

**FIXAÇÃO DE FÓSFORO E ADUBAÇÃO DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)
EM UM CAMBISOL DO ESTADO DE SERGIPE**

**LAFAYETTE FRANCO SOBRAL
Engenheiro Agrônomo
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**

**PROF. DR. FRANCISCO DE ASSIS FERRAZ DE MELLO
Orientador**

**Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz" para obtenção
do título de Mestre.**

**PIRACICABA
1975**

À memória de meu pai

À minha mãe e irmãos

À minha esposa

DEDICO

AGRADECIMENTOS

AGRADEÇO às seguintes pessoas e instituições:

- *Prof. Dr. Francisco de Assis Ferraz de Mello*
- *Engº Agrº Archimar Bittencourt Baleeiro*
- *Engº Agrº Antônio Carlos Barreto*
- *Engº Agrº Dr. Hermano Gargantini*
- *Prof. Dr. João Bertoldo de Oliveira*
- *Engº Agrº José Ernesto Sacchi Pessotti*
- *Engº Agrº Fernando Barreto Rodrigues e Silva*
- *Prof. Dr. Toshiaki Kinjo*
- *Prof. Dr. Zilmar Ziller Marcos*
- *Engº Agrº Valdemar Antônio Demétrio*
- *Sr. Vinicius Ferraz*
- *Srta. Maria Elisabeth Ferreira de Carvalho*
- *Sr. José Emídio Neto*
- *EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA*
- *ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS*
- *BANCO DO NORDESTE DO BRASIL*
- *ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"*

CONTEUDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
2.1. Fixação de fósforo	03
2.2. Adubação do feijoeiro	05
3. MATERIAL E MÉTODOS	09
3.1. Solo	09
3.1.1. Análises físicas	12
3.1.2. Análises químicas	12
3.2. Determinação da capacidade de fixação de fósforo	15
3.2.1. Ensaio de laboratório	15
3.2.2. Ensaio em casa de vegetação	17
3.3. Adubação do feijoeiro. Ensaio de campo	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1. Capacidade de fixação de fósforo. Eleição e teste do valor "X"	21
4.2. Efeitos de NPK na produção do feijoeiro	24
4.3. Efeitos do enxofre e de uma mistura de micronutrientes na produção do feijoeiro	30
5. CONCLUSÕES	32
6. RESUMO	34
7. SUMMARY	36
8. LITERATURA CITADA	38

1. INTRODUÇÃO

A capacidade de fixação de fósforo pelos solos há muito tempo vem sendo estudada, porém os resultados encontrados ainda não apresentam caráter conclusivo, pois, muito dos aspectos relacionados com o fenômeno ainda não estão devidamente esclarecidos.

Quando os fosfatos são adicionados ao solo, passam por transformações que culminam com a diminuição da sua disponibilidade para as plantas. Assim é que, em solos de regiões tropicais *FASSBENDER (18)*, concluiu que a capacidade de fixação de fósforo variou entre 9,7% e 94,1% do fosfato aplicado.

Por outro lado, os resultados da maioria dos ensaios de adubação do feijoeiro conduzidos em solos do Estado de Sergipe, mostram que o fósforo e a distribuição de chuvas, são os principais fatores limitantes da produção.

Assim, sabendo-se que o conhecimento da quantidade de fosfato que é fixado pelo solo, é de grande importância ao se fazer interpretação de análise de solo e sugestões para adubação, e que, o aumento da produtividade da cultura do feijoeiro não é possível de ser obtida sem o uso de fertilizantes, objetivou-se neste trabalho: determinar a capacidade de fixação de fósforo de um Cambisol, solo representativo do Município de Poço Verde maior produtor de feijão do Estado de Sergipe e estudar no mesmo solo, os efeitos de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e de uma mistura de micronutrientes na produção do feijoeiro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Fixação de fósforo

Segundo *KARDOS (24)*, os tipos de reações através das quais o fósforo é fixado, podem ser colocados em três grupos: adsorção, precipitação e substituição isomórfica.

De acordo com *HSU (23)*, a precipitação ocorre quando o fosfato remove Al^{+3} ou Fe^{+3} da rede cristalina, precipitando-se em uma nova fase. Por sua vez, a adsorção de fosfato é um caso especial de precipitação, no qual o Al^{+3} e o Fe^{+3} permanecem como constituintes da fase original e reagem com os íons fosfatos através de forças residuais,

existentes nas superfícies das partículas. A penetração do fósforo na rede cristalina por substituição isomórfica com SiO_2 ou por deslocamento de hidroxilas, foi verificado por *STOUT* (47), na haloisita e confirmado posteriormente por *COLE & JACKSON* (13).

