.

Figura 13 - Produção de matéria seca em função das quantidades totais de Ca absorvido pelo sorgo sacarino nos 3 cultivos no solo de Anhembi.



na dose máxima de 233%, mostrando também, em relação ao cultivo anterior uma solubilização um pouco maior. A eficiência relativa nos tratamentos com calagem foi crescente com o aumento das doses e chegou a 36%, não sendo superior à nenhum tratamento com superfosfato. Estes dados concordam com os de ANÔNIMO (1979).

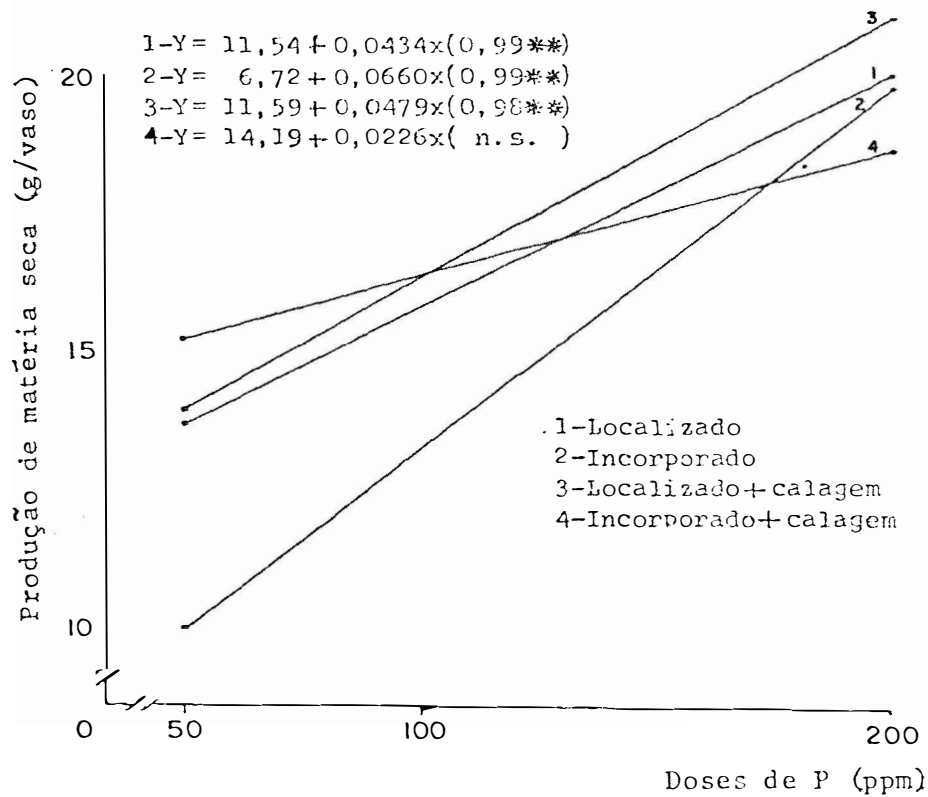
#### 4.1.4. Soma dos três cultivos

Fazendo-se uma soma das produções dos três cultivos (Tabela 6) observa-se que o fosfato de Catalão diferiu da testemunha nos tratamentos com dose máxima onde foi localizado ou incorporado, recebendo ou não calagem. Nota-se porém, que estes tratamentos não diferem entre si. Este resultado, à primeira vista, parece discordar do consenso geral de que deve-se incorporar o fosfato para se esperar uma melhor solubilização (BRAGA, 1970; KHASEWNEH e DOLL, 1978; MALAVOLTA *et alii*, 1979; ENGELSTAD e TERMAN, 1980). Mas é importante lembrar que esta localização foi observada somente durante o 1º cultivo, sendo o fosfato nos demais cultivos, incorporado.

As maiores produções foram alcançadas com superfosfato triplo quando se fez a calagem. Por outro lado, como se observa na Tabela 7, nos tratamentos com superfosfato sem calagem houve maior absorção de P, mostrando que o P não foi o fator que limitou a produção nestes tratamentos, e sim o Ca, como pode-se ver na Tabela 8. Os valores de Ca absorvido pelas plantas nos tratamentos onde se fez calagem são muito superiores à aqueles onde não se fez. A correlação entre doses de P e a produção de matéria seca encontra-se na Figura 12.

Fosfato de Catalão

.49.



Superfosfato triplo

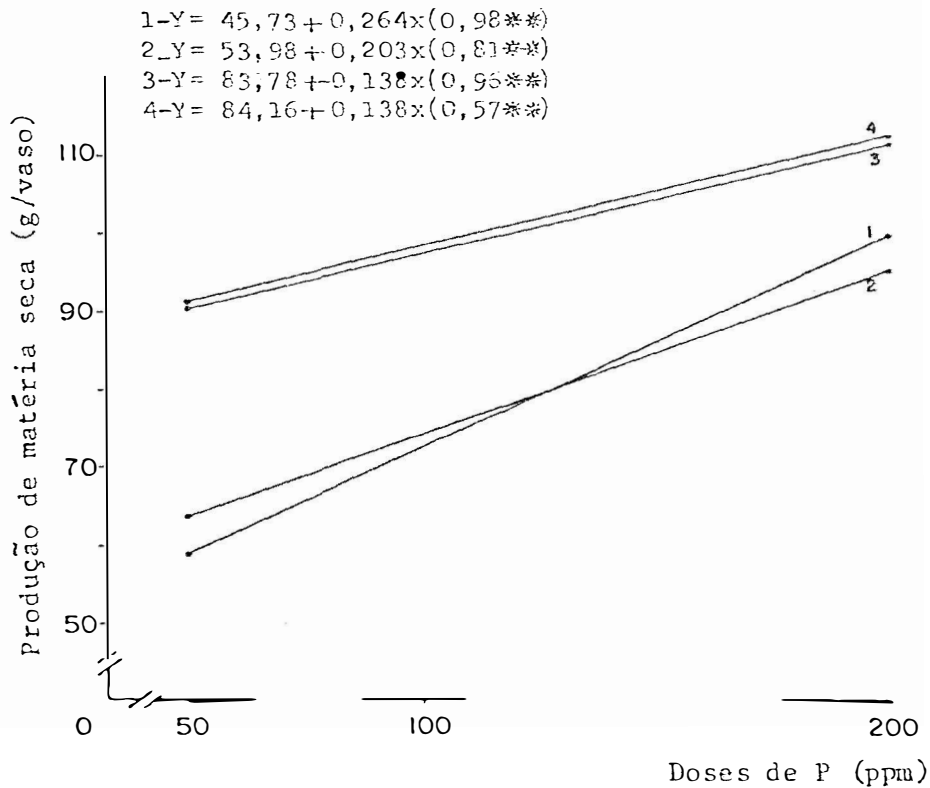


Figura 12 - Efeito das doses de P empregadas sobre a soma das produções de matéria seca obtidas nos 3 cultivos no solo de Anhembi.

As quantidades de P absorvido após os 3 cultivos (Tabela 7), nos tratamentos com fosfato de Catalão não diferiram entre si e com a testemunha. As correlações encontradas podem ser vistas nas Figuras 4 e 5.

Com relação à absorção de Ca pelas plantas, no final dos 3 cultivos observa-se na Tabela 8 que nos tratamentos com fosfato de Catalão sem calagem não houve diferença com a testemunha. Naqueles em que se fez a calagem houve diferença. As correlações obtidas com a produção estão na Figura 13.

A equivalência do  $P_2O_5$  do fosfato de Catalão e  $P_2O_5$  do supertríplo dada na Tabela 15 mostra que, com o aumento nas doses, a relação permaneceu praticamente a mesma, tanto nos tratamentos com calagem como nos sem calagem.

A Figura 7 mostra a eficiência relativa do fosfato de Catalão somando-se o resultado dos 3 cultivos. Observa-se que, tanto nos tratamentos com e sem calagem, as eficiências relativas se equivaleram.

## 4.2. Solo Botucatu

### 4.2.1. Primeiro cultivo

A produção de matéria seca no primeiro cultivo é dada na Tabela 9. As maiores produções foram alcançadas nos tratamentos com superfosfato triplo que receberam calagem. Os tratamentos com fosfato de Catalão não diferiram da testemunha e foram sempre inferiores àqueles com su-

Tabela 9. Efeito dos tratamentos sobre a produção de matéria seca (g/vaso) do sorgo sacarino. Médias de 4 repetições. Solo Botucatu.

Tratamentos	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo	Soma dos três cultivos
Testemunha	0,67 h	0,34 g	0,29 f	1,30 f
NKS Mg + Micro nutrientes	0,48 h	0,43 g	0,56 f	1,47 f
ST-1-localizado	45,28 fg	5,83 g	0,45 f	51,57 e
ST-2-localizado	56,73 cde	13,02 f	0,62 f	70,37 d
ST-4-localizado	59,25 cde	22,02 bc	6,41 d	87,67 c
ST-1-incorporado	42,48 g	14,33 e	0,44 f	57,25 e
ST-2-incorporado	48,96 efg	23,10 bc	0,69 f	72,75 d
ST-4-incorporado	54,13 def	27,71 ab	5,35 de	87,19 c
FG-1-localizado	3,80 h	2,51 g	0,62 f	6,93 f
FG-2-localizado	4,50 h	2,58 g	0,72 f	7,78 f
FG-4-localizado	5,46 h	3,87 g	0,73 f	10,06 f
FG-1-incorporado	0,65 h	0,69 g	0,51 f	1,85 f
FG-2-incorporado	0,57 h	0,40 g	0,77 f	1,74 f
FG-4-incorporado	1,16 h	0,46 g	0,60 f	2,22 f
ST-1-localizado + calagem	63,52 cd	19,78 cde	10,03 c	93,33 c
ST-2-localizado + calagem	65,42 bc	21,50 cd	11,72 abc	98,64 bc
ST-4-localizado + calagem	81,99 a	31,90 a	14,50 a	128,38 a
ST-1-incorporado + calagem	62,54 cd	15,76 def	10,57 bc	88,86 c
ST-2-incorporado + calagem	73,92 ab	20,55 cd	13,02 ab	107,49 b
ST-4-incorporado + calagem	78,83 a	32,60 a	11,39 bc	122,82 a
FG-1-localizado + calagem	1,03 h	1,83 g	1,50 f	4,35 f
FG-2-localizado + calagem	1,97 h	4,71 g	2,05 f	8,73 f
FG-4-localizado + calagem	3,02 h	4,48 g	2,48 ef	9,98 f
FG-1-incorporado + calagem	0,85 h	1,93 g	1,35 f	4,13 f
FG-2-incorporado + calagem	0,75 h	1,43 g	2,00 f	4,17 f
FG-4-incorporado + calagem	0,77 h	1,33 g	1,84 f	3,94 f
F	237,65**	102,65**	75,90**	449,61**
CV	13,91%	20,34%	27,94%	9,84%
dms	10,88	5,77	2,91	11,63

perfosfato triplo; resultados estes já esperados devido à lenta solubilização do fosfato de Catalão. Estes dados concordam com os obtidos por ANÔNIMO (1980). A localização ou incorporação do adubo não mostrou efeitos na produção de matéria seca. Este comportamento pode ser devido ao fato do vaso ser um sistema fechado, proporcionando oportunidade às raízes de explorarem todo o volume de solo nele contido. As correlações de doses de P com produção encontram-se na Figura 14.

O cálculo da equivalência de  $P_2O_5$  do fosfato de Catalão em relação ao superfosfato em função de doses encontra-se na Tabela 15. Nos tratamentos com e sem calagem, a relação permaneceu inalterada com o aumento das doses, porém foi mais estreita nos tratamentos sem calagem.

Em relação à absorção de P pelas plantas (Tabela 10), nos tratamentos com fosfato de Catalão não houve diferença com a testemunha. Nos tratamentos com superfosfato a absorção de P foi superior àquela encontrada nos tratamentos com fosfato de Catalão. A calagem não apresentou efeito significativo sobre a absorção de P. Por outro lado, observando-se a Tabela 11, nota-se que a absorção de Ca foi muito diferente nos tratamentos com e sem calagem. Como a produção de matéria seca foi maior nos tratamentos com superfosfato com calagem, pode-se dizer que esta maior produção foi devida ao maior suprimento de Ca para as plantas.

As correlações de P absorvido com a produção foram lineares e estão na Figura 15. Houve correlação positiva do P absorvido em função de doses de P (Figura 16).

As quantidades de Ca absorvido nos tratamentos com fosfato

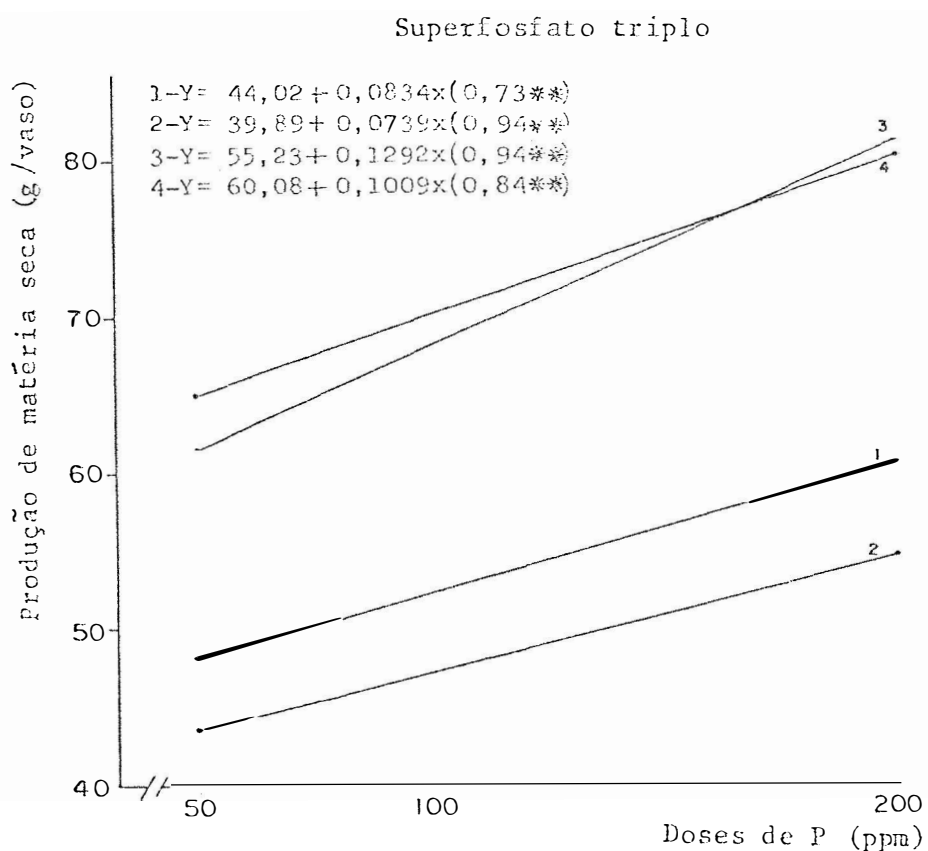
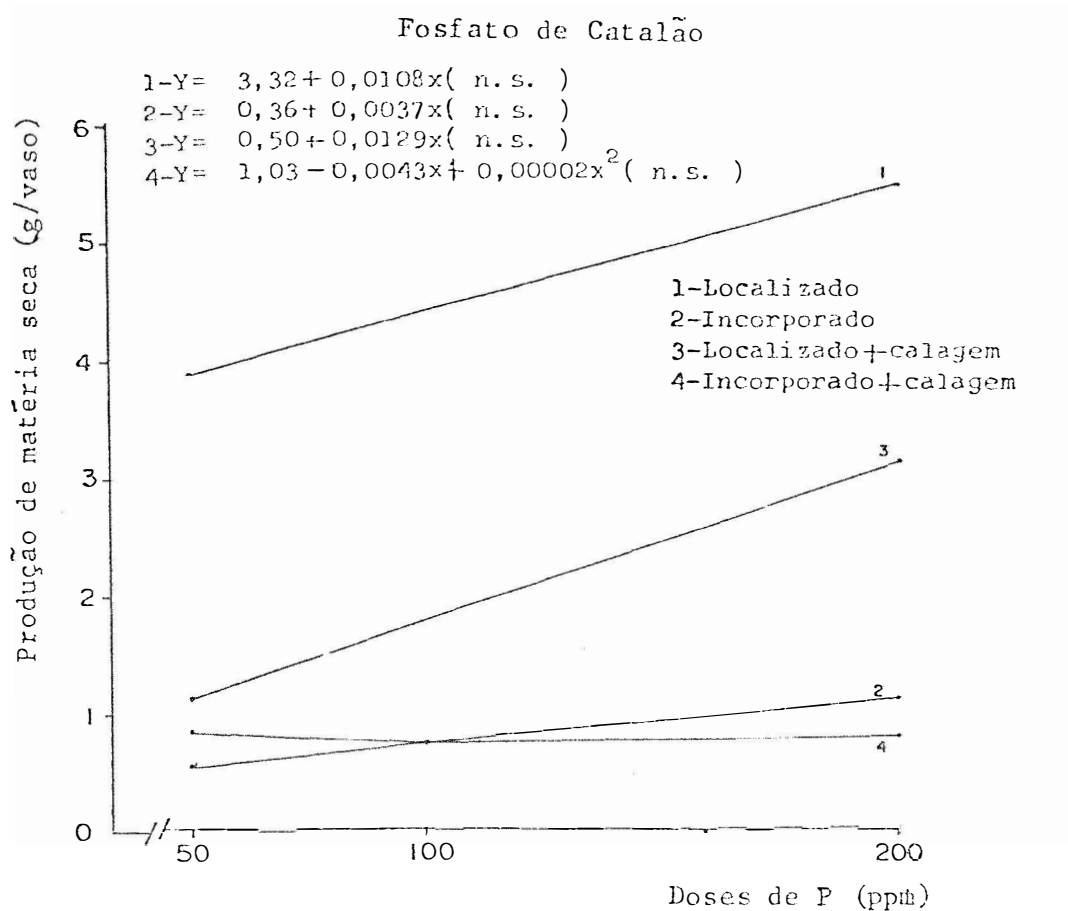
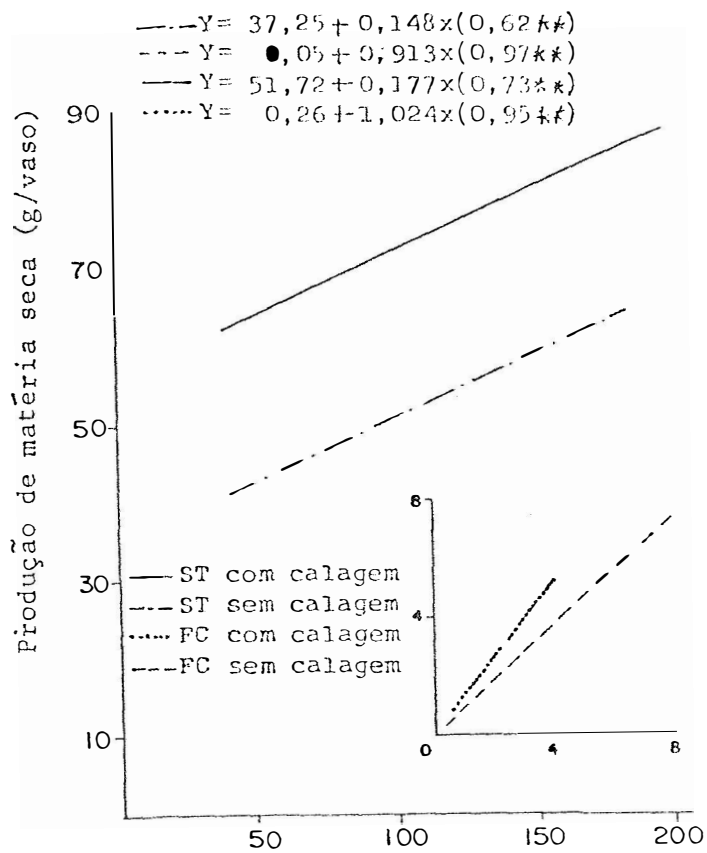


Figura 14 - Efeito das doses de P empregadas sobre a produção de matéria seca do sorgo sacarino no 1º cultivo no solo de Botucatu.

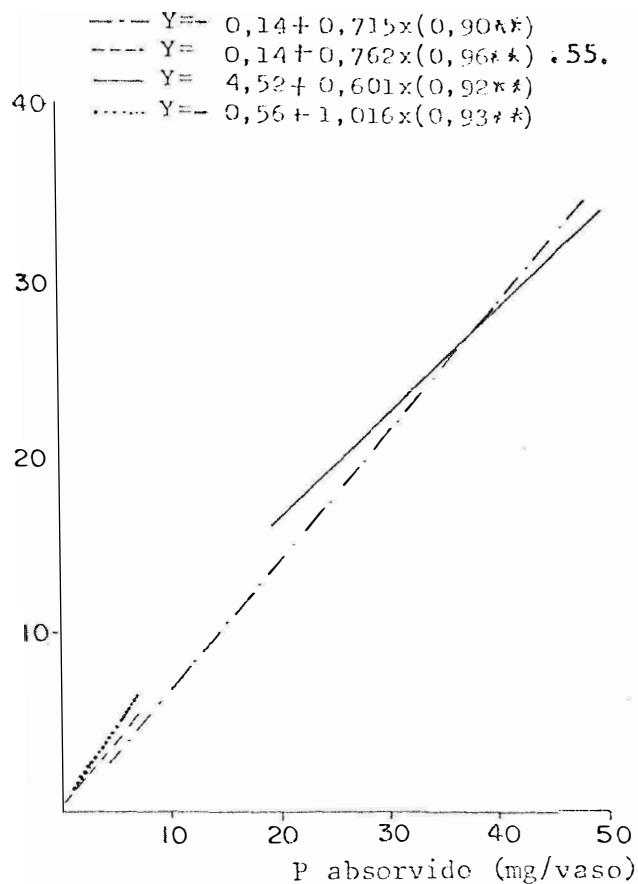
Tabela 10. Efeito dos tratamentos sobre quantidade de P absorvido pelo sorgo sacarino (mg/vaso) . Médias de 4 repetições. Solo Botucatu.

Tratamentos	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo	Soma dos três cultivos
Testemunha	0,20 f	0,33 g	0,25 e	0,78 g
NKS Mg + Micro nutrientes	0,10 f	0,43 g	0,40 g	0,93 e
ST-1-localizado	45,50 e	10,25 f	0,38 e	56,13 f
ST-2-localizado	84,75 cd	20,50 e	0,73 e	105,98 e
ST-4-localizado	168,25 a	25,00 bcde	8,75 d	202,00 b
ST-1-incorporado	65,25 de	20,50 e	0,58 e	86,33 e
ST-2-incorporado	74,00 d	32,00 b	0,93 e	106,93 e
ST-4-incorporado	124,00 b	41,00 a	8,25 d	173,25 cd
FG-1-localizado	4,50 f	3,00 fg	0,63 e	8,13 g
FG-2-localizado	4,50 f	2,00 fg	0,70 e	7,95 g
FG-4-localizado	6,00 f	5,25 fg	0,78 e	12,03 g
FG-1-incorporado	0,68 f	0,78 g	0,43 e	1,88 g
FG-2-incorporado	0,55 f	0,38 g	0,58 e	1,50 g
FG-4-incorporado	1,10 f	0,53 g	0,48 e	2,10 g
ST-1-localizado + calagem	65,25 de	22,50 cde	12,00 c	99,75 e
ST-2-localizado + calagem	103,00 bc	29,25 bc	16,50 b	148,75 d
ST-4-localizado + calagem	185,75 a	46,75 a	20,75 a	253,25 a
ST-1-incorporado + calagem	62,25 de	21,50 de	10,75 cd	94,50 e
ST-2-incorporado + calagem	107,25 bc	28,50 bcd	14,75 bc	150,50 d
ST-4-incorporado + calagem	129,75 b	46,00 a	15,25 bc	191,00 c
FG-1-localizado + calagem	0,83 f	2,50 g	1,23 e	4,55 g
FG-2-localizado + calagem	1,35 f	5,00 fg	1,38 e	7,74 g
FG-4-localizado + calagem	2,75 f	4,75 fg	2,35 e	9,85 g
FG-1-incorporado + calagem	0,60 f	2,25 g	1,05 e	3,90 g
FG-2-incorporado + calagem	0,53 f	2,00 g	1,83 e	4,40 g
FG-4-incorporado + calagem	0,58 f	2,25 g	1,53 e	4,40 g
F	131,82**	123,25**	76,93**	28,16**
CV	21,34%	19,13%	30,39%	13,94%
dms	27,54	7,48	3,89	25,24

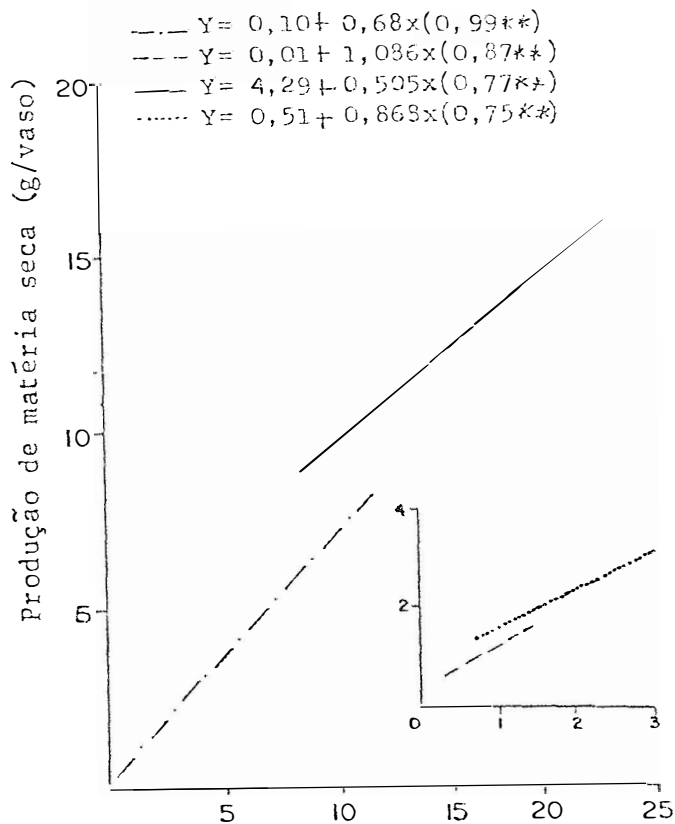
1º cultivo



2º cultivo



3º cultivo



Soma dos 3 cultivos

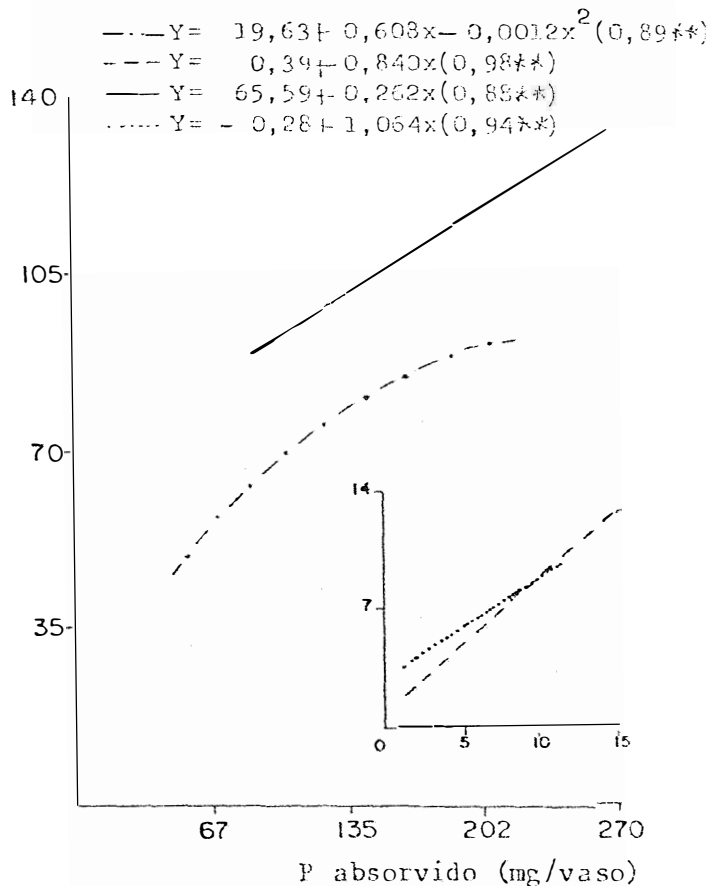
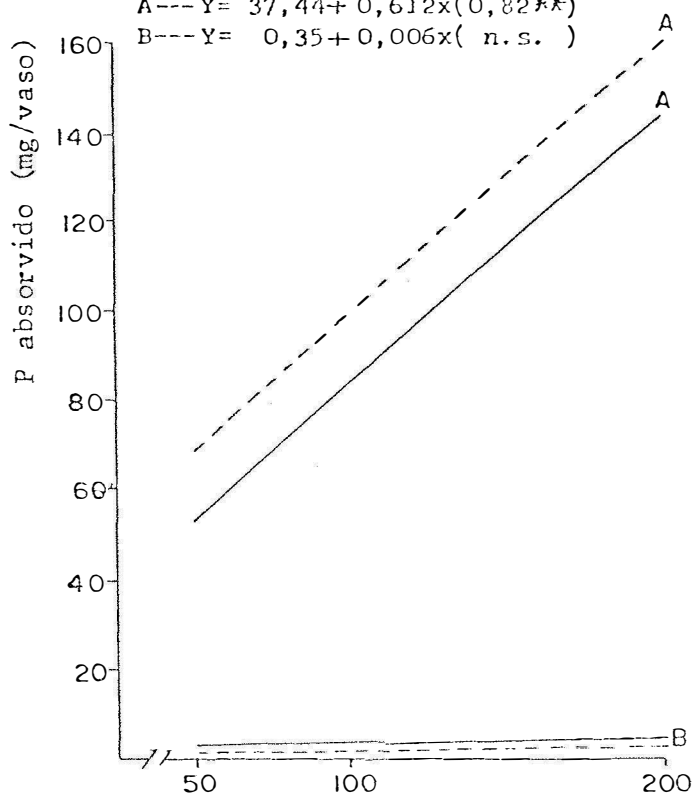


Figura 15 - Produção de matéria seca do sorgo sacarino em função das quantidades de P absorvido pelas plantas no solo de Botucatu.



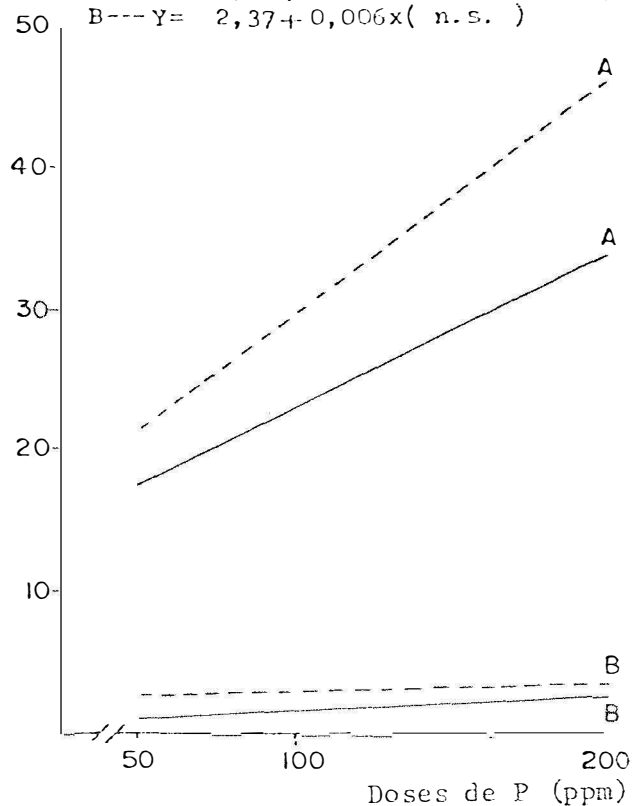
1º cultivo

A—Y= 21,99+0,614x(0,74\*\*)  
 B—Y= 2,07+0,007x( n. s. )  
 A---Y= 37,44+ 0,612x(0,82\*\*)  
 B---Y= 0,35+0,006x( n. s. )



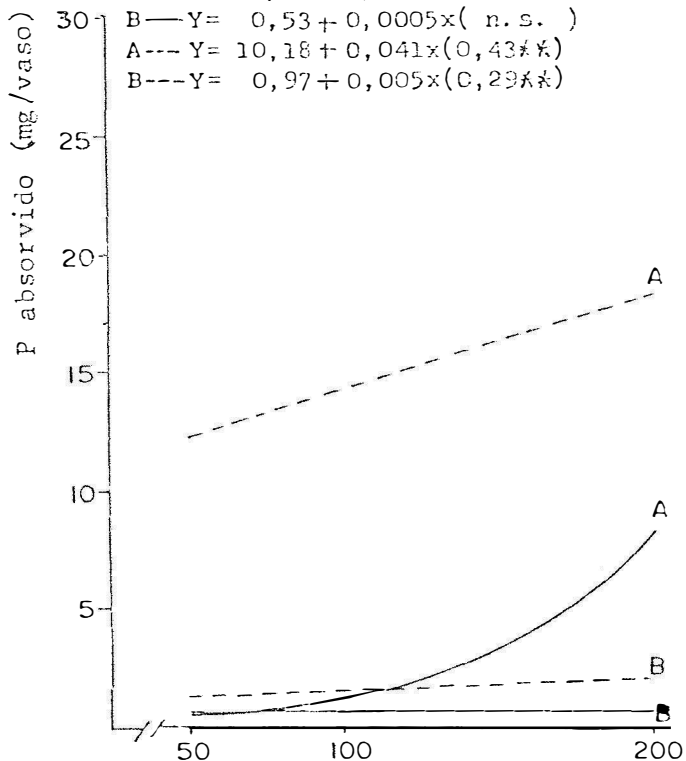
2º cultivo

A—Y= 11,99+1,101x(0,42\*\*)  
 B—Y= 1,22+ 0,008x( n. s. )  
 A---Y= 13,25+ 0,164x(0,95\*\*) .56.  
 B---Y= 2,37+0,006x( n. s. )



3º cultivo

A—Y= 2,44 - 0,053x + 0,00045x<sup>2</sup>(0,90\*\*)  
 B—Y= 0,53+ 0,0005x( n. s. )  
 A---Y= 10,18+ 0,041x(0,43\*\*)  
 B---Y= 0,97+ 0,005x(0,29\*\*)



Soma dos 3 cultivos

A—Y= 25,49+ 0,855x(0,81\*\*)  
 B—Y= 3,83+ 0,015x(n. s. )  
 A---Y= 60,87+ 0,817x( 0,87\*\*)  
 B---Y= 3,69+ 0,018x(0,21\*)

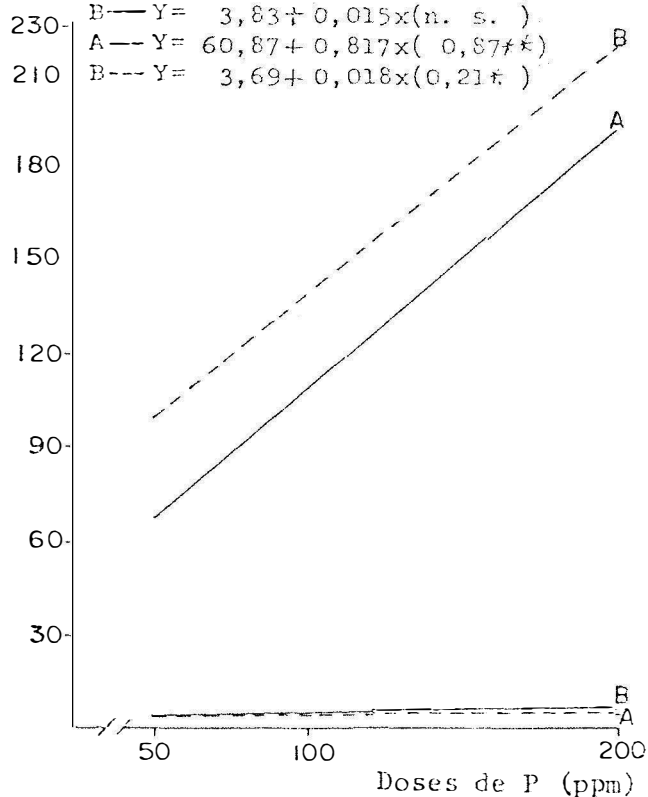


Figura 16 - Efeito das doses de P empregadas sobre a absorção de P pelas plantas no solo de Botucatu.

de Catalão não diferiram da testemunha (Tabela 11). As curvas de regressão do Ca absorvido com a produção de matéria seca (Figura 17) mostram que as maiores quantidades absorvidas no tratamento com fosfato de Catalão com calagem não corresponderam com as maiores produções obtidas.

Nos tratamentos com fosfato natural sem calagem, onde a absorção de Ca foi menor, as produções de matéria seca obtidas foram maiores. Deduz-se daí que houve carência de P nos tratamentos com calagem.

Para o superfosfato, no tratamento com calagem, houve "absorção de luxo" de Ca com as plantas absorvendo mais Ca do que necessitariam.

A eficiência relativa do fosfato de Catalão para este 1º cultivo está representada na Figura 18. Nos tratamentos sem calagem, a eficiência relativa foi maior do que naqueles com calagem. Com o aumento nas doses de P houve um pequeno aumento na eficiência relativa. Estes dados concordam com os obtidos por MENDONÇA *et alii* (1979).

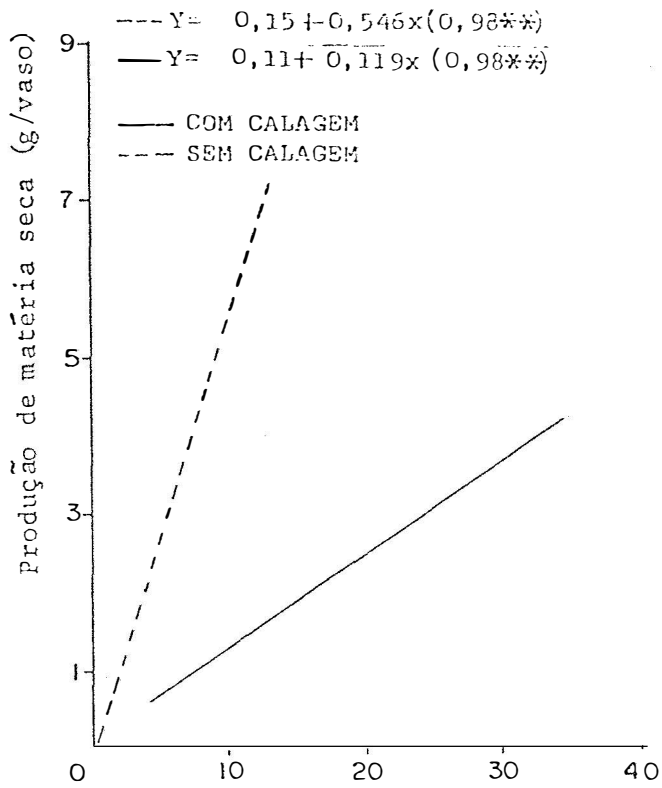
Na Tabela 18 estão listados os teores de P encontrados no solo após o 1º cultivo. Os maiores teores estão nos tratamentos com superfosfato sem calagem por razões já vistas anteriormente. Nos tratamentos com fosfato de Catalão os teores são diferentes da testemunha naqueles em que se fez a calagem e incorporou-se o adubo, porém não foram diferentes dos tratamentos sem calagem. As correlações tentadas serão discutidas posteriormente.

Com relação ao cálcio no solo encontrado após o 1º cultivo (Tabela 19) as diferenças são detectadas entre os tratamentos com e

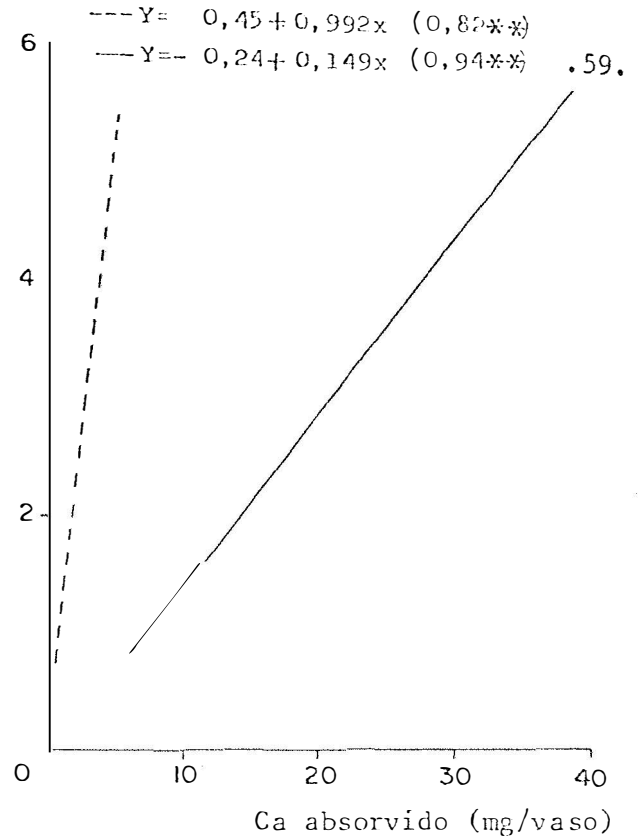
Tabela 11. Efeito dos tratamentos na quantidade de Ca absorvido pelo sorgo sacarino (mg/vaso). Médias de 4 repetições. Solo Botucatu.