De acordo com *HEMWALL* (22), os componentes dos solos ácidos que são responsáveis pela fixação de fósforo, podem ser divididos em dois grupos: compostos de ferro e alumínio e minerais de argila. Os compostos de ferro e alumínio, compreendem não só os fosfatos insolúveis como também adsorção aos óxidos hidratados dos citados elementos. Porém, *MELLO* (34), comenta que embora a reação inicial possa ser de superfície, os compostos formados posteriormente são provavelmente idênticos aqueles formados por precipitações diretas.

HEMWALL (22), observa que a fixação de fósforo em solos alcalinos e calcários é usualmente atribuída a formação de fosfatos de cálcio. Porém, de acordo com *MELLO* (34), a fixação de fósforo nestes solos pode também ser atribuída a precipitação do fosfato sobre as partículas do CaCO_3 e a retenção pelas argilas saturadas com cálcio. Por sua vez, *BOHN & PEECH* (5) e *RACZ & SOPER* (43), acham que nestes solos também pode ocorrer a formação de fosfatos de magnésio. De acordo com *COLE et alii* (14), o carbonato de cálcio tende a diminuir a solubilidade do fósforo, porém segundo o autor, existem poucas informações sobre as reações que ocorrem quando da aplicação de adubos fosfatados. No entanto, segundo *LINSDAY et alii* (28), quando o fósforo é aplicado em solos com alto teor de cálcio aparecem compostos como fosfato bicálcico bihidratado $\text{CaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ e ou fosfato octocálcico $\text{Ca}_8\text{H}(\text{PO}_4)_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$. *CHANG & JACKSON* (12), concluem que nestes solos os compostos de ferro e alumí-

nio são também responsáveis por alguma fixação de fosfato.

Além da fixação do fósforo pela fração inorgânica do solo, pode ocorrer ainda a fixação biológica, isto é, a utilização de fosfatos pelos microorganismos do solo (34).

Os dados existentes na literatura, sobre a influência da matéria orgânica na fixação de fósforo, não são conclusivos. Pois, enquanto *DALTON et alii* (15) e *BUCKMAN & BRADY* (8), concluem que a matéria orgânica diminuiu a fixação de fósforo, *LEAL* (27), encontrou correlação significativa a positiva entre adsorção máxima de fósforo e teor de matéria orgânica em solos de "cerrado", resultados confirmados por *LOURENÇO* (29), trabalhando com solos do Paraná.

A quantidade de fósforo fixada pelo solo é influenciada pelos seguintes fatores: características físico-químicas do solo (conteúdo e tipo de argila, natureza dos cátions trocáveis, matéria orgânica, teor de umidade do solo), temperatura, concentração de fosfatos, pH e tempo de reação (34).

Segundo *HEMWALL* (22), somente 10% a 30% dos fosfatos aplicados como fertilizantes são aproveitados pelas plantas, o restante permanecendo "fixado" na parte sólida do solo.

A capacidade de fixação de fósforo por solos do BRASIL foi estudada por vários autores *MELLO* (33), *CATANI & PELLEGRINO* (10), *LEAL* (27), *MAGALHÃES* (30) e *REZENDE* (44).

2.2. Adubação do feijoeiro

A literatura nacional sobre adubação do feijoeiro é escassa e em alguns trabalhos, os autores não citam os ti-

pos de solos onde foram conduzidos os ensaios, restringindo os resultados encontrados para os locais onde foram obtidos, sem haver possibilidade de extrapolação dos mesmos. Um exemplo disto são os trabalhos de *GOUVEIA et alii* (21), *SILVA & GOUVEIA* (45), *FONTES* (19), *MIYASAKA et alii* (36), *MIYASAKA et alii* (38) e *NOVAIS & BRAGA FILHO* (40).

Os efeitos de NPK, enxofre e micronutrientes na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), foram estudados por *MIYASAKA et alii* (39), através de ensaios fatoriais de adubação em solos Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras e Latosol Vermelho Escuro - Orto, concluindo os autores que o fósforo causou aumentos significativos na produção nos ensaios instalados em solos que nunca haviam sido adubados. O nitrogênio, aumentou significativamente a produção em dois ensaios e o potássio em um, enquanto que, não houve efeito significativo para a mistura contendo enxofre e micronutrientes.

GODOY (20), estudando os efeitos de NPK e calagem na produção do feijoeiro, através de experimentos fatoriais instalados em um Latosol, concluiu: a) a maior produção de grãos foi obtida no tratamento onde se aplicou 2,5 t/ha de calcário; b) houve efeito significativo para nitrogênio e fósforo e que o mesmo não foi influenciado pelo calcário; c) não houve efeito para potássio.

MASCARENHAS et alii (32), estudando os efeitos da calagem e de nitrogênio e fósforo na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. *Pintado*) em Latossolo Vermelho Amarelo, concluíram que: a) em média de dois plantios nos mesmos canteiros, a calagem e a adubação fosfatada proporcionaram aumentos de produção correspondentes a respectivamente 94% e 72%; b) a dose de 50 Kg de P_2O_5 foi tão eficiente quanto outras maiores; c) a resposta ao nitrogênio foi praticamente nula.

PRADO et alii (42), conduziram ensaio estudando efeitos de doses crescentes de fósforo (0, 40, 80, 120, 160 e 200 Kg/ha de P_2O_5), nitrogênio, enxofre e de uma mistura de micronutrientes (Cu, B, Mo, e Zn) na produção do feijoeiro em um Planosolo na Estação Experimental de Nossa Senhora da Glória - Sergipe, encontrando resultados significativos para o fósforo. A dose de 40 Kg/ha de P_2O_5 dobrou a produção em relação a testemunha, a partir da qual não foram encontrados aumentos significativos. Os autores não encontraram resultados significativos para nitrogênio, enxofre e mistura de micronutrientes.

Ensaio de adubação do feijoeiro conduzidos no Estado de Minas Gerais por Guazzelli & Pereira citados por *MA LAVOLTA* (31), mostraram efeitos significativos e positivos para nitrogênio e fósforo em Latosol Vermelho.

Em um Podzólico Vermelho Amarelo Câmbico, fase terraço, *BRAGA* (6), estudou os efeitos de enxofre, boro e molibdênio na produção do feijoeiro var. *Rico 23*, observando resposta significativa para os elementos estudados.

Em um Podzólico Vermelho Amarelo, Série Itaguaí, *AL MEIDA et alii* (1), constataram efeitos significativos para nitrogênio, fósforo e calcário na produção do feijoeiro, estes últimos também causando aumento de peso da matéria seca dos nódulos. No entanto, não foi significativa a correlação entre nodulação e produção.

SOBRAL et alii (46), estudando os efeitos dos macro e de uma mistura de micronutrientes (B, Mo, Cu e Zn), na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. *Mulatinho Vagem Roxa*), através de um ensaio conduzido em um Planosolo da Estação Experimental de Nossa Senhora da Glória, em Sergipe, encontraram efeito altamente significativo para o fósforo.

Em um solo Aluvial do Estado do Rio de Janeiro, *EIRA et alii* (16), conduziram um ensaio de adubação estudando os efeitos de cinco doses de nitrogênio e cinco doses de fósforo na produção do feijoeiro. Os autores concluíram que somente o fósforo causou aumentos significativos na produção.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Solo

O solo que serviu para os ensaios é um CAMBISOL EUTRÓFICO, argila de atividade alta, C carbonático, A moderado, textura argilosa, fase caatinga hipoxerofila, relevo suave ondulado, substrato calcário (48), e suas características físicas e químicas podem ser vistas nos Quadros 1 e 2.

A seguir é descrita a metodologia utilizada nas citadas análises:

Quadro 1 - Resultados das análises físicas do Cambisol que serviu para os ensaios.

Prof. cm.	Composição granulométrica %						Densidade g/cm ³		U %				
	A r e i a		S i l t e		A r g i l a	A r g i l a natural %	g r a u d e f l o c u l a ç ã o %	A p a r e n t e		R e a l			
	m u i t o g r o s s a	m é d i a f i n a	m u i t o f i n a									1 / 3 A t m . 1 5 . A t m .	
0 - 20	1,6	3,5	2,0	4,5	12,1	37,5	38,8	15,7	59	1,65	2,41	23,80	17,90
20 - 40	2,2	2,9	1,9	5,1	11,2	36,0	40,7	17,5	57	-	2,53	23,17	-

Quadro 2 - Resultados das análises químicas do Cambisol que serviu para os ensaios.