Tratamentos	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo	Soma dos três cultivos
Testemunha	1,53 h	0,45 hi	0,33 e	2,30 i
NKS Mg + Micro nutrientes	0,78 h	0,25 i	0,28 e	1,30 i
ST-1-localizado	151,50 fg	11,00 fi	0,65 de	163,15 g
ST-2-localizado	221,25 f	29,25 efghi	1,30 de	251,80 f
ST-4-localizado	306,50 e	98,75 cd	12,55 de	417,80 e
ST-1-incorporado	136,00 g	31,00 efgh	0,85 de	167,85 g
ST-2-incorporado	202,00 fg	56,50 e	1,03 de	259,53 f
ST-4-incorporado	319,50 e	108,50 cd	10,40 de	438,40 e
FG-1-localizado	6,25 h	1,63 ghi	0,95 de	8,83 i
FG-2-localizado	7,75 h	2,08 ghi	0,95 de	10,78 i
FG-4-localizado	10,00 h	3,28 fghi	1,13 de	14,40 hi
FG-1-incorporado	1,33 h	0,35 i	0,55 de	2,23 i
FG-2-incorporado	0,93 h	0,28 i	0,73 de	1,93 i
FG-4-incorporado	1,68 h	0,25 i	0,58 de	2,50 i
ST-1-localizado + calagem	453,25 d	107,25 cd	48,50 c	609,00 d
ST-2-localizado + calagem	487,50 cd	124,25 c	63,75 b	675,50 c
ST-4-localizado + calagem	631,50 b	172,50 b	82,75 a	886,75 b
ST-1-incorporado + calagem	438,25 d	92,50 d	53,25 bc	584,00 d
ST-2-incorporado + calagem	548,75 c	118,75 cd	67,50 b	735,00 c
ST-4-incorporado + calagem	877,75 a	235,00 a	67,50 b	1180,25 a
FG-1-localizado + calagem	8,50 h	13,50 fghi	8,50 de	30,50 hi
FG-2-localizado + calagem	13,75 h	31,25 efg	12,75 de	57,75 hi
FG-4-localizado + calagem	25,00 h	33,25 ef	15,00 d	73,25 h
FG-1-incorporado + calagem	6,50 h	13,75 fghi	7,75 de	28,00 hi
FG-2-incorporado + calagem	6,00 h	10,50 fghi	11,25 de	27,75 hi
FG-4-incorporado + calagem	4,75 h	10,00 fghi	10,75 de	25,50 hi
F	317,30**	120,77**	95,42**	826,94**
CV	14,79%	22,72%	29,10%	9,01%
dms	75,00	30,80	14,59	62,42

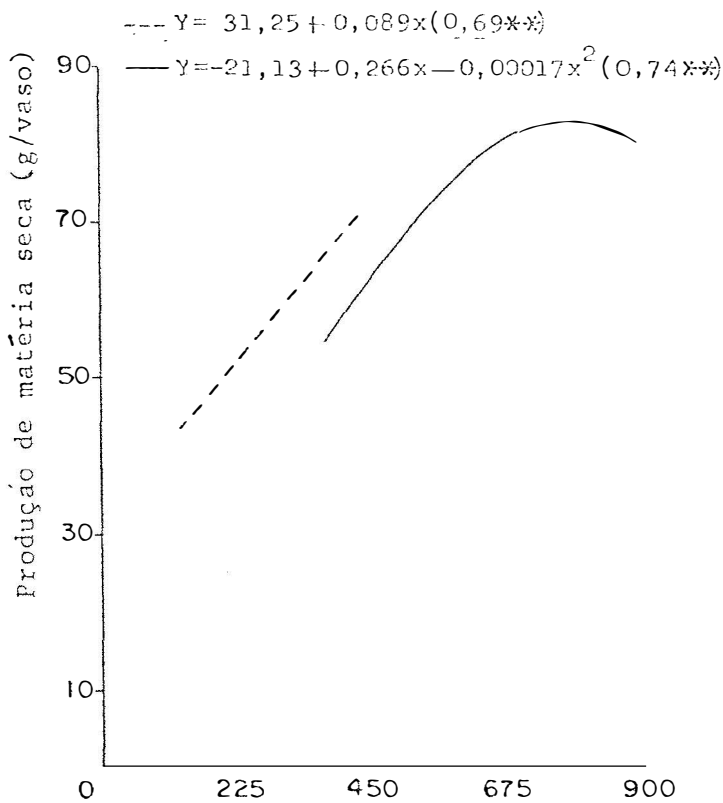
Fosfato de Catalão



Fosfato de Catalão



Superfosfato triplo



Superfosfato triplo

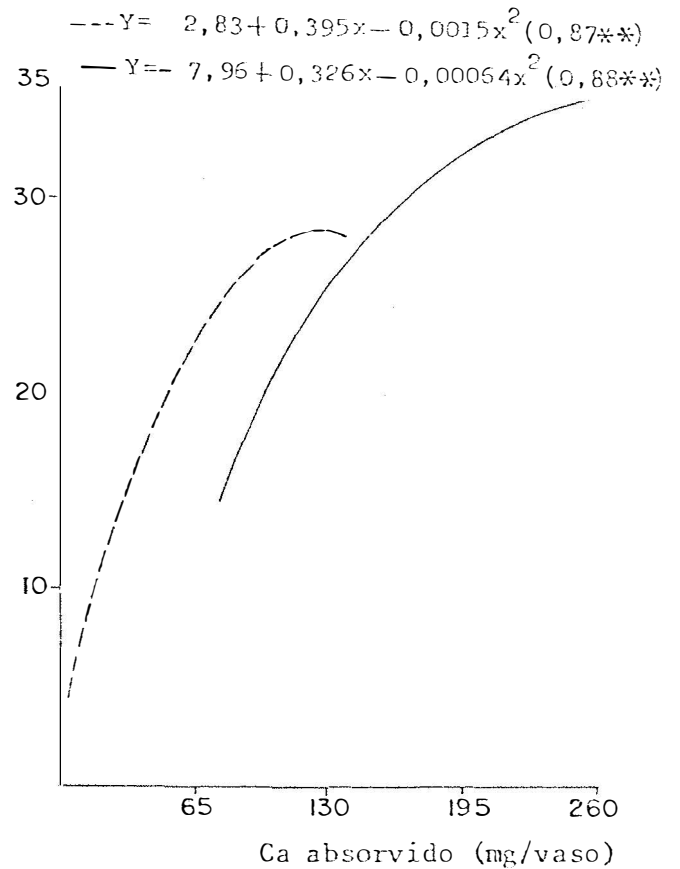


Figura 17 - Produção de matéria seca em função das quantidades de Ca absorvido pelo sorgo sacarino no 1º cultivo no solo de Botucatu.

Figura 20 - Produção de matéria seca em função das quantidades de Ca absorvido pelo sorgo sacarino no 2º cultivo no solo de Botucatu.

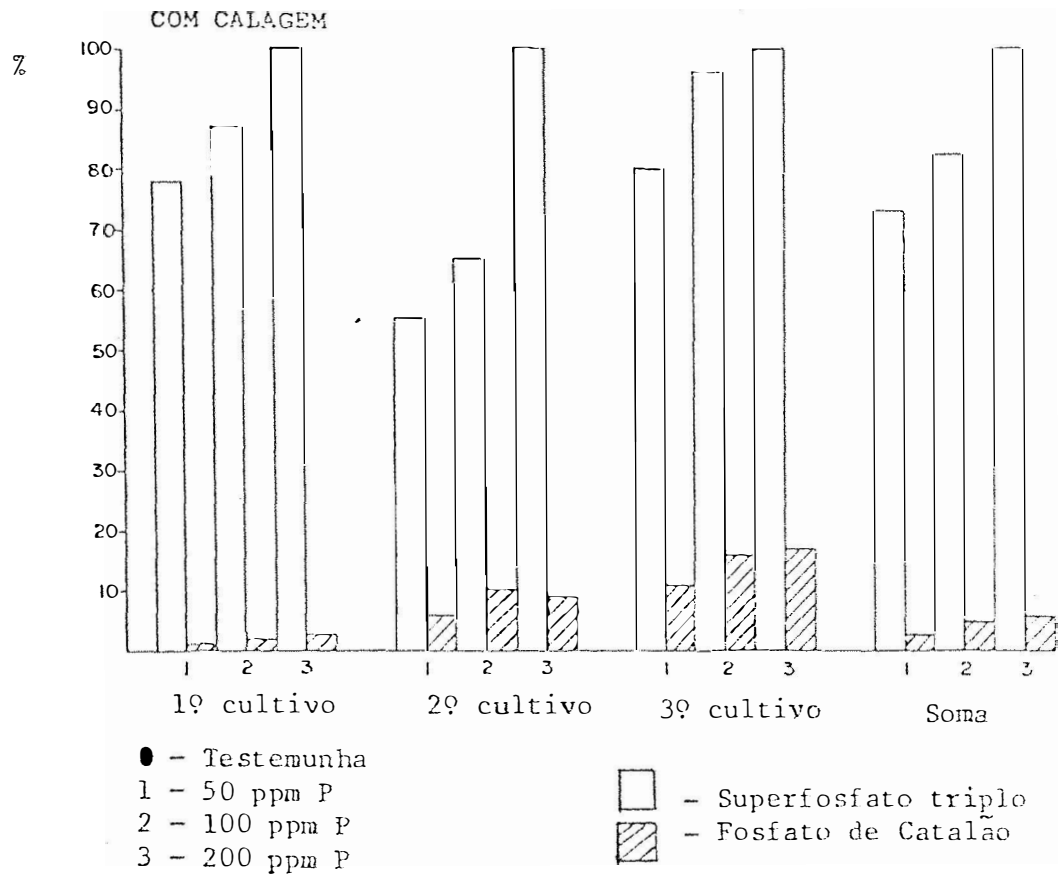
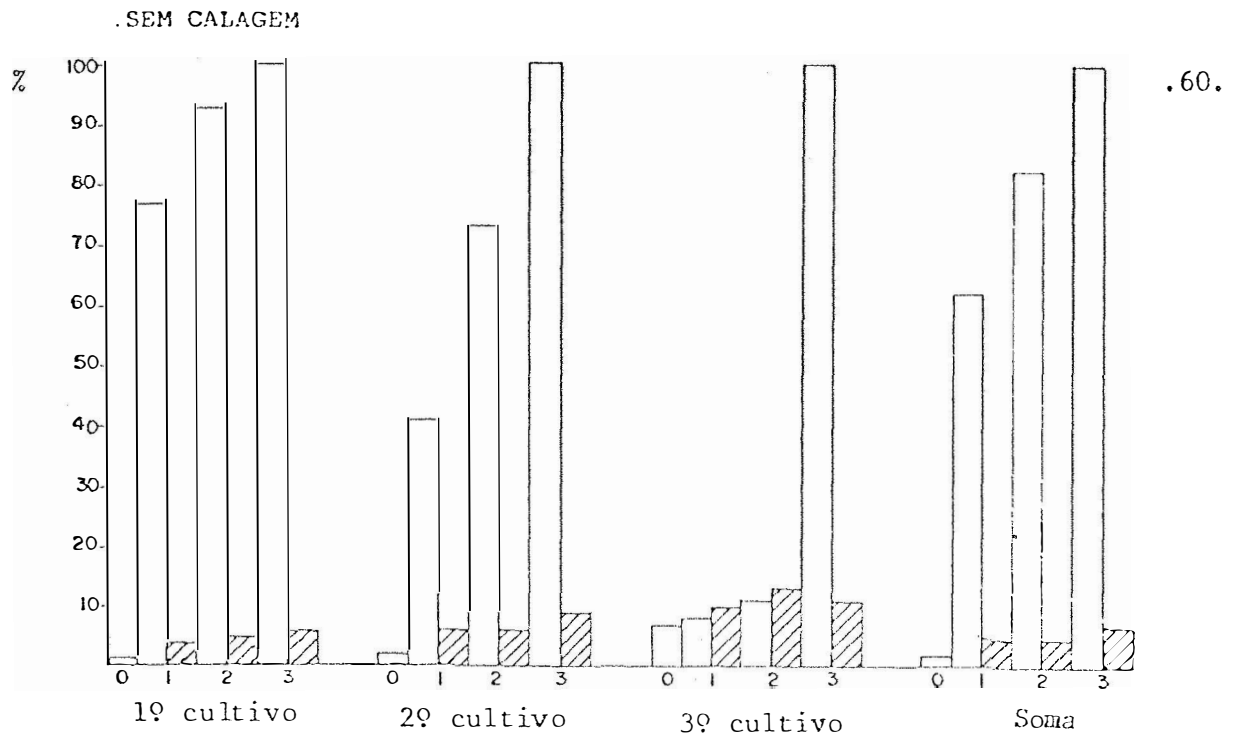


Figura 18 - Eficiência relativa dos tratamentos empregados no solo de Botucatu. ( considerou-se a produção de matéria seca obtida com superfosfato triplo na dose de 200 ppm como valor 100 ).

Tabela 18. Teores de P (ppm) encontrados no solo Botucatu. Médias de 2 repetições.

Tratamentos	P no solo (ppm)	
	Após 1ª cultivo	Após 2ª cultivo
Testemunha	1,0 i	1,5 g
NKS Mg + Micronutrientes	1,5 i	1,5 g
ST-1-localizado	19,0 g	19,5 bcdef
ST-2-localizado	37,0 d	23,0 bcde
ST-4-localizado	69,0 a	25,5 bc
ST-1-incorporado	18,5 g	26,0 bc
ST-2-incorporado	34,5 de	24,0 bcd
ST-4-incorporado	52,0 c	47,5 a
FG-1-localizado	4,0 hi	7,0 efg
FG-2-localizado	6,0 hi	5,5 fg
FG-4-localizado	5,0 hi	6,0 fg
FG-1-incorporado	4,0 hi	5,0 fg
FG-2-incorporado	6,5 hi	8,0 dfg
FG-4-incorporado	6,5 hi	4,0 fg
ST-1-localizado + calagem	15,0 g	16,5 bcdefg
ST-2-localizado + calagem	27,5 f	12,5 cdefg
ST-4-localizado + calagem	62,0 b	30,0 b
ST-1-incorporado + calagem	15,0 g	20,0 bcdef
ST-2-incorporado + calagem	33,0 def	28,0 bc
ST-4-incorporado + calagem	30,0 ef	27,5 bc
FG-1-localizado + calagem	5,0 hi	5,0 fg
FG-2-localizado + calagem	7,0 hi	6,0 fg
FG-4-localizado + calagem	8,5 h	8,0 defg
FG-1-incorporado + calagem	8,5 h	8,5 defg
FG-2-incorporado + calagem	8,0 h	8,5 defg
FG-4-incorporado + calagem	8,5 h	8,0 defg
F	280,66**	27,23**
CV	8,0%	25,87%
dms	6,5	16,67

Tabela 19. Teores de Ca (emg/100 g) encontrados no solo Botucatu. Média de 2 repetições.

Tratamentos	Ca no solo (emg/100)	
	Após 1º cultivo	Após 2º cultivo
Testemunha	0,61 b	0,56 g
NKS Mg + Micronutrientes	0,79 b	0,54 g
ST-1-localizado	0,74 b	0,63 g
ST-2-localizado	0,90 b	0,80 g
ST-4-localizado	1,01 b	0,90 g
ST-1-incorporado	1,12 b	0,59 g
ST-2-incorporado	1,13 b	0,87 g
ST-4-incorporado	1,17 b	1,14 g
FG-1-localizado	1,41 b	0,74 g
FG-2-localizado	1,28 b	0,74 g
FG-4-localizado	1,09 b	0,65 g
FG-1-incorporado	1,39 b	0,59 g
FG-2-incorporado	1,35 b	0,63 g
FG-4-incorporado	1,15 b	0,73 g
ST-1-localizado + calagem	2,92 a	2,30 f
ST-2-localizado + calagem	3,45 a	2,89 def
ST-4-localizado + calagem	3,27 a	3,16 bcde
ST-1-incorporado + calagem	3,13 a	3,47 abcd
ST-2-incorporado + calagem	3,09 a	2,57 ef
ST-4-incorporado + calagem	3,51 a	2,95 cf
FG-1-localizado + calagem	2,79 a	3,68 ab
FG-2-localizado + calagem	2,78 a	3,59 abc
FG-4-localizado + calagem	2,77 a	3,74 ab
FG-1-incorporado + calagem	3,13 a	3,98 a
FG-2-incorporado + calagem	3,65 a	3,98 a
FG-4-incorporado + calagem	3,15 a	3,66 ab
F	21,83**	145,30**
CV	15,9%	8,4%
dms	1,33	0,66

sem calagem.

#### 4.2.2. Segundo cultivo

As produções de matéria seca (Tabela 9) mostraram que o fosfato de Catalão produziu tanto quanto a testemunha e o superfosfato na dose de 50 ppm, localizado, sem calagem. As maiores produções foram obtidas com superfosfato na presença da calagem. Quando não se fez a calagem, o superfosfato começou a mostrar sinais de esgotamento nas doses mais baixas. Estas menores produções podem ser devidas à fixação de P pelo solo e à carência de Ca, como nutriente. As correlações entre doses de P e produção encontram-se na Figura 19.

Na Tabela 15 está o cálculo da equivalência. Um aumento na dose de P empregada determinou uma diminuição na relação.

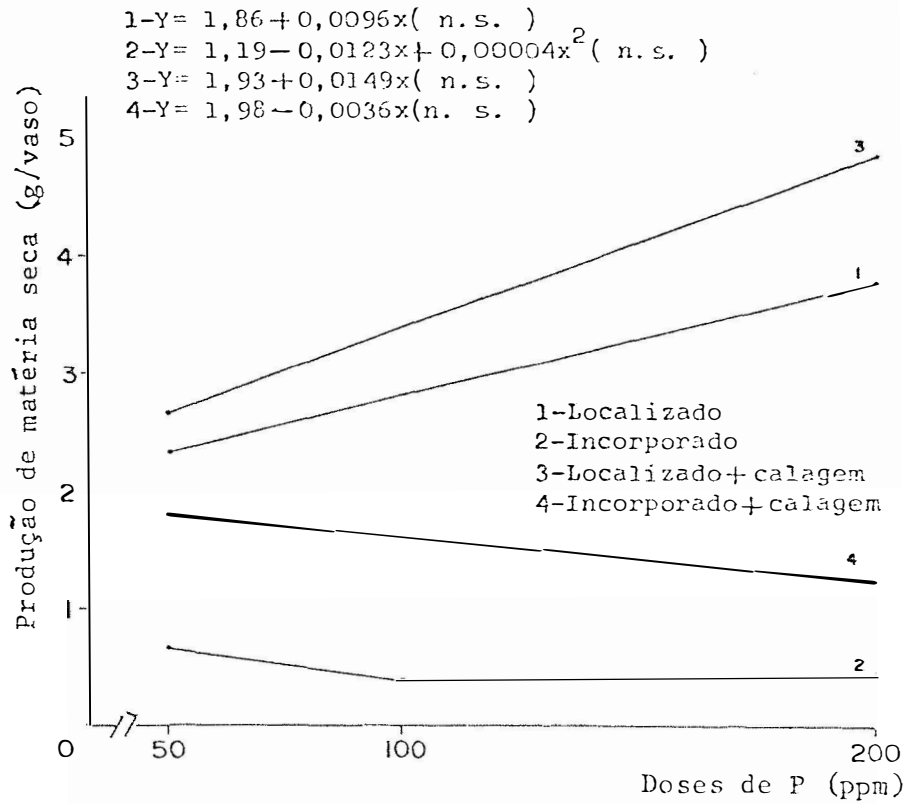
O P absorvido pelas plantas acompanhou o comportamento da produção (Tabela 10). As correlações de doses de P aplicadas e P absorvido foram positivas e encontram-se na Figura 16. Na Figura 15 estão as correlações de P absorvido com produção de matéria seca que foram positivas e lineares.

Na Tabela 11 estão as quantidades de Ca absorvido. A absorção de Ca nos tratamentos com fosfato de Catalão não diferiu da testemunha; excessão feita às duas maiores doses do tratamento localizado com calagem. As correlações de Ca absorvido com a produção mostram que a maior quantidade de Ca absorvido no tratamento com fosfato natural, quando se fez a calagem, não correspondeu a um aumento na produção, quando comparado



Fosfato de Catalão

.64.



Superfosfato triplo

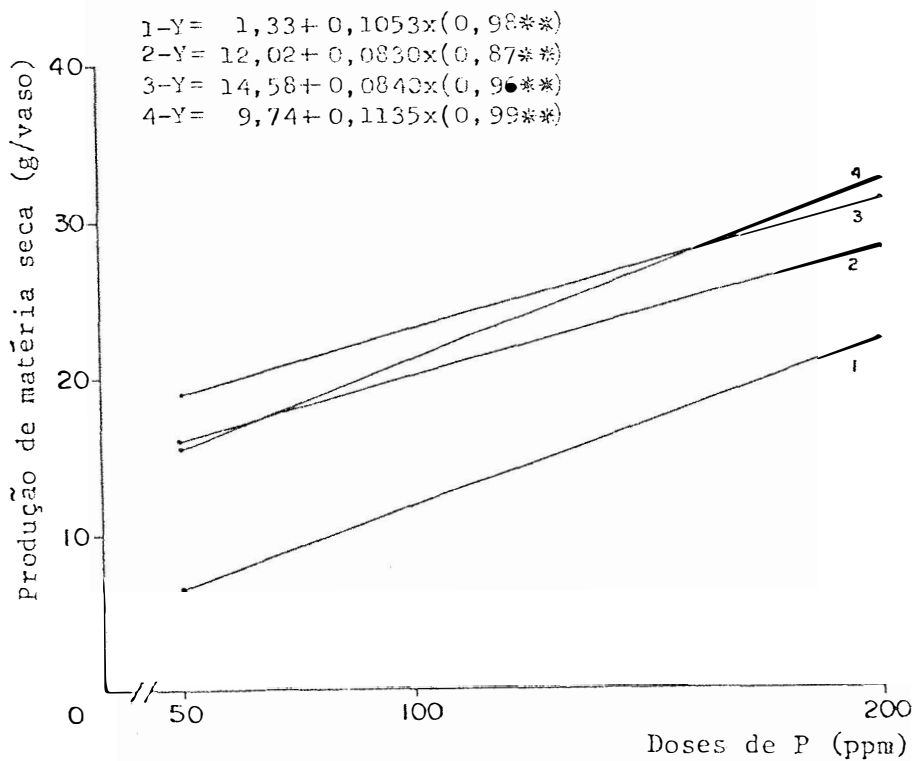


Figura 19 - Efeito das doses de P empregadas sobre a produção de matéria seca do sorgo sacarino no 2º cultivo no solo de Botucatu.

com o tratamento sem calagem que absorveu menos Ca (Figura 20). Para o superfosfato tanto nos tratamentos com calagem como nos sem calagem, as curvas foram de 2º grau indicando que outro fator que não o Ca foi o responsável pela limitação da produção.

Na Figura 18 estão representadas as eficiências relativas encontradas. Tanto nos tratamentos sem calagem como naqueles que receberam calagem a eficiência relativa do fosfato de Catalão aumentou em relação ao 1º cultivo. As eficiências relativas encontradas para os tratamentos sem calagem e com calagem praticamente se equivaleram.

Os teores de P encontrados no solo após o 2º cultivo encontram-se na Tabela 18. Todos os tratamentos com fosfato de Catalão não diferiram da testemunha e os maiores teores encontrados foram nos tratamentos com supertriplo sem calagem.

Na Tabela 19, estão os teores de Ca no solo encontrados após o 2º cultivo. Todos os tratamentos que não receberam calagem não diferiram entre si. Nos tratamentos com calagem, os solos com fosfato Catalão mostraram um pequeno aumento no teor de cálcio em relação a análise do cultivo anterior, que pode ser interpretado como um aumento na solubilização, o que fatalmente levaria a um aumento na concentração de Ca no solo.

#### 4.2.3. Terceiro cultivo

A Tabela 9 traz os dados de produção de matéria seca no 3º cultivo. Nos tratamentos sem calagem, somente aqueles com supertriplo na dose máxima foram diferentes da testemunha. Por outro lado, nos tratamen-

tos com calagem, as produções obtidas diferiram da testemunha, evidenciando mais uma vez o efeito benéfico da calagem quer como fornecedora de Ca para as plantas, quer aumentando a disponibilidade de P. Mesmo quando se fez a calagem os tratamentos com fosfato de Catalão não diferiram da testemunha. As correlações entre doses de P e a produção estão na Figura 21.

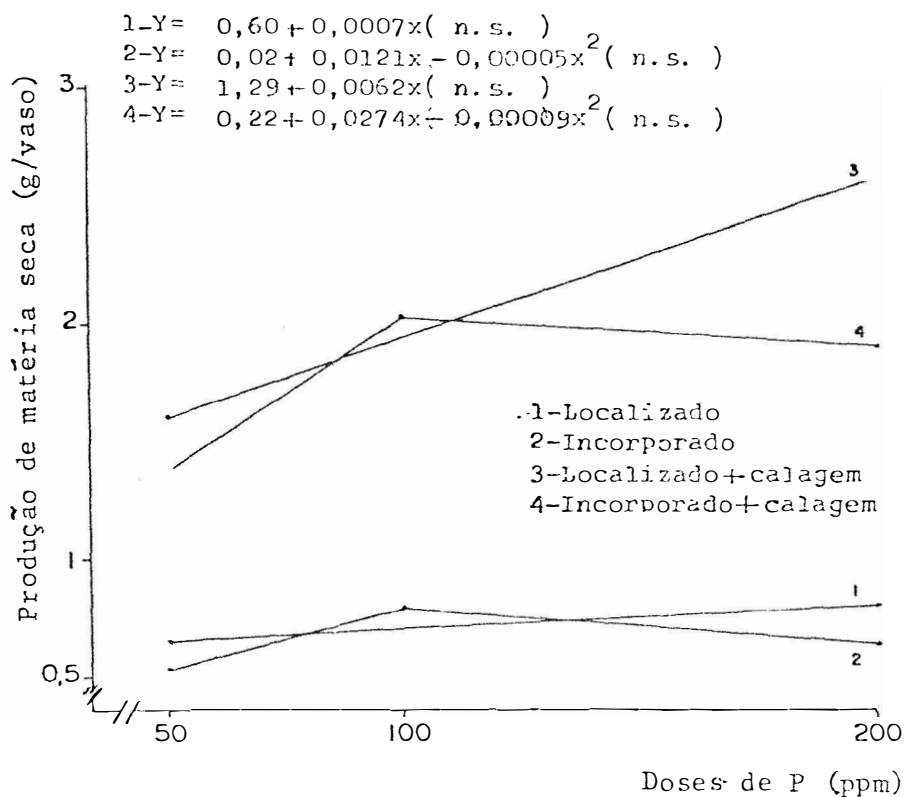
A equivalência do  $P_2O_5$  do fosfato de Catalão e do  $P_2O_5$  do supertriplo (Tabela 15) mostra que nos tratamentos sem calagem ocorre uma diminuição na relação com o aumento da dose de P, sendo sempre maior do que no cultivo anterior. Para os tratamentos com calagem houve um pequeno estreitamento na relação que foi também superior ao cultivo anterior.

A análise de variância do P absorvido pelas plantas acompanhou a produção de matéria seca (Tabela 10). As quantidades de P absorvido em função das doses de P aplicadas estão representadas na Figura 16. As correlações obtidas entre P absorvido e produção de matéria seca podem ser visualizadas na Figura 15.

Para a quantidade de Ca absorvido (Tabela 11) em todos os tratamentos sem calagem não houve diferença com a testemunha. Quando foi feita a calagem, o único tratamento com fosfato de Catalão diferente da testemunha foi aquele com dose máxima de P localizado. As correlações entre Ca absorvido e produção podem ser vistas na Figura 22.

A eficiência relativa (Figura 18) manteve-se praticamente constante para o fosfato de Catalão nos tratamentos sem calagem. Quando se fez a calagem a eficiência relativa mostrou um pequeno aumento com o aumento das doses de P. Em ambos os casos foi maior do que no cultivo anterior.

Fosfato de Catalão



Superfosfato triplo

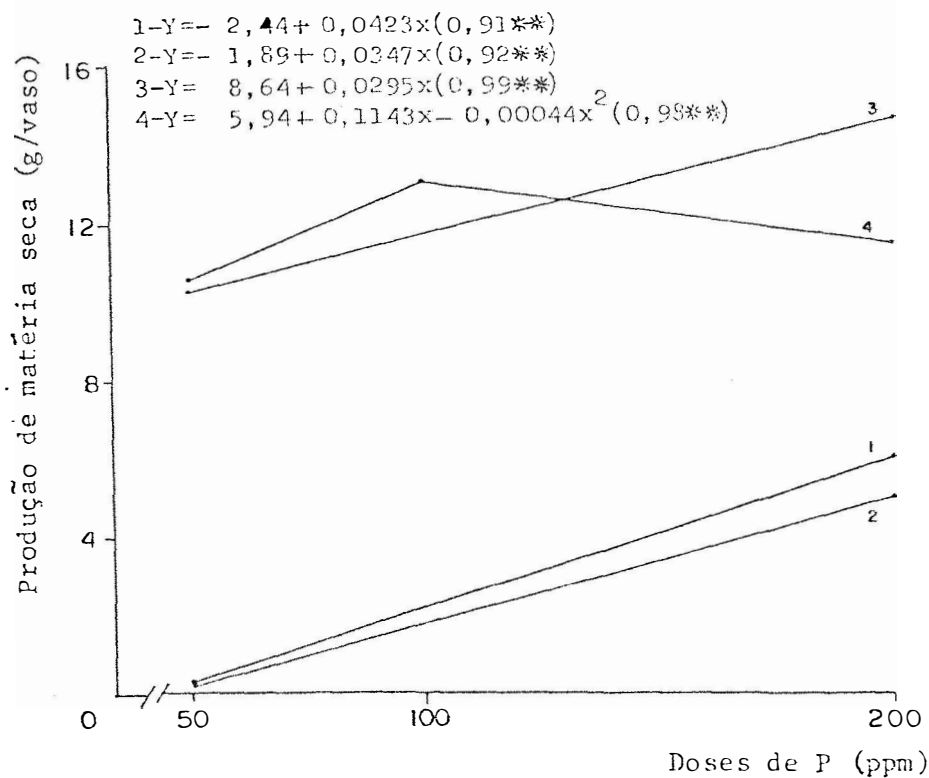


Figura 21 - Efeito das doses de P empregadas sobre a produção de matéria seca do sorgo sacarino no 3º cultivo no solo de Botucatu.

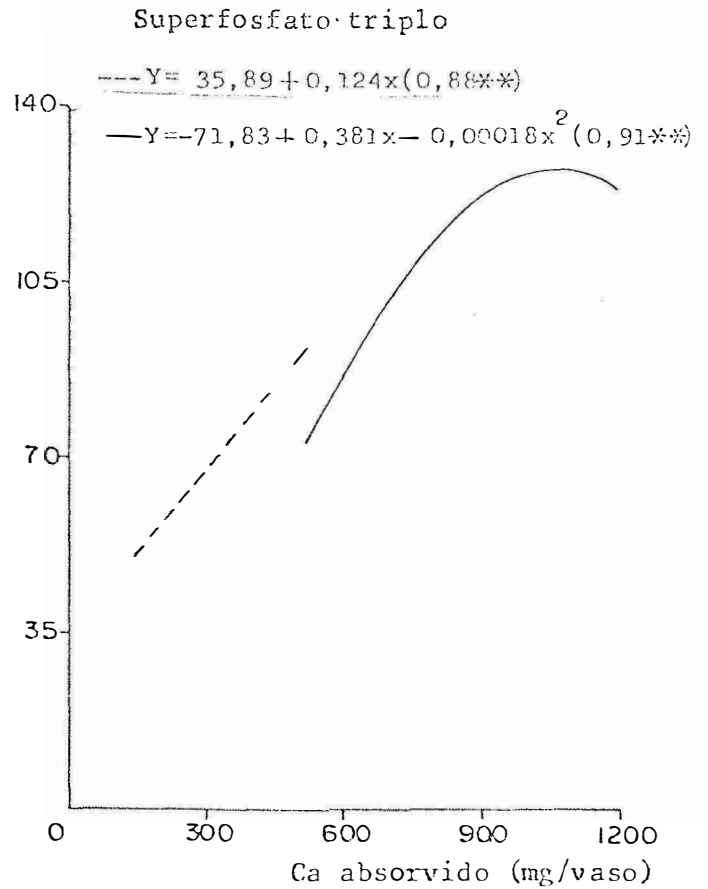
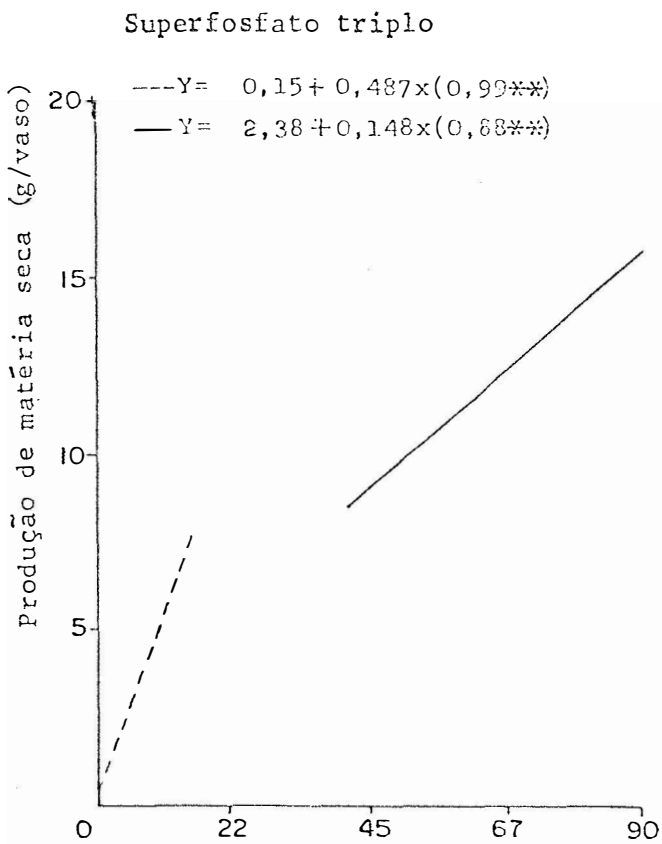
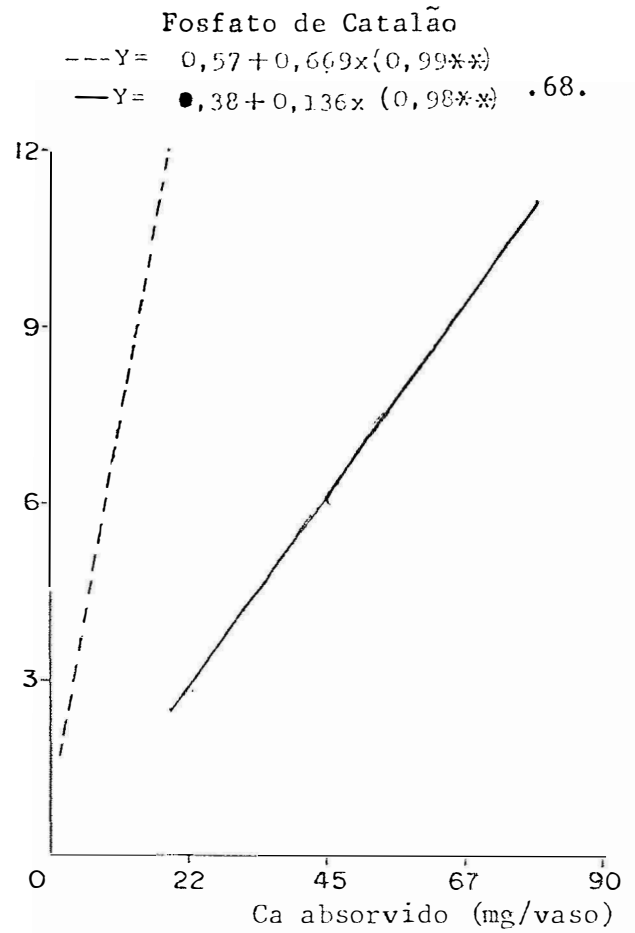
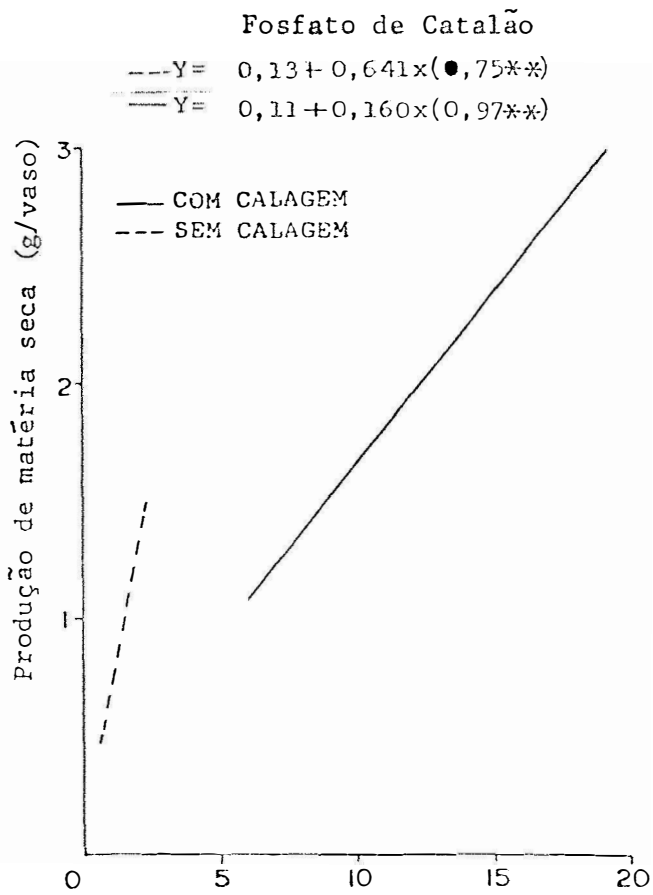


Figura 22 - Produção de matéria seca em função das quantidades de Ca absorvido pelo sorgo sacarino no 3º cultivo no solo de Botucatu.

Figura 24 - Produção de matéria seca em função das quantidades totais de Ca absorvido pelo sorgo sacarino nos 3º cultivos no solo de Botu-

#### 4.2.4. Soma dos três cultivos

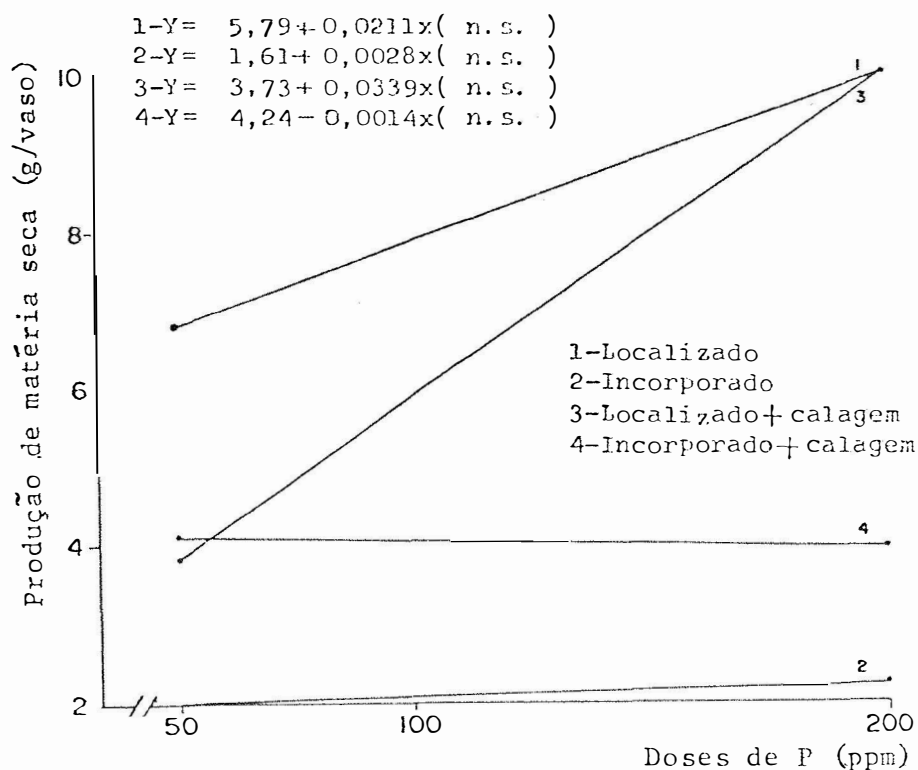
Analisando-se a produção total de matéria seca após os 3 cultivos (Tabela 9) encontra-se que o fosfato de Catalão não diferiu da testemunha. As maiores produções foram alcançadas com supertriplo como fonte de P e que recebeu calagem que mostrou efeito na disponibilidade de P e como fornecedora de Ca às plantas. Observa-se nitidamente o efeito das doses empregadas, cujas correlações com a produção podem ser vistas na Figura 23. Situação idêntica ocorre com o P absorvido, onde os tratamentos com fosfato de Catalão não diferiram da testemunha (Tabela 10) e a maior absorção ocorreu nos tratamentos com supertriplo que receberam a calagem. As correlações encontradas de doses de P com P absorvido são vistas na Figura 16. A produção de matéria seca em função do fósforo absorvido aumentou linearmente para os tratamentos com fosfato de Catalão. A correlação foi positiva e quadrática para o superfosfato triplo sem calagem, mostrando que outro fator que não o fósforo limitou a produção neste tratamento (Figura 15).

A equivalência do  $P_2O_5$  (Tabela 15) em função das doses permaneceu praticamente constante com o aumento das doses tanto para os tratamentos com e sem calagem. Ambos mostraram valores muito pequenos e próximos, evidenciando a baixa reatividade do fosfato de Catalão neste solo.

A Tabela 11 traz as quantidades de Ca absorvido ao longo dos 3 cultivos. Dos tratamentos com fosfato de Catalão somente aquele em que se utilizou a dose máxima localizada e com calagem diferiu da testemunha, não diferindo dos demais tratamentos que receberam calagem. Nos tratamentos onde se empregou superfosfato com calagem, a absorção de Ca foi

Fosfato de Catalão

.70.



Superfosfato triplo

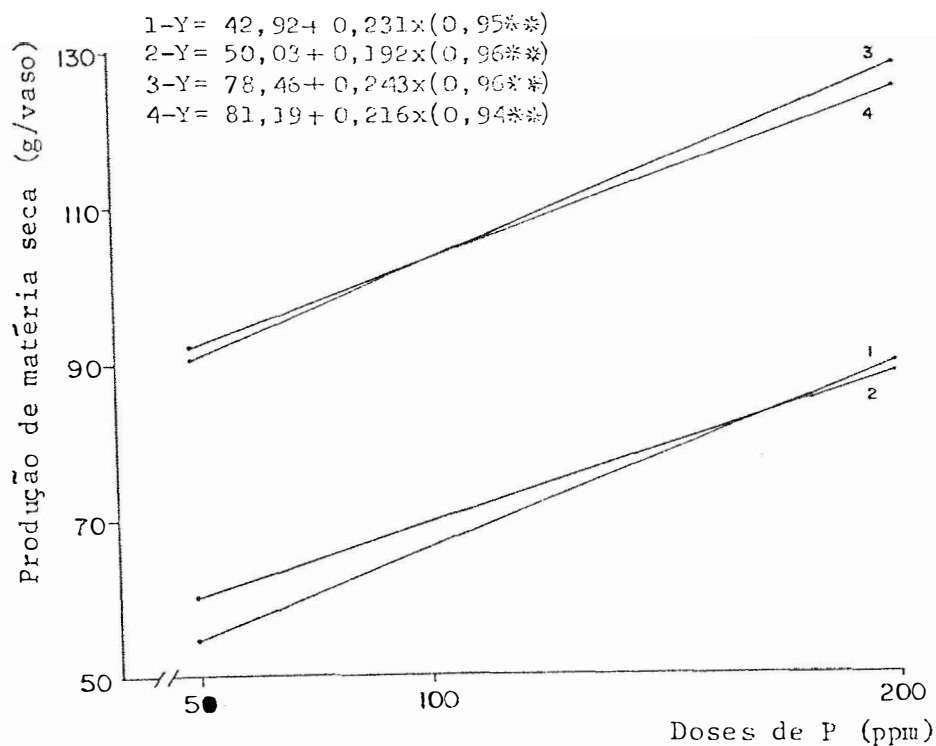


Figura 23 - Efeito das doses de P empregadas sobre a soma das produções de matéria seca obtidas nos 3 cultivos no solo de Botucatu.

sempre superior àqueles que não receberam calagem. Ocorreu uma nítida diferença entre doses de P aplicadas e Ca absorvido, que aumentou sempre com o aumento da dose, mostrando ter havido utilização pelas plantas do Ca contido no adubo.