	Profundidade (cm)	
	0 - 20	20 - 40
pH em água	6.90	7.10
pH em KCl	6.10	6.00
P assim. (ppm)	2.06	2.06
P ₂ O ₅ total (%)	0.0043	0.0031
Fe ₂ O ₃ total (%)	5.04	5.41
Al ₂ O ₃ total (%)	10.02	10.81
SiO ₂ total (%)	16.98	17.91
TiO ₂ total (%)	0.41	0.41
K _i	2.88	2.82
K _r	2.18	2.14
Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	3.12	3.14
Fe ₂ O ₃ livre (%)	1.35	1.58
CaCO ₃ eq. (%)	12.10	12.15
C (%)	1.20	0.81
N (%)	0.18	0.13
C/N	6.66	6.23
Ca ⁺² (e.mg/100 g)	14.32	14.33
Mg ⁺² (e.mg/100 g)	2.25	1.92
K ⁺ (e.mg/100 g)	0.41	0.08
Na ⁺ (e.mg/100 g)	0.19	0.24
S (e.mg/100 g)	17.17	16.57
H ⁺ (e.mg/100 g)	2.08	1.52
Al ⁺³ (e.mg/100 g)	0.00	0.00
T (e.mg/100 g)	19.25	18.09
V (%)	89.19	91.59

3.1.1. Análises físicas

3.1.1.1. Análise mecânica:

- Pesaram-se quantidades de TFSA equivalentes a 10 g de TFSE colocando-as em garrafas de Sthoman de 500 ml.
- Adicionaram-se 200 ml de água e 10 ml de hexametafosfato de sódio (calgon) a 5%.
- Agitou-se durante 16 horas em aparelho de Wagner.
- Para obtenção das frações utilizou-se o método da pipeta (4).

3.1.1.2. Densidade aparente - Método da parafina (4)

3.1.1.3. Densidade real - Método do picnômetro (4)

3.1.1.4. Umidade retida a tensões de 0,33 e 15 atmosferas. Câmaras de pressão (4)

3.1.2. Análises químicas

3.1.2.1. pH em água - relação solo : água 1:2,5. Leitura potenciométrica (9)

- 3.1.2.2. pH em KCl - relação solo : solução de KCl 1N : 1:2,5. Leitura potenciométrica (9).
- 3.1.2.3. Fósforo - extração com H_2SO_4 0,05 N e determinação por colorimetria em solução sulfo-bismuto-molibdica usando-se ácido ascórbico como redutor (9).
- 3.1.2.4. Potássio e Sódio trocáveis - determinação por fotometria de chama no mesmo extrato utilizado para determinação do fósforo (9).
- 3.1.2.5. Cálcio, Magnésio e Alumínio trocáveis - extração pelo KCl 1N. Ca^{++} e Mg^{++} dosados em alíquotas do extrato pelo método do EDTA-Na. Ca^{++} somente e depois $Ca^{++} + Mg^{++}$ em conjunto (Mg^{++} por diferença). Al^{+++} titulado por NaOH 0,02 N em presença de solução alcoólica de fenolftaleína a 0,5% (9).
- 3.1.2.6. Acidez trocável ($H^+ + Al^{+++}$) - extração com solução N de acetato de cálcio a pH 7.0 e titulação com NaOH 0,02 N. O H^+ calculado por diferença entre $H^+ + Al^{+++}$ e Al^{+++} (9).
- 3.1.2.7. Nitrogênio total - Método de Kjeldahl. Digestão pelo ácido sulfúrico + mistura de sulfatos de cobre e monóxido de potássio. Destilação com o

hidróxido de sódio 18 N, retenção pelo ácido bórico 3% e titulação com ácido sulfúrico 0,01 N.

- 3.1.2.8. Carbono orgânico - oxidação feita pelo dicromato de potássio, em presença de ácido sulfúrico. Titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso tendo como indicador a difenilamina (10).
- 3.1.2.9. Teores totais de P_2O_5 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 e SiO_2 : ataque com ácido sulfúrico peso específico 1,47. P_2O_5 e TiO_2 por colorimetria; Al_2O_3 e Fe_2O_3 por volumetria e SiO_2 por gravimetria (49).
- 3.1.2.10. Soma das bases trocáveis - através a soma dos valores obtidos nas determinações do Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+ trocáveis.
- 3.1.2.11. Capacidade de troca catiônica - calculada pelo método indireto da soma de bases trocáveis (S) e da acidez trocável. ($H^+ + Al^{+++}$).
- 3.1.2.12. Índice de saturação de bases - obtido pela fórmula: $V (\%) = \frac{S}{CTC} \cdot 100$.
- 3.1.2.13. Óxidos de ferro livres - extração pelo ditonito citrato de sódio. Determinação colorimétrica (35).

3.1.2.14. Carbonato de cálcio equivalente - De
terminação por titulação do HCl adi
cionado e não utilizado, com NaOH
(35).