As correlações entre Ca absorvido e produção de matéria seca estão representadas na Figura 24. Para o fosfato de Catalão com calagem a correlação foi positiva e quadrática mostrando que o cálcio não foi o fator limitante para a produção. Para o superfosfato triplo, a correlação foi positiva e linear para o tratamento sem calagem. Associando-se com o encontrado para a absorção de P (curva quadrática), pode-se concluir que o Ca limitou a produção nestes tratamentos.

A eficiência relativa alcançada no final dos 3 cultivos (Figura 18) para o fosfato de Catalão foi muito pequena. Estes dados concordam com os obtidos por VOLKWEISS (1979). Nos tratamentos com e sem calagem as eficiências relativas do fosfato de Catalão se equivaleram.

### 4.3. Solo Catalão

#### 4.3.1. Primeiro cultivo

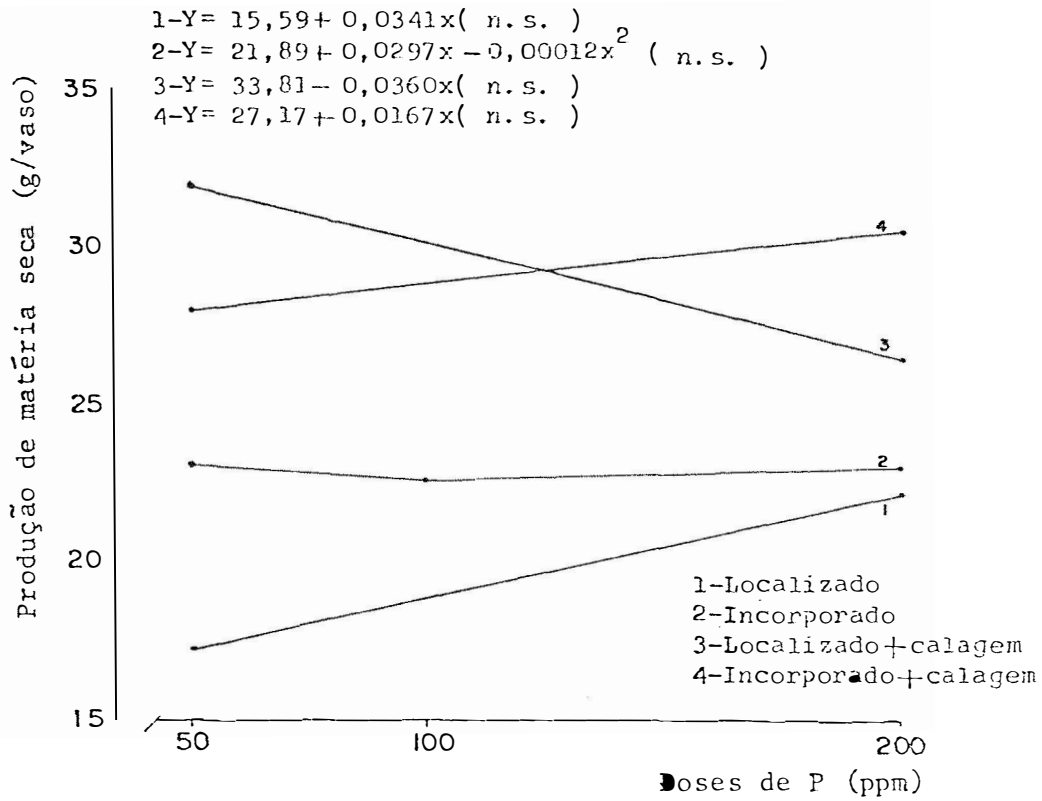
Na Tabela 12 estão as produções de matéria seca encontradas no 1º cultivo. Os tratamentos com superfosfato triplo foram os que proporcionaram as maiores produções, sendo que a calagem não mostrou efeito para estes tratamentos. As produções alcançadas com diferentes doses de fosfato de Catalão não diferiram entre si (Figura 25). Não se observou, tam-



Tabela 12. 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	3,23 i	0,35 g	0,24 h	3,81 g
NKS Mg + Micro nutrientes	12,97 hi	0,51 g	0,24 h	13,72 fg
ST-1-localizado	47,78 def	1,82 g	0,46 h	50,05 e
ST-2-localizado	60,69 bcd	5,12 g	0,43 h	66,24 de
ST-4-localizado	75,44 ab	24,09 cde	5,10 fg	104,63 c
ST-1-incorporado	48,82 de	15,27 f	0,51 h	64,59 d
ST-2-incorporado	56,15 cd	16,57 ef	0,59 h	73,31 d
ST-4-incorporado	63,75 abcd	26,60 bcd	4,32 gh	94,67 c
FG-1-localizado	15,60 ghi	0,44 g	0,58 h	16,61 fg
FG-2-localizado	21,56 ghi	1,12 g	0,37 h	23,05 fg
FG-4-localizado	21,62 ghi	1,25 g	0,54 h	23,41 fg
FG-1-incorporado	23,08 gh	1,41 g	0,52 h	25,01 f
FG-2-incorporado	22,51 gh	2,89 g	0,44 h	25,83 f
FG-4-incorporado	22,93 gh	1,80 g	0,48 h	25,21 f
ST-1-localizado + calagem	64,78 abcd	29,05 abcd	12,89 abc	106,71 bc
ST-2-localizado + calagem	60,79 bcd	31,27 abc	13,10 abc	105,16 c
ST-4-localizado + calagem	76,97 ab	35,52 a	16,42 a	128,91 a
ST-1-incorporado + calagem	54,51 cd	30,19 abcd	12,12 abcd	96,82 c
ST-2-incorporado + calagem	71,48 abc	28,31 abcd	13,91 ab	113,69 abc
ST-4-incorporado + calagem	81,17 a	32,79 ab	11,13 bcde	125,09 ab
FG-1-localizado + calagem	30,11 fgh	22,21 def	7,35 efg	59,66 de
FG-2-localizado + calagem	33,07 efg	22,13 def	5,42 fg	60,61 de
FG-4-localizado + calagem	25,65 gh	24,12 cde	9,29 cdef	59,15 de
FG-1-incorporado + calagem	28,64 gh	25,32 bcd	5,52 fg	59,48 de
FG-2-incorporado + calagem	27,89 gh	24,69 bcde	5,95 fg	58,53 de
FG-4-incorporado + calagem	30,83 efgh	26,92 bcd	8,04 defg	65,79 de
<b>F</b>	43,01**	69,79**	40,33**	101,13**
<b>CV</b>	16,60%	18,42%	32,05%	11,59%
<b>dms</b>	18,52	8,28	4,49	19,91

Fosfato de Catalão



.73.

Superfosfato triplo

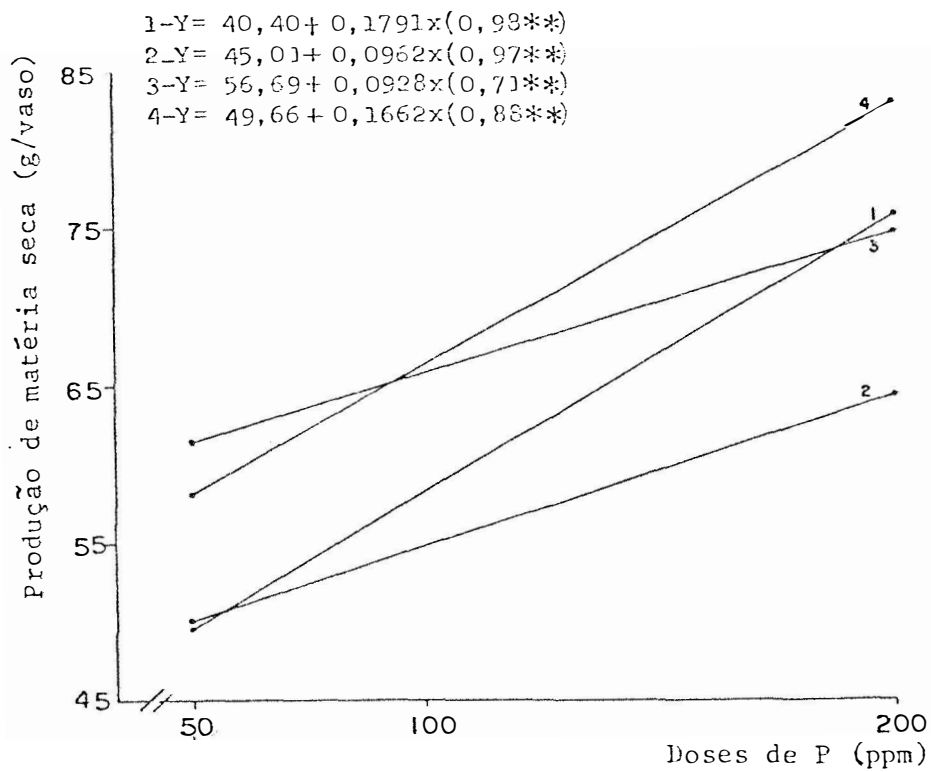


Figura 25 - Efeito das doses de P empregadas sobre a produção de matéria seca do sorgo sacarino no 1º cultivo no solo de Catalão.

bém, 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).

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

O cálculo da equivalência do  $P_2O_5$  dado na Tabela 15 mostra que nos tratamentos que receberam calagem a relação foi um pouco mais estreita do que a encontrada para tratamentos sem calagem. Com o aumento das doses houve decréscimo no valor da relação para ambos os casos.

A respeito do P absorvido (Tabela 13), 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 a limitação na produção dos tratamentos sem calagem.

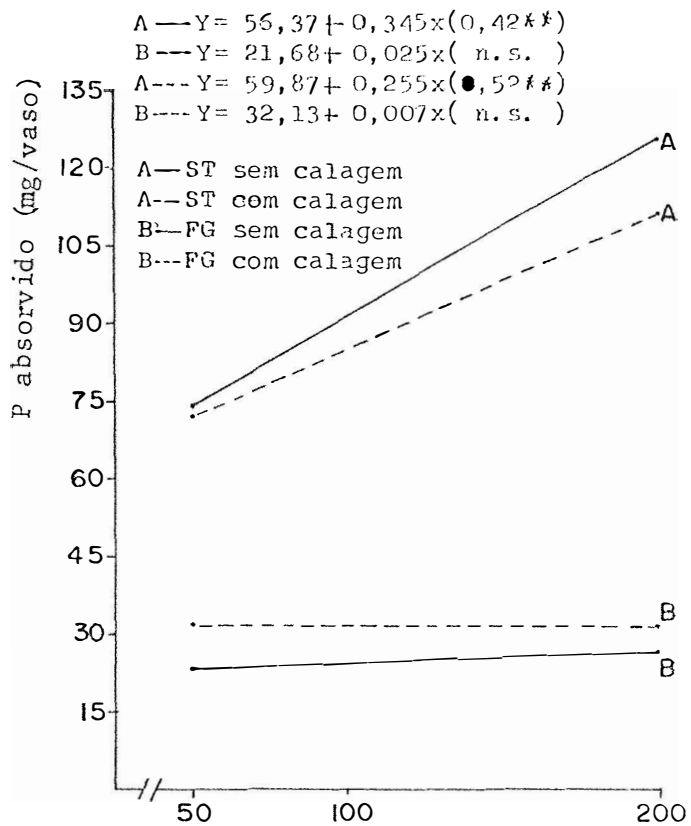
As correlações do P absorvido em função das doses de P em empregadas estão representadas na Figura 26. As correlações encontradas entre P absorvido e produção estão na Figura 27.

As quantidades de Ca absorvido aparecem na Tabela 14. As quantidades absorvidas nos tratamentos com supertriplo, sem calagem, na do se mais baixa não diferiram da testemunha. O mesmo foi verificado nos trata

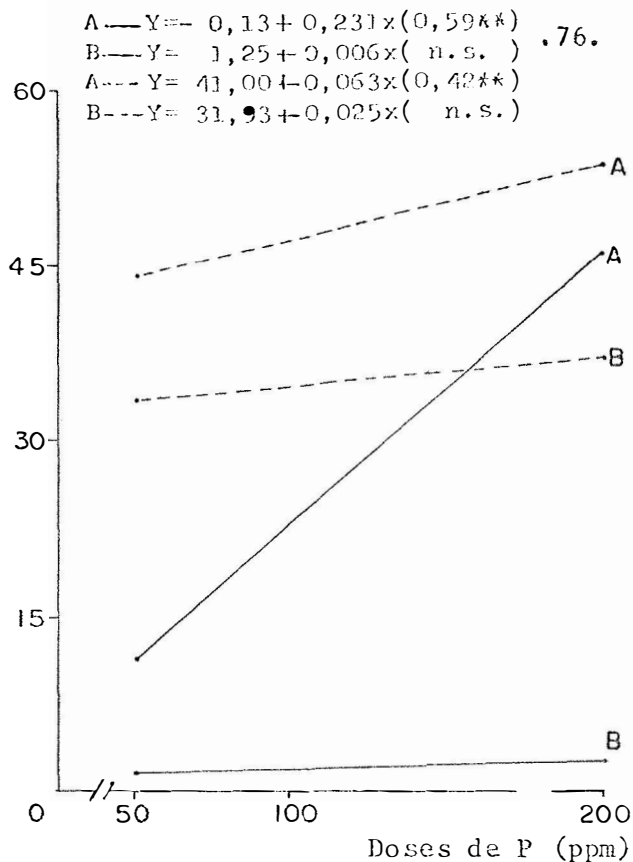
Tabela 13. Efeito dos tratamentos sobre a quantidade de P absorvido pelo sorgo sacarino (mg/vaso). Médias de 4 repetições. Solo Catalão.

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

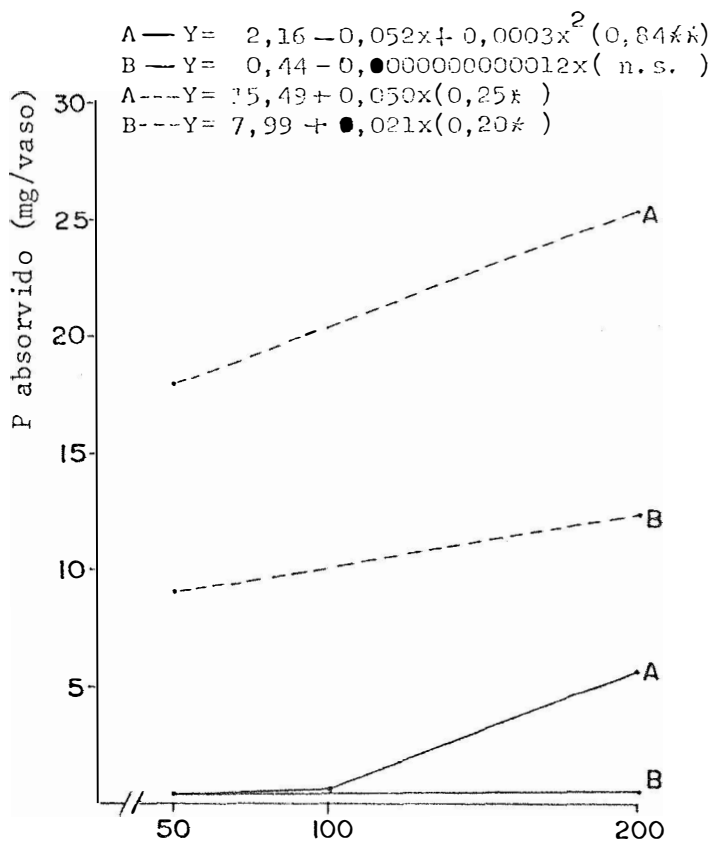
1º cultivo



2º cultivo



3º cultivo



Soma dos 3. cultivos

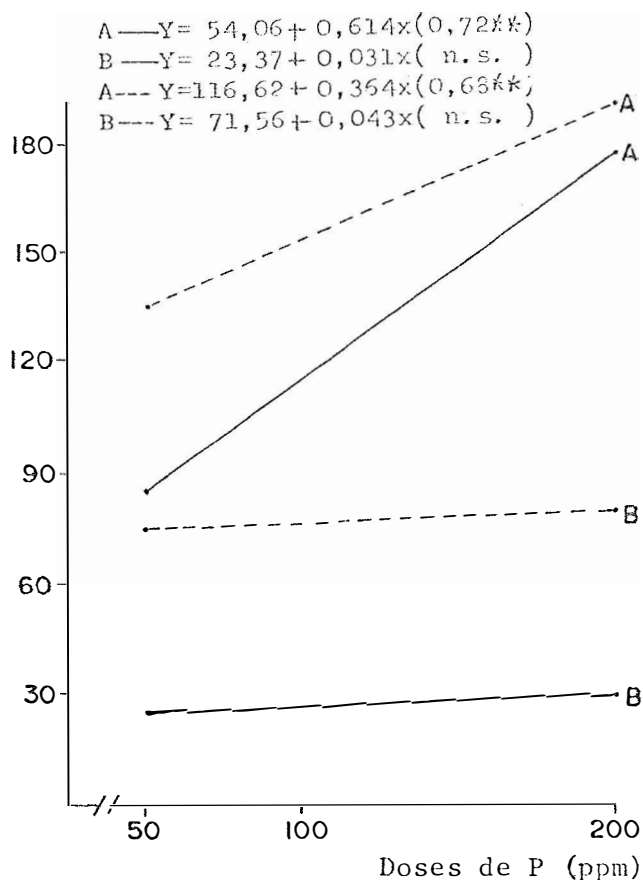
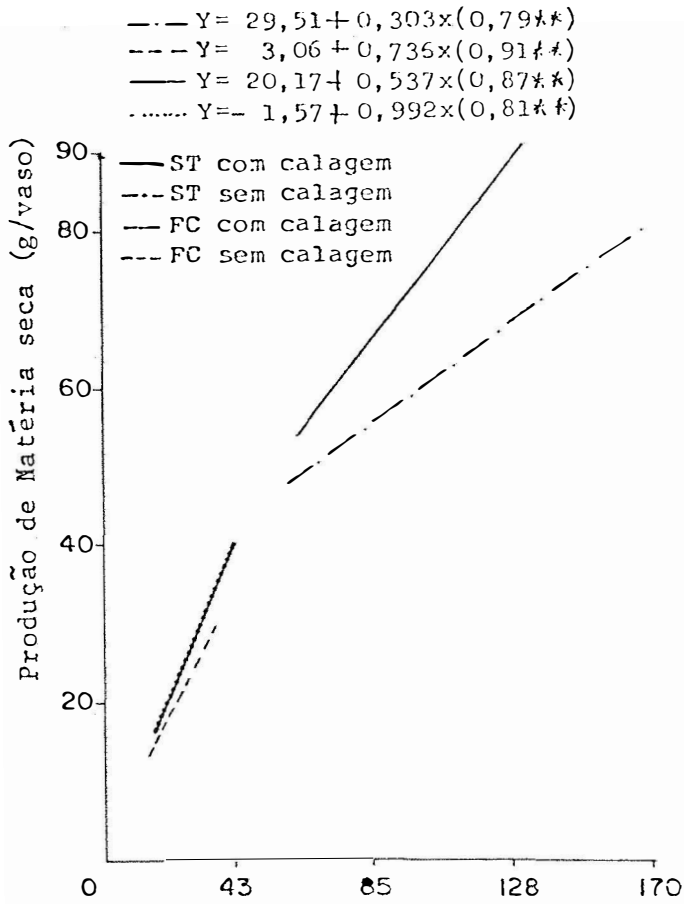
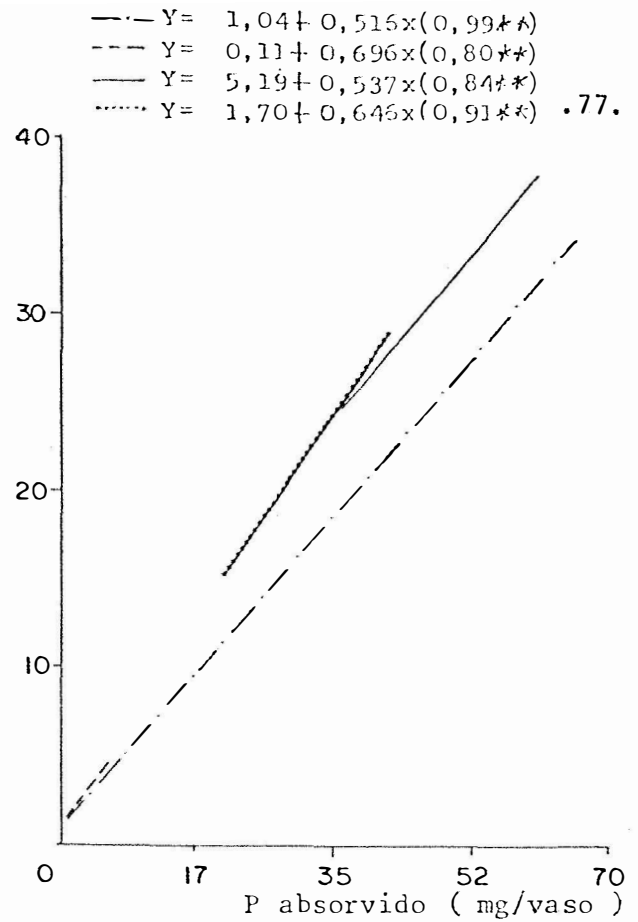


Figura 26 - Efeito das doses de P empregadas sobre a absorção de P pelas plantas no solo de Catalão.

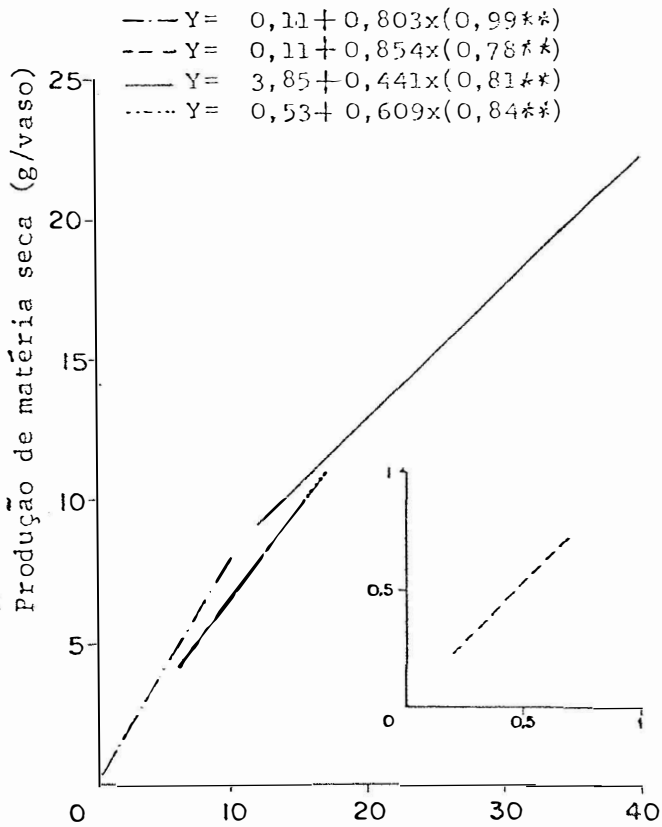
1º cultivo



2º cultivo



3º cultivo



Soma dos 3 cultivos

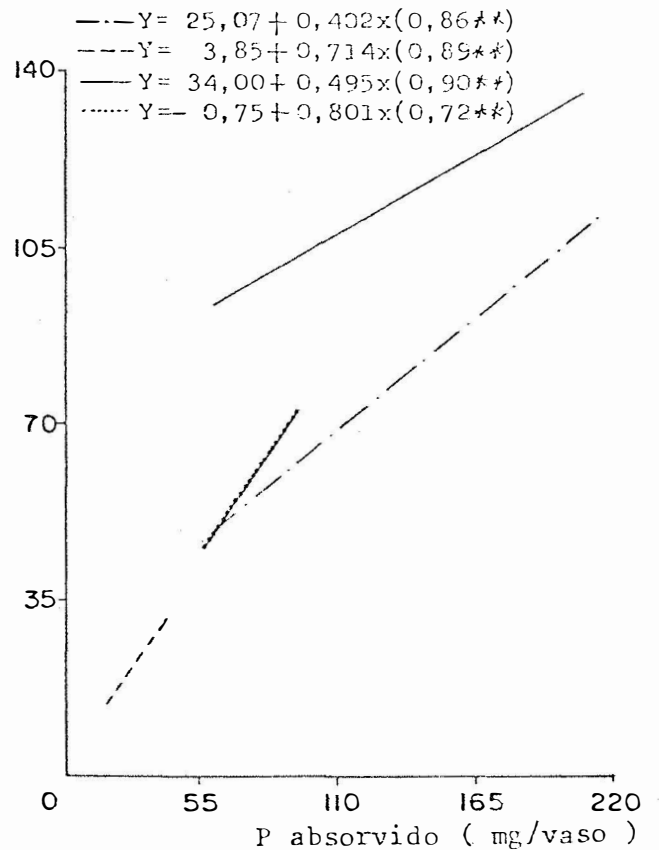


Figura 27 - Produção de matéria seca do sorgo sacarino em função das quantidades de P absorvido pelas plantas no solo de Catalão.

Tabela 14. Efeito dos tratamentos na quantidade de Ca absorvido pelo sorgo sacarino (mg/vaso). Médias de 4 repetições. Solo Catalão.

Tratamentos	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo	Soma dos três cultivos
Testemunha	7,25 i	0,10 g	0,05 f	7,40 i
NKS Mg + Micro nutrientes	19,50 i	0,07 g	0,03 f	19,61 hi
ST-1-localizado	89,50 ghi	2,48 g	0,35 f	92,33 fghi
ST-2-localizado	135,00 fgh	20,50 g	0,33 f	155,83 fg
ST-4-localizado	235,25 ef	77,00 f	5,03 f	317,28 c
ST-1-incorporado	99,75 ghi	32,75 g	0,48 f	132,98 fgh
ST-2-incorporado	133,75 fgh	31,25 g	0,38 f	165,38 f
ST-4-incorporado	218,50 ef	79,75 f	5,58 f	303,83 e
FG-1-localizado	25,25 i	0,38 g	0,58 f	26,20 hi
FG-2-localizado	32,25 hi	0,80 g	0,33 f	33,38 hi
FG-4-localizado	28,00 i	2,33 g	0,55 f	30,90 hi
FG-1-incorporado	43,75 hi	1,33 g	0,53 f	45,60 ghi
FG-2-incorporado	48,75 hi	3,60 g	0,28 f	52,63 fghi
FG-4-incorporado	62,25 hi	4,15 g	0,58 f	66,98 fghi
ST-1-localizado + calagem	410,25 bc	162,75 bcd	56,25 bc	629,25 bc
ST-2-localizado + calagem	360,25 cd	182,50 abc	55,50 bcd	598,25 c
ST-4-localizado + calagem	538,25 a	209,50 a	80,75 a	828,50 a
ST-1-incorporado + calagem	367,25 cd	202,50 ab	53,25 bcd	623,00 bc
ST-2-incorporado + calagem	390,25 c	180,25 abc	61,25 b	726,75 ab
ST-4-incorporado + calagem	505,25 ab	221,00 a	54,00 bcd	780,25 a
FG-1-localizado + calagem	180,25 efg	111,00 ef	36,25 de	327,50 de
FG-2-localizado + calagem	275,25 de	116,25 ef	25,50 e	417,00 de
FG-4-localizado + calagem	210,25 ef	126,25 de	42,25 bcde	378,75 de
FG-1-incorporado + calagem	221,50 ef	127,00 de	25,50 e	374,00 de
FG-2-incorporado + calagem	243,50 e	143,75 cde	38,75 e	391,00 de
FG-4-incorporado + calagem	248,75 e	145,50 cde	41,50 cde	435,75 e
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

tamentos em que se empregou o fosfato de Catalão sem calagem. Nos tratamentos com supertriplo com calagem 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.

As correlações entre o Ca absorvido e a produção foram positivas e lineares e estão ilustradas na Figura 28.

A eficiência relativa observada para os tratamentos com fosfato de Catalão sem calagem (Figura 29) 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 20. 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 nos tratamentos testemunha, que são bem mais elevados do que nos outros solos estudados, mostrando que, em termos de P este solo apresenta uma melhor fertilidade 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



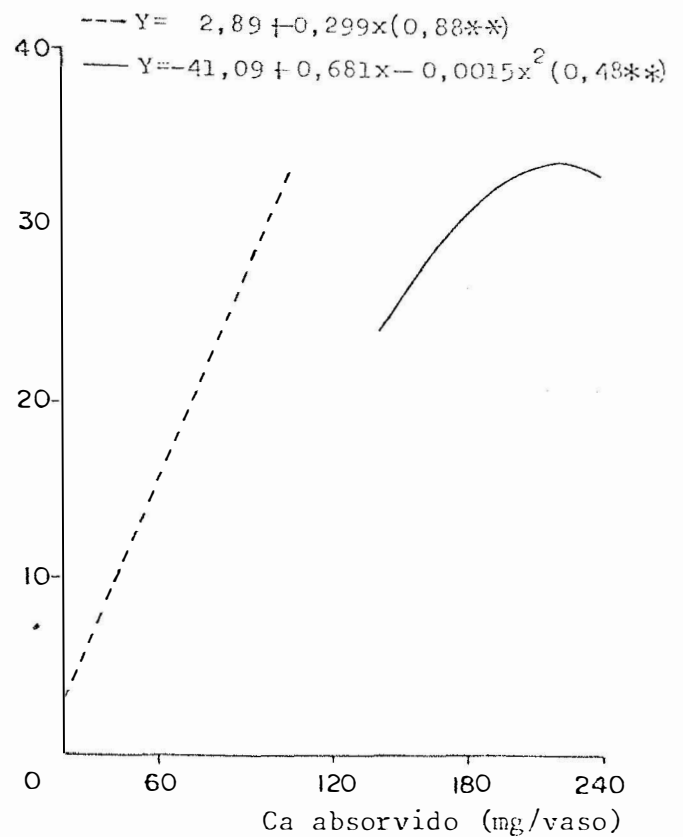
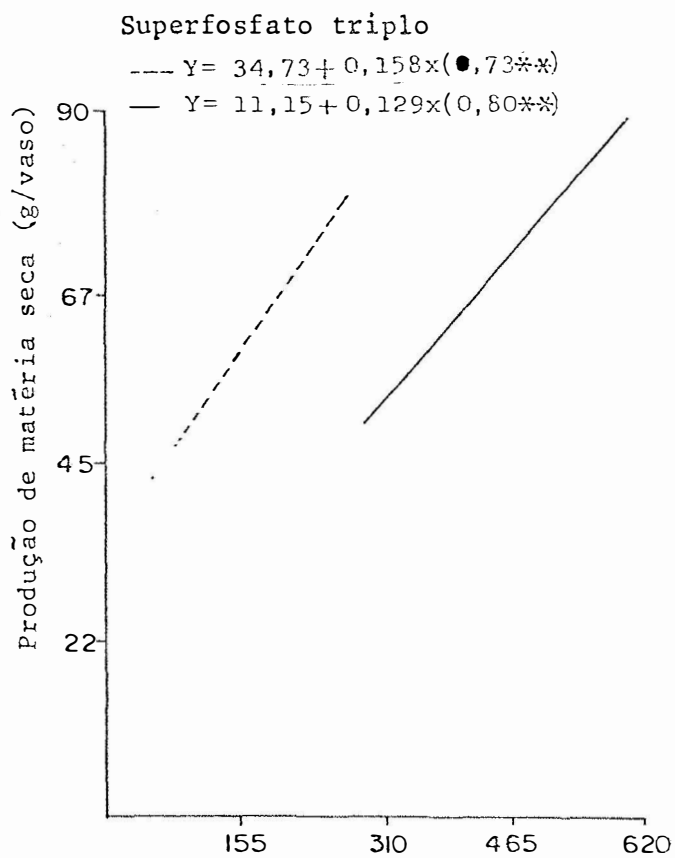
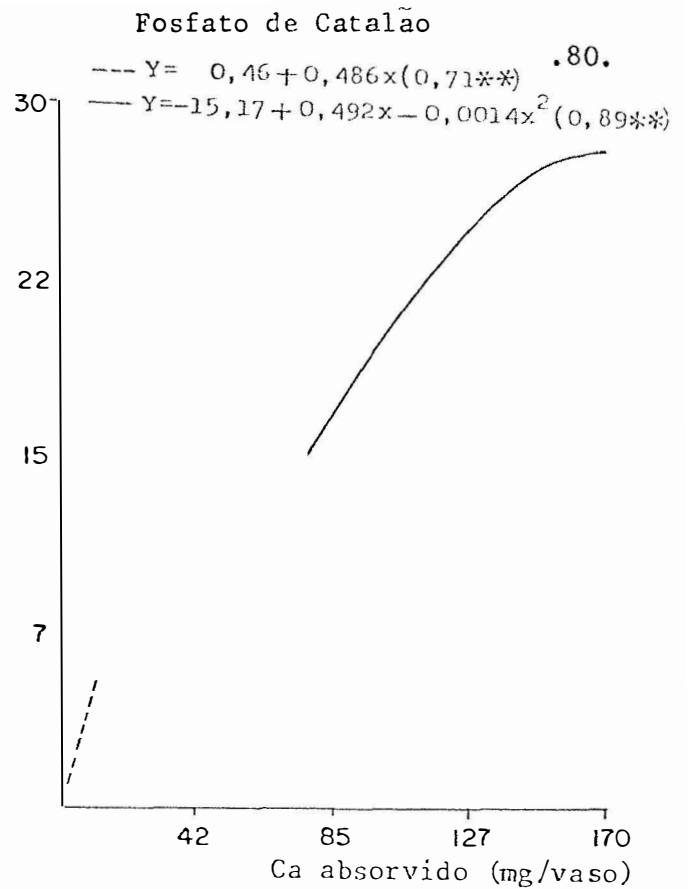
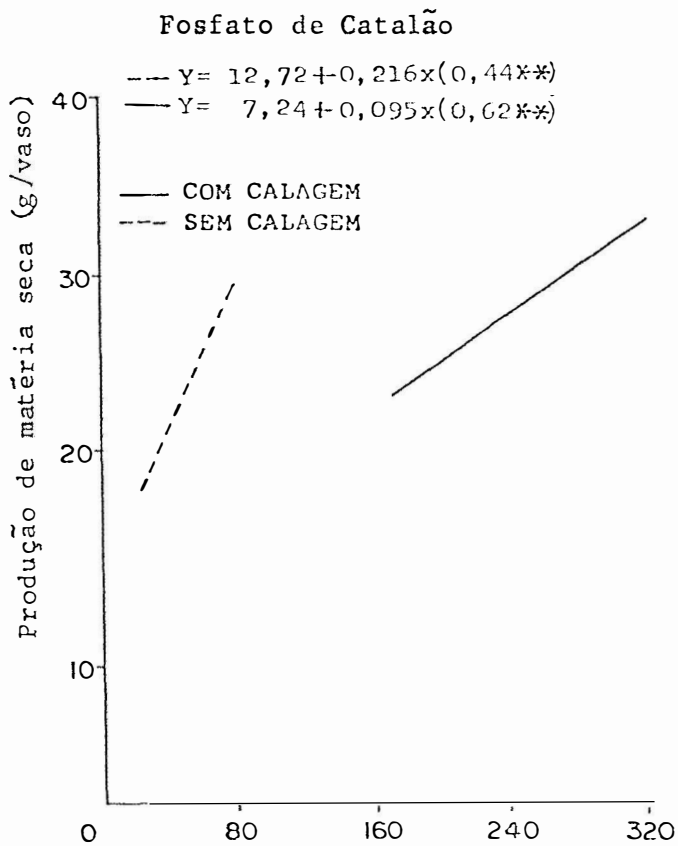
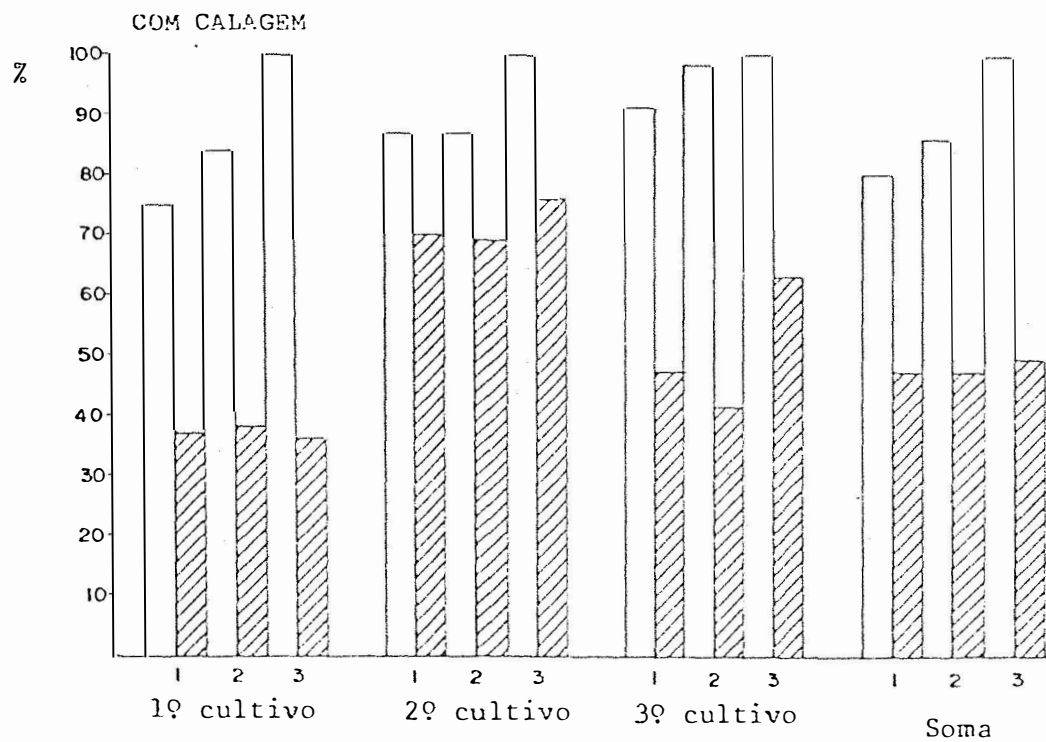
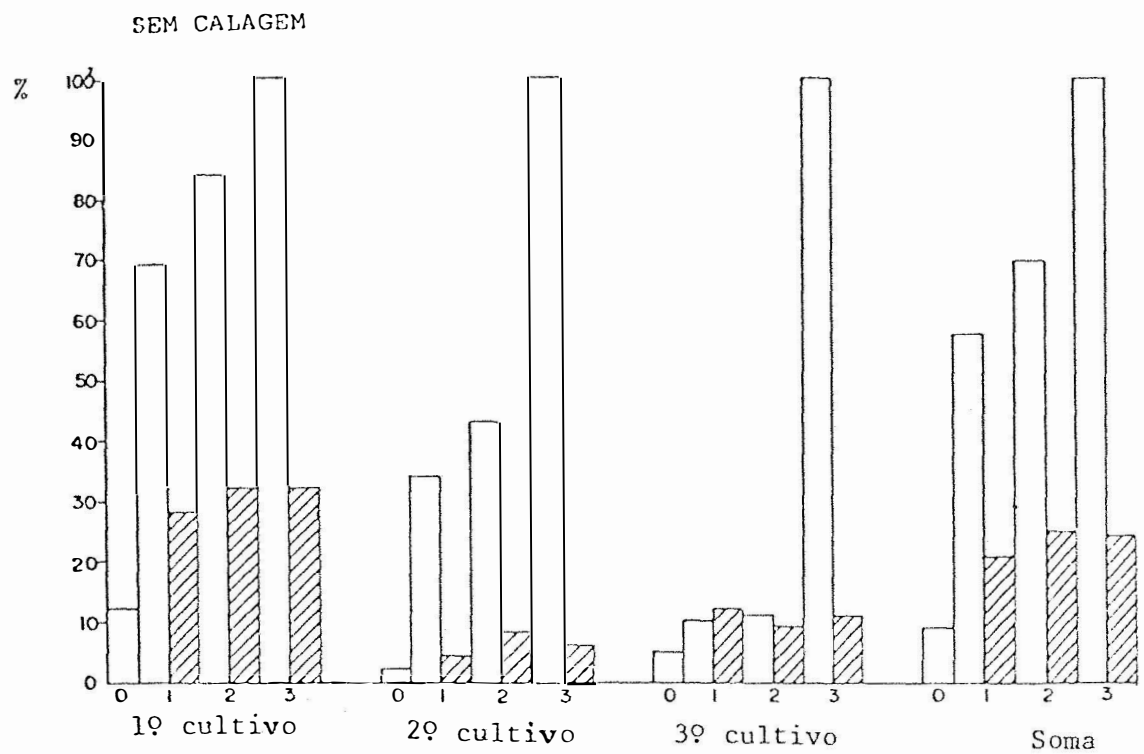


Figura 28 - Produção de matéria seca em função das quantidades de Ca absorvido pelo sorgo sacarino no 1º cultivo no solo de Catalão.

Figura 31 - Produção de matéria seca em função das quantidades de Ca absorvido pelo sorgo sacarino no 2º cultivo no solo de Catalão.



0 - Testemunha  
 1 - 50 ppm P  
 2 - 100 ppm P  
 3 - 200 ppm P

□ - Superfosfato triplo  
 ▨ - Fosfato de Catalão

Figura 29 - 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 20. Teores de P (ppm) encontrados no solo Catalão. Médias de 2 re-  
petições.

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

receberam calagem. Os valores encontrados nos tratamentos com calagem são bastante altos (Tabela 21).