3.2. Determinação da capacidade de fixação de fósforo

3.2.1. Ensaio de laboratório

O método utilizado foi o de *WAUGH & FITTS (50)*, que pode ser descrito da seguinte maneira:

Preparou-se uma solução estoque contendo 2500ppm de P, cuja fonte utilizado foi o $\text{Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, a partir da qual, por diluição, conseguiram-se soluções com concentrações crescentes de fósforo, variando de 0 a 600 ppm de P. (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600 ppm P).

Pesaram-se porções de terra fina seca ao ar equivalente a 10 g de terra fina seca em estufa colocando-as em erlenmeyers de 125 ml. Em seguida adicionaram-se 4 ml da solução correspondente a cada tratamento, sendo que para a dose zero juntaram-se 4 ml de água destilada. A adição foi feita por meio de uma pipeta, gota a gota, de modo a cobrir toda a superfície das amostras, contidas nos erlenmeyers.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 10 tratamentos e três repetições.

Após a adição das soluções de fósforo, cobriram-se os erlenmeyers para evitar a evaporação e as amostras ficaram em incubação por um período de 4 dias.

Foi confeccionada uma curva padrão para o fósforo

de acordo com a metodologia proposta por *CATANI et alii (10)*, com as seguintes modificações:

- 1 - Transferiram-se para tubos de ensaio 0,25, 0,50, 1,00, 2,00 e 3,00 ml do padrão completando-se para um volume de 5 ml com H_2SO_4 0,05 N através de microbureta.
- 2 - A cada tubo adicionaram-se 10 ml de solução sulfo-bismuto-molibdica e 3 gotas de ácido ascórbico a 20%.

Determinou-se uma equação de regressão linear a qual foi utilizada para cálculo da concentração do elemento.

Após o período de incubação, procedeu-se a extração do fósforo assimilável usando-se o H_2SO_4 0,05 N como extrator e determinação no fotocolorímetro segundo *CATANI et alii (10)*, com algumas modificações as quais são descritas a seguir.

Foram transferidos 5 ml dos sobrenadantes para tubos de ensaio, adicionando-se em seguida a cada tubo, 10 ml de solução sulfo-bismuto-molibdica e 3 gotas de ácido ascórbico a 20%. Em alguns tratamentos, procedeu-se uma diluição de 1:10.

O fósforo fixado foi calculado da seguinte maneira:

$$P_f = (P_a + P_s) - P_e$$

P_f = fósforo fixado

P_a = fósforo adicionado

P_s = fósforo existente no solo

P_e = fósforo extraído

3.2.2. Ensaio em casa de vegetação

Foi conduzido em casa de vegetação um ensaio em vasos estudando níveis crescentes de fósforo (0, 50, 100, 200, 400 ppm P) tendo como fonte o $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. O delineamento usado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e três repetições. A quantidade de solo por vaso foi de 2 Kg, a qual foi pesada e misturada uniformemente com a quantidade do $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ correspondente a cada tratamento.

Foi adicionado a cada vaso 100 ml de uma solução nutritiva preparada segundo a metodologia proposta por *WAUGH & FITTS (50)*. Em seguida, adicionou-se água aos vasos até a proximadamente a capacidade de campo, cobrindo-os com papel para evitar evaporação, deixando-os sem qualquer tratamento durante uma semana, depois da qual efetuou-se o plantio.

A planta indicadora utilizada foi o painço (*Setaria italica* Beauv). Foram plantadas aproximadamente cinquenta sementes visando garantir um "stand" uniforme de 25 plantas por vaso após o desbaste, o qual foi efetuado 6 dias após a germinação.

Semanalmente eram adicionados 100 ml de solução nutritiva e através da pesagem dos vasos era repostada a água perdida inicialmente por evaporação e depois pela evapotranspiração, deixando-os sempre com um teor de umidade próximo da capacidade de campo.

Durante o decorrer do ensaio, efetuou-se o rodízio dos vasos, para evitar o efeito de local.

O ensaio foi colhido quarenta dias após o plantio, cortando-se as plantas a altura do colo, determinando-se o

peso da matéria seca em estufa de circulação de ar a 65 - 70°C.

3.3. Adubação do feijoeiro. Ensaio de campo

No Município de Poço Verde - SE que, segundo a classificação de Köppen, apresenta clima do tipo As'* e cujos dados de precipitação pluviométrica estão na Figura 1 foi conduzido durante dois anos no mesmo local um experimento fatorial 3^3 de adubação do feijão (*Phaseolus vulgaris* L. var