#### 4.3.2. Segundo cultivo

No segundo cultivo, as produções de matéria seca nos tratamentos com superfosfato com calagem foram as maiores (Tabela 12) 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 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 30.

O cálculo da equivalência dado pela Tabela 15 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.

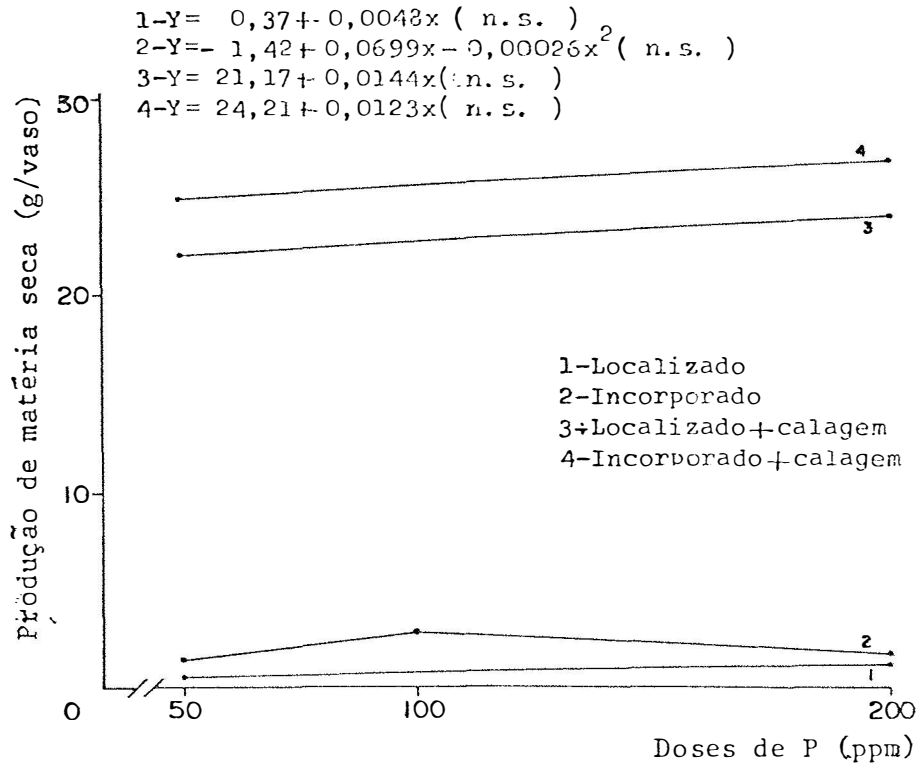
Os dados obtidos de P absorvido (Tabela 13) se comportaram exatamente como as produções de matéria seca. Nos tratamentos com fosfato de Catalão com calagem a absorção de P foi igual à obtida com supertriplo,

Tabela 21. Teores de Ca (emg/100 g) encontrados no solo Catalão. Média de 4 repetições.

Tratamentos	Ca no solo (emg/100 g)	
	Após 1º cultivo	Após 2º cultivo
Testemunha	1,04 b	0,69 b
NKS Mg + Micronutrientes	1,06 b	0,65 b
ST-1-localizado	1,01 b	0,74 b
ST-2-localizado	1,24 b	0,74 b
ST-4-localizado	1,24 b	0,83 b
ST-1-incorporado	1,03 b	0,66 b
ST-2-incorporado	1,18 b	0,80 b
ST-4-incorporado	1,30 b	1,10 b
FG-1-localizado	1,15 b	0,72 b
FG-2-localizado	1,15 b	0,70 b
FG-4-localizado	1,11 b	0,66 b
FG-1-incorporado	1,02 b	0,70 b
FG-2-incorporado	1,18 b	0,82 b
FG-4-incorporado	1,15 b	0,84 b
ST-1-localizado + calagem	5,20 a	4,53 a
ST-2-localizado + calagem	5,69 a	4,75 a
ST-4-localizado + calagem	5,82 a	4,78 a
ST-1-incorporado + calagem	4,95 a	4,64 a
ST-2-incorporado + calagem	5,07 a	4,38 a
ST-4-incorporado + calagem	5,20 a	4,64 a
FG-1-localizado + calagem	5,58 a	4,53 a
FG-2-localizado + calagem	5,52 a	4,66 a
FG-4-localizado + calagem	5,67 a	4,77 a
FG-1-incorporado + calagem	5,97 a	4,50 a
FG-2-incorporado + calagem	5,64 a	4,96 a
FG-4-incorporado + calagem	5,29 a	4,65 a
F	130,38**	170,54**
CV	8,75%	8,4%
dms	1,12	0,88

Fosfato de Catalão

.85.



Superfosfato triplo

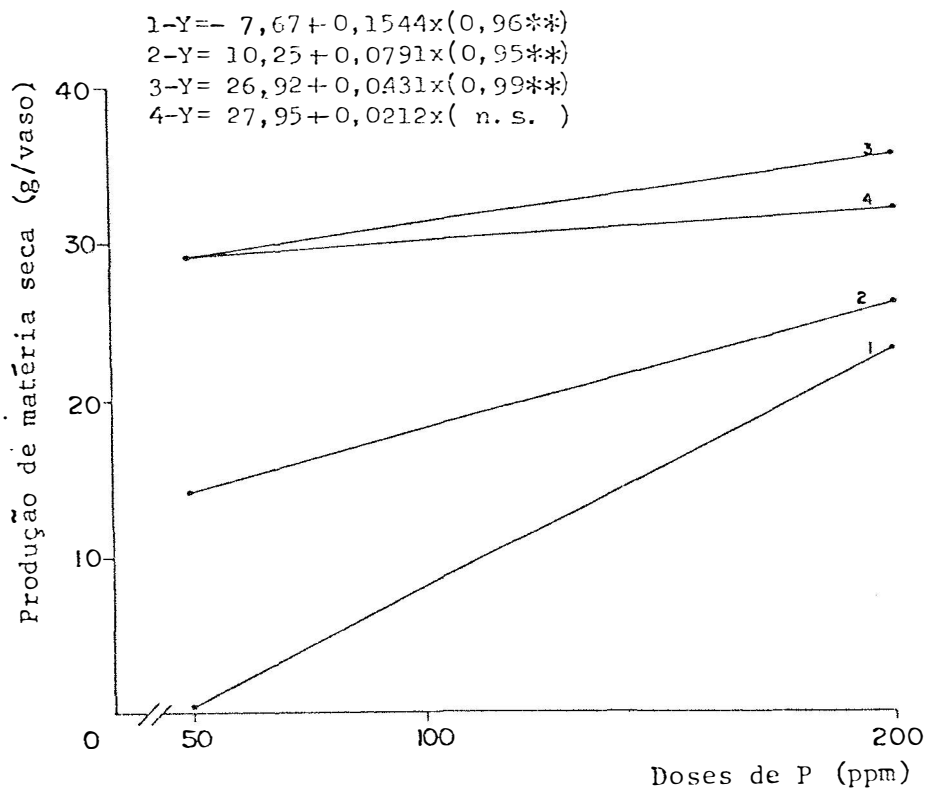


Figura 30 - Efeito das doses de P empregadas sobre a produção de matéria seca do sorgo sacarino no 2º cultivo no solo de Catalão.

com calagem, nas doses de 50 e 100 ppm P. As correlações obtidas entre do se e P absorvido estão ilustradas na Figura 26. Para o fosfato de Catalão com calagem a correlação não foi significativa, não mostrando efeito de do se. A produção de matéria seca em função do P absorvido encontra-se na Figura 27.

As quantidades de Ca absorvido estão na Tabela 14. Quando não se fez a calagem, somente os tratamentos com superfosfato na dose máxi ma diferiram da testemunha. Os tratamentos com fosfato de Catalão com calagem diferiram da testemunha porém não diferiram entre si. Na Figura 31 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" de Ca.

A eficiência relativa do fosfato de Catalão (Figura 29) 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 20 traz os teores de P encontrados no solo após o 2º cultivo. O mesmo comportamento observado após o 1º cultivo é verificado após o 2º.

Os teores de Ca no solo encontrados após o 2º cultivo estão na Tabela 21. Observam-se diferenças somente entre os tratamentos com e sem calagem. Houve uma boa diminuição nos teores de Ca do cultivo anterior para este.

### 4.3.3. Terceiro cultivo

As produções de matéria seca encontradas no terceiro cultivo estão na Tabela 12. 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 32.

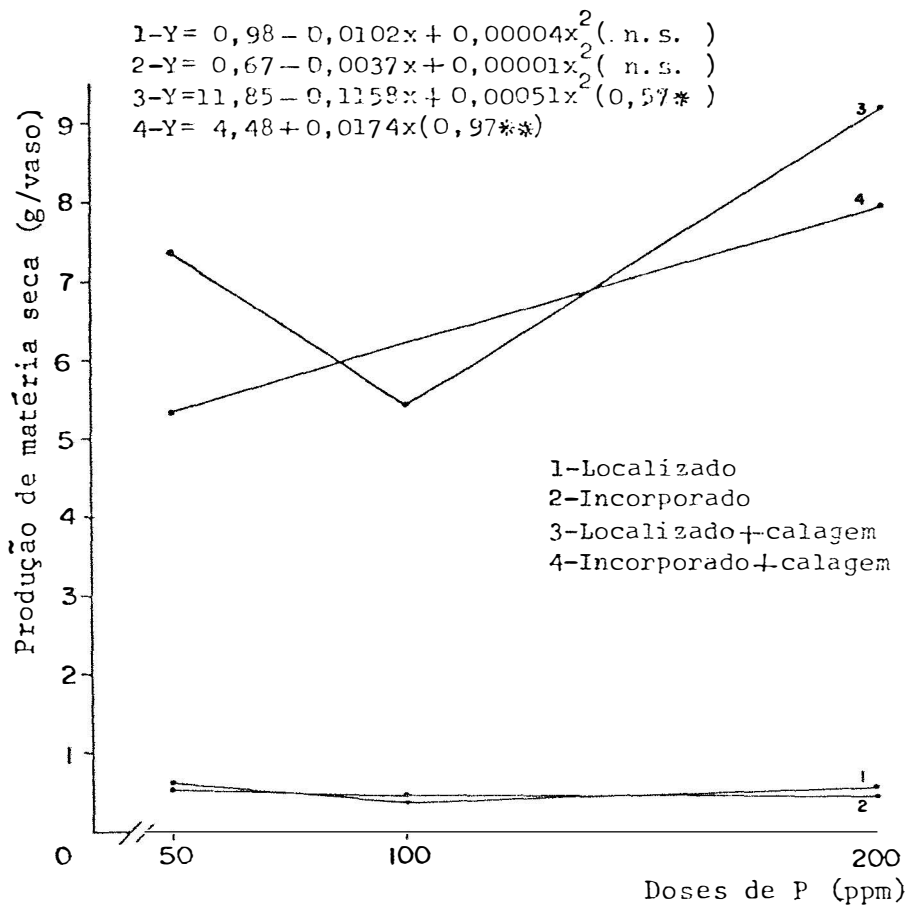
O cálculo da equivalência do  $P_2O_5$  (Tabela 15) mostra que nos tratamentos sem calagem, com o aumento das doses ocorreu uma diminuição drástica na relação. Nos tratamentos que receberam calagem o comportamento das doses não foi uniforme, mostrando porém pequena variação.

Com respeito ao P absorvido, nota-se na Tabela 13, 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 está representado na Figura 26. As correlações entre P absorvido e produção de matéria seca foram positivas e lineares e encontram-se na Figura 27.

As quantidades de Ca absorvido estão na Tabela 14. O comportamento dos tratamentos em relação à absorção do Ca foi muito semelhante ao encontrado para a absorção de P. Assim, os tratamentos que não recebe



Fosfato de Catalão



Superfosfato triplo

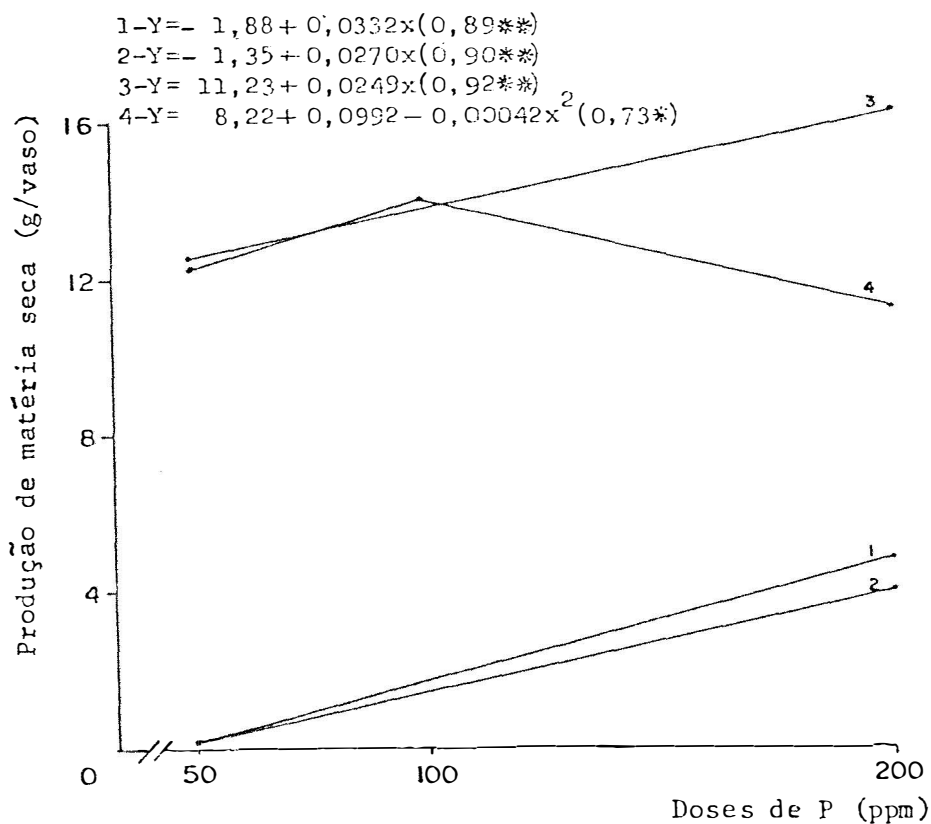


Figura 32 - Efeito das doses de P empregadas sobre a produção de matéria seca do sorgo sacarino no 3º cultivo no solo de Catalão.

beram calagem tiveram pequenas produções devido a carência tanto de P como de Ca. Na Figura 33 estão as correlações encontradas entre Ca absorvido e produção que foram positivas e lineares.

Na Figura 29 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.

#### 4.3.4. Soma dos três cultivos

Observa-se na Tabela 12 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 34.

O cálculo da equivalência do  $P_2O_5$  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 15). A relação foi mais estreita nos tratamentos com calagem.

A quantidade de P absorvido pelas plantas comportou-se

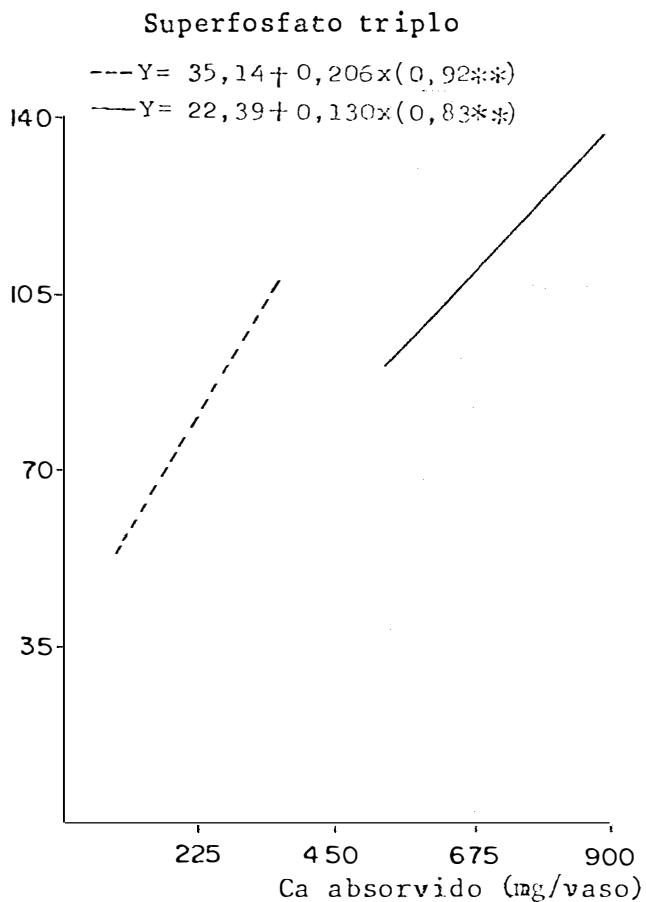
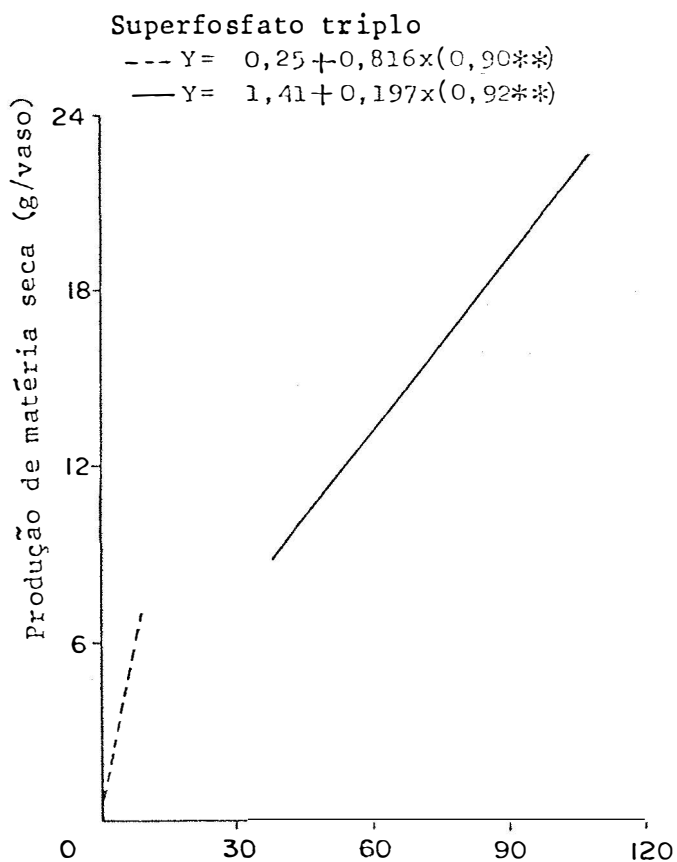
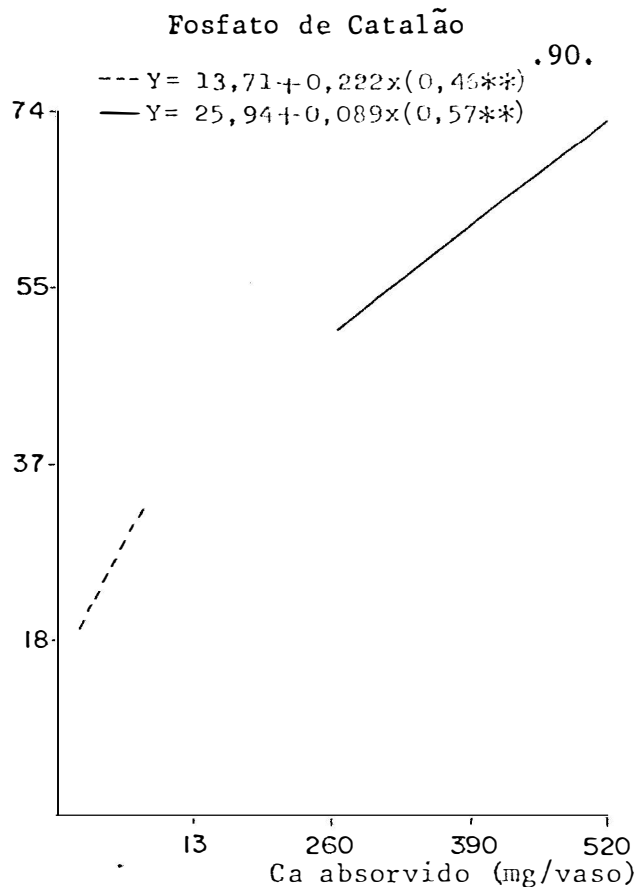
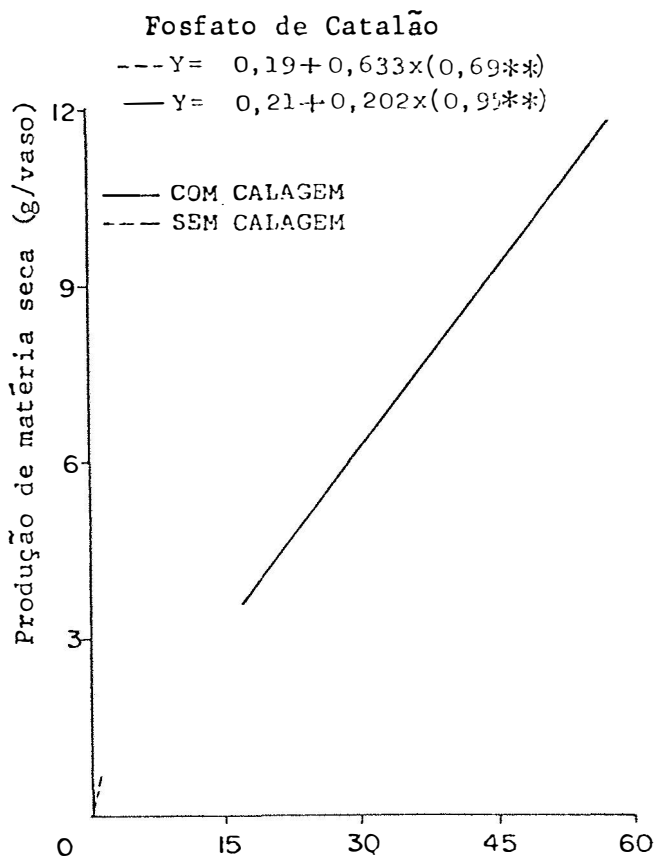
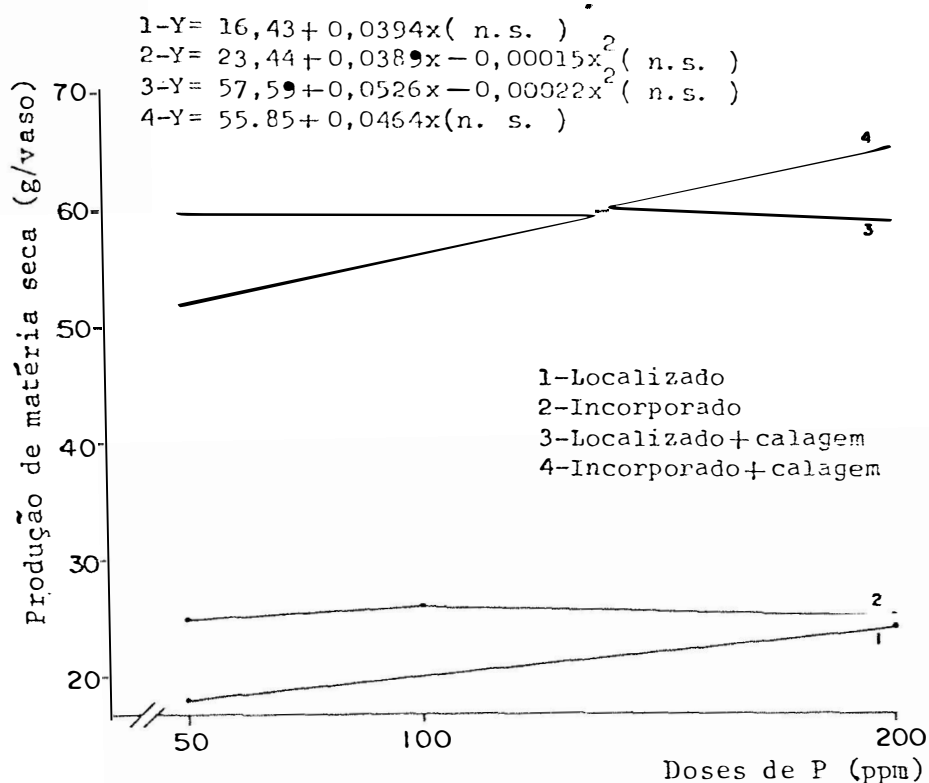


Figura 33 - Produção de matéria seca em função das quantidades de Ca absorvido pelo sorgo sacarino no 3º cultivo no solo de Catalão.

Figura 35 - Produção de matéria seca em função das quantidades totais de Ca absorvido pelo sorgo sacarino nos 3º cultivos no solo de Cata-

### Fosfato de Catalão

.91.



### Superfosfato triplo

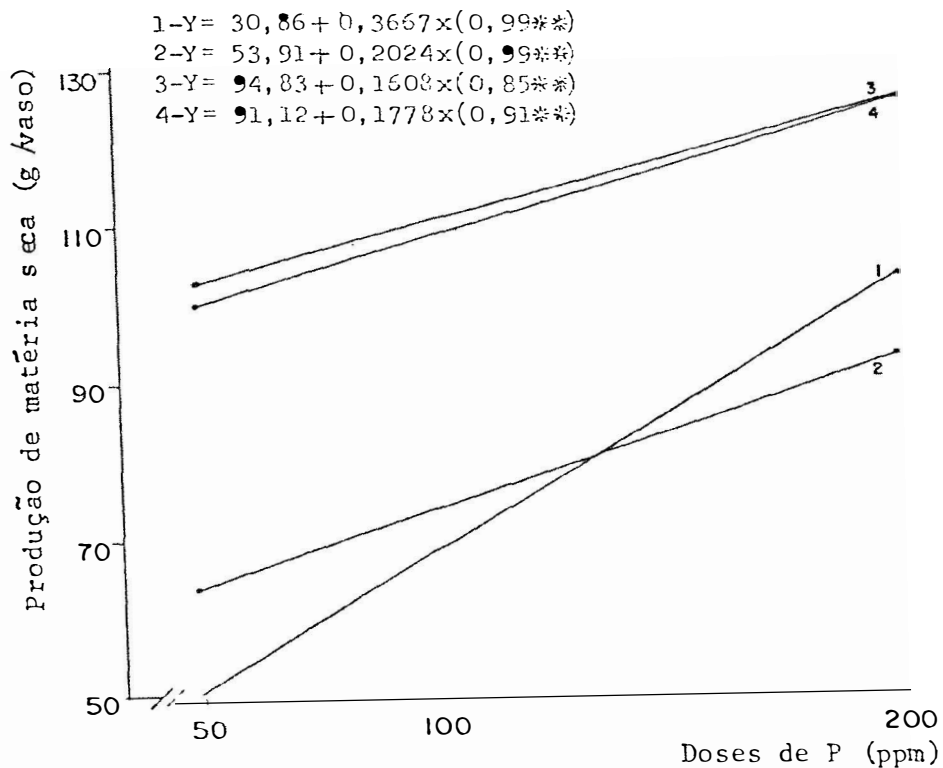


Figura 34 - Efeito das doses de P empregadas sobre a soma das produções de matéria seca obtidas nos 3 cultivos no solo de Catalão.

como a produção de matéria seca, relação esta que encontra-se representada na Figura 27. As correlações de dose de P utilizada e P absorvido estão na Figura 26.

O Ca absorvido pelos tratamentos está na Tabela 14. 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 e podem ser visualizadas na Figura 35.

A eficiência relativa (Figura 29) 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.

#### 4.4. Discussão geral

Em relação ao fosfato de Catalão, os três solos estudados mostraram comportamentos diferentes. O solo Botucatu foi o que apresentou as menores produções de matéria seca; o solo Anhembi teve um comportamento intermediário e o solo Catalão mostrou as melhores produções. Observando-se os dados de P absorvido no tratamento que recebeu todos os nutrientes menos P e Ca (Tabelas 7, 10 e 13) para os três solos, no 1º cultivo, nota-

-se que o P nativo contido no solo Botucatu é menor do que o do solo Anhembi que por sua vez é menor do que o encontrado no solo Catalão. Isto explica, à princípio, as diferenças encontradas. Um fator que foi comum à todos os solos foi a carência de Ca nos tratamentos que não receberam calagem, havendo, portanto, grande influência da calagem nas produções obtidas, principalmente após o 1º cultivo. No solo Catalão, a calagem parece ter agido também sobre a disponibilidade do P nativo do solo. Esta possibilidade é levantada quando são observados teores de P encontrados no solo nos tratamentos testemunha (Tabela 20) que são bastante altos em relação aos demais solos. Lembrando-se que o extrator utilizado é capaz de extrair formas de P ligadas ao alumínio, pode-se dizer que estas formas de P apresentam-se em quantidades apreciáveis. Realizando-se a calagem, estas formas de P podem ter ficado disponíveis já que a elevação do pH desestabiliza estes compostos. Por outro lado, este solo apresentava valores bastante baixos de Ca no solo. O cálcio como nutriente também desempenhou importante papel na 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 22.

Tabela 22. Correlações encontradas entre P e Ca no solo com produção de matéria seca, P absorvido e Ca absorvido no 2º e 3º cultivos.

Solo	2º cultivo	3º cultivo
P no solo x produção de matéria seca		
Anhemi	$y = -2,899 + 0,930 x - 0,0067 x^2$	$r^2 = 0,80^{**}$ N.S.
Botucatu	$y = -3,467 + 1,122 x - 0,0102 x^2$	$r^2 = 0,80^{**}$ $y = -1,055 + 0,465 x - 0,005 x^2$ $r^2 = 0,37^*$
Catalão	$y = 42,587 - 2,591 x + 0,0551 x^2$	$r^2 = 0,16^*$ N.S.
P no solo x P absorvido		
Anhemi	$y = -5,274 + 1,311 x - 0,0093 x^2$	$r^2 = 0,83^{**}$ N.S.
Botucatu	$y = -5,996 + 1,675 x - 0,0160 x^2$	$r^2 = 0,83^{**}$ $y = -1,885 + 0,608 x - 0,0063 x^2$ $r^2 = 0,39^*$
Catalão	$y = 64,872 - 4,227 x + 0,0955 x^2$	$r^2 = 0,20^*$ N.S.
Ca no solo x produção de matéria seca		
Anhemi	$y = -41,795 + 47,232 x - 8,599 x^2$	$r^2 = 0,41^{**}$ $y = -3,796 + 5,628 x - 0,995 x^2$ $r^2 = 0,47^*$
Botucatu	N.S.	$y = -10,665 + 19,974 x - 4,315 x^2$ $r^2 = 0,80^{**}$
Catalão	$y = 3,197 + 4,479 x$	$r^2 = 0,64^{**}$ $y = -0,708 + 2,323 x$ $r^2 = 0,75^{**}$
Ca no solo x Ca absorvido		
Anhemi	$y = -226,46 + 235,67 x - 39,57 x^2$	$r^2 = 0,51^*$ $y = -5,47 + 7,39 x$ $r^2 = 0,51^{**}$
Botucatu	$y = -8,16 + 28,77 x$	$r^2 = 0,24^*$ $y = -60,27 + 104,53 x - 22,11 x^2$ $r^2 = 0,78^{**}$
Catalão	$y = -146,72 + 168,89 x - 20,54 x^2$	$r^2 = 0,87^{**}$ $y = -7,72 + 11,69 x$ $r^2 = 0,81^{**}$
Ca no solo x P absorvido		
Anhemi	$y = -57,43 + 65,39 x - 12,07 x^2$	$r^2 = 0,37^{**}$ $y = -0,372 + 1,501 x$ $r^2 = 0,39^{**}$
Botucatu	N.S.	N.S.
Catalão	$y = 4,832 + 6,724 x$	$r^2 = 0,54^{**}$ $y = -1,745 + 3,817 x$ $r^2 = 0,73^{**}$

Uma análise destes dados mostra que para o solo Anhembi a produção do 2º cultivo correlacionou-se significativamente à nível de 1% com o P encontrado no solo. Também houve correlação com o Ca encontrado no solo, porém com um coeficiente de determinação bastante baixo. Identica situação foi observada para as correlações de P no solo e P absorvido e Ca no solo e Ca absorvido. O Ca no solo também influenciou a absorção de P. Depreende-se disto que tanto o P quanto o Ca foram fatores influentes na produção do 2º cultivo, confirmando os outros dados já discutidos. Para o terceiro cultivo não se observaram correlações significativas entre P no solo e produção de matéria seca. As correlações foram significativas entre Ca no solo e produção de matéria seca, Ca no solo e Ca absorvido e Ca no solo e P absorvido, todas a nível de 1%, mostrando que o Ca desempenhou o papel mais importante sobre a produção neste 3º cultivo.

Para o solo Botucatu as produções encontradas no 2º cultivo foram influenciadas pelo P no solo, não havendo correlação da produção com o Ca no solo. Identica situação ocorreu para o P absorvido. Para o 3º cultivo, o P do solo correlacionou-se significativamente somente à nível de 5% com a produção e com o P absorvido, apresentando ainda coeficientes de determinação bastante baixos. As correlações foram altamente significativas e com altos coeficientes de determinação entre Ca no solo e produção e Ca no solo e Ca absorvido. Assim, para o 3º cultivo a presença do Ca neste solo foi primordial para as produções obtidas.

A produção do 2º cultivo do solo Catalão 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 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 a disponibilidade do P neste solo.

## 5. CONCLUSÕES

Nas condições do experimento, os dados obtidos permitem concluir que:

- a. A eficiência do fosfato de Catalão em fornecer P às plantas de sorgo sacarino variou nos três solos estudados, obedecendo a seguinte ordem crescente: solo de Botucatu, solo de Anhembi e solo de Catalão.
- b. O superfosfato triplo foi superior ao fosfato de Catalão como fornecedor de P.
- c. A calagem influenciou positivamente o comportamento do superfosfato triplo nos três solos e o do fosfato de Catalão no solo Catalão.
- d. Não foi observado efeito na produção de matéria seca incorporando-se ou localizando-se o fosfato de Catalão.
- e. Não houve efeito das doses de fosfato de Catalão empregadas, na produção de matéria seca.
- f. A absorção de P pelas plantas foi influenciada positivamente pela cala

gem, principalmente no 2º e 3º cultivos.

- g. Foram encontradas correlações positivas entre P residual e produção de matéria seca nos seguintes casos: solo de Botucatu - 2º e 3º cultivos; solos de Anhembi e de Catalão - 2º cultivo.
- h. O teor de Ca no solo de Catalão, conseqüente dos tratamentos usados, correlacionou-se melhor do que o teor de P no solo com as produções obtidas no 2º e 3º cultivos. A mesma situação foi verificada para os solos de Anhembi e de Botucatu no 3º cultivo.

## 6. 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. e C.O. PONCHIO, 1980. Caracterização das solubilidades das rochas fosfatadas brasileiras e termofosfatos em diferentes extratores químicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. São Paulo. 4:196-200.
- ANDA, 1976. *Setor Fertilizantes*. São Paulo. mimeo.
- 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.
- BOISCHOT, P., M. COOPENET e J. HEBERT, 1950. The fixation of phosphoric acid on calcium carbonate in soils. *Plant and Soil*, 2:311-322.
- BORGES, L.C.V., A.V. COSTA, S.C. MACHADO, J.G. FARIAS, P.M.F.O. MONTEIRO, H.J. KLIEMANN, 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.
- BRAGA, J.M. e B.V. DEFELIPO, 1972. Relação entre formas de fósforo inorgânico, fósforo disponível e material em solos sob a vegetação de cerrado. II - Trabalhos em estufa. *Revista Ceres*. Viçosa. 19 (104): 248-260.
- CARVALHO, Y.B., 1977. Recursos minerais do Brasil na área de fertilizantes. *I Semana de Fertilizantes*. Piracicaba. Mimeo.
- CATANI, R.A. e J.R. GALLO, 1955. Avaliação da exigência em calcáreo. *Revista da Agricultura*. Piracicaba, 30(1-3): 49-60.
- COLE, C.V., S.R. OLSEN e C.O. SCOTT, 1953. The nature of phosphate sorption by calcium carbonate. *Soil Science Society of America Proceedings*, 17: 352-356.

- COSTA, A.V., L.C.V. BORGES, J.G. FARIAS, P.M.F.O. MONTEIRO e H.J. KLIE-  
MANN, 1978. Efeito residual de três fontes de fósforo em soja (*Glycine  
max* (L.) Merrill). Goiânia. *Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária*.  
p. 161.
- ELRASHIDI, M.A. e S. LARSEN, 1978. The effect of phosphate addition on  
the solubility of phosphate in soil. *Plant and Soil*, 50: 585-596.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Brasília, 1976. *Relatório  
Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados*. p. 1 -  
- 150.
- ENGESTAD, O.P. e G.L. TERMAN, 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 fertilizan  
te fosfatado-suelo-planta. *Turrialba*, 16(3): 237-246.
- FEITOSA, C.T., 1978. Avaliação da disponibilidade do fósforo aplicado ao  
solo na forma de diferentes fosfatos. ESALQ/USP. Piracicaba. (Disser  
tação de Mestrado).
- FREIRE, E.S., R. ALVAREZ e A.C.P. WUTKE, 1968. Adubação da cana-de-açú-  
car. XIII. Estudo conjunto de experiências com diversos fosfatos rea-  
lizadas entre 1950 e 1963. *Bragantia*, Campinas, 27(34): 421-436.
- FREITAS, F.G. e C.O. SILVEIRA, 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., E. LOBATO, O.C. SOUZA e D.M.G. SOUZA, 1975. Relatório de atividades do Projeto de Avaliação Agronômica dos fosfatos brasileiros. (não publicado)
- HOFFMANN, W.E. e S.A. BARBER, 1971. Phosphorus uptake by wheat (*Triticum aestivum*) as influenced by ion accumulation in the rhizocylinder. *Soil Science*, 112:256-262.
- IGUE, K., 1978. Avaliação da execução dos projetos aprovados. In: FINEP -IPT. *Programa de pesquisa e desenvolvimento de fertilizantes da FINER. Primeira Reunião Técnica*. São Paulo, Editora Hamburg. p. 28-34.
- KHASAWNEH, F.E. e E.C. DOLL, 1978. The use of phosphate rock for direct application to soils. *Advances in Agronomy*, 30: 159-208.
- KLIEMANN, H.J., A.V. COSTA, M.R. NUNES, P.M. JARDIM, 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 Goiana de Pesquisa Agropecuária*. p. 74-75.
- LARSEN, S., 1967. Soil phosphorus. *Advances in Agronomy*. New York, 19: 151-211.
- LARSEN, S., 1971. Residual phosphate in soils. In: *Residual value of applied nutrients*. HMSO. London. Technical Bulletin 20: 34-41.
- MACHADO, S.C., L.C.V. BORGES, J.G. FARIAS, A.T.C. MENDONÇA, 1978. Níveis de adubação fosfatada e efeito residual na cultura do milho. Goiânia. *Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária*. p. 154-155.

MACHADO, S.C., J.G. FARIAS e A.T.C. MENDONÇA, 1979. Efeito da adubação fosfatada em milho. Goiânia. *Empresa Goiânia de Pesquisa Agropecuária*. p. 203-205.

MALAVOLTA, E., O.J. CROCOMO, R.G. de ANDRADE, C. ALVIZURI, R. VENCovsky e L.M.M. DE FREITAS, 1965. Estudos sobre a fertilidade dos solos do cerrado. I. Efeito da calagem na disponibilidade do fósforo. (Nota prévia). *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*. Piracicaba, 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., J.C. ALCARDE e C.O. PONCHIO, 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., E. LIMA, L.I. NAKAYAMA, J. EIMORI, 1979. O fósforo na agricultura brasileira. *I Encontro Nacional de Rocha Fosfática*. 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.



- MANSELL, R.S., H.M. SELIM e J.G.A. FISSELL, 1977. Simulated transformations and transport of phosphorus in soil. *Soil Science*, 124: 102-109.
- MENDONÇA, A.T.C., L.C.V. BORGES, J.G. FARIAS, S.C. MACHADO, 1978. Competição de fontes de fósforo em solos de cerrado do Brasil Central. Goiânia. *Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária*. p. 160.
- MENDONÇA, A.T.C., S.C. MACHADO e J.G. FARIAS, 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.
- SAMPLE, E.C., R.J. SOPER e G.J. RACZ, 1980. Reactions of phosphate fertilizers in soils. In: KHASAWNEH, F.E., E.C. SAMPLE e E.J. KAMPRATH. Coord. *The Role of Phosphorus in Agriculture*. Madison. American Society of Agronomy. p. 263-310.
- SANCHEZ, P.A. e G. UEHARA, 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.
- SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1979. Análises químicas em plantas. Piracicaba. 40 p. mimeo.

- 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 aprovados. In: FINEP - IPT - Programa de Pesquisa e Desenvolvimento de Fertilizantes da FINEP - *Primeira Reunião Técnica*. São Paulo. Editora Hamburg. p. 35-42.
- THOMAS, G.W. e PEASLLE, D.E., 1973. Testing soil for phosphorus. In: WALSH, L.M. e I.D. BEATON (eds). *Soil Testing and Plant Analysis*. 2.<sup>a</sup> ed. Madison, Soil Sci. Soc. Amer. p.115-132.
- TISDALE, S.L. e D.L. RUCKER, 1964. Crop response to various phosphates. *Technical Bulletin*. The Sulfur Institute. 9: 1-20.
- VAN RAIJ, B., C.T. FEITOSA e F. GROHMANN, 1981. Eficiência agronômica de fosfatos naturais brasileiros. In: *XVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Salvador. p. 47-67.
- 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. e B. VAN RAIJ, 1976. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: FERRI, M.G. *IV Simposio sobre o Cerrado*. Brasília. Ed. da Universidade de São Paulo. p. 317-332.
- VOLKWEISS, S.J., 1979. Relatório de atividades de Pesquisa. não publicado.
- WERNER, W., 1978. High water-solubility may not always be an advantage. *Phosphorus and Potassium*. 98: 31-36.

APÊNDICE

Tabela 23. Análise química e granulométrica dos solos utilizados nos experimentos, antes do primeiro cultivo.

Solo	Análise química						Análise granulométrica				
	pH valor	carbono %	Teor $PO_4^{3-}$	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>	argila %	areia total %	limo %
Anhembí	5,3	0,72	0,04	0,26	1,41	0,56	0,60	3,60	15,18	77,13	7,68
Botucatu	5,0	0,48	0,03	0,11	0,83	0,20	0,94	3,36	15,38	81,35	3,27
Catalão	5,3	1,56	0,04	0,12	1,20	0,10	0,88	7,00	60,39	24,00	15,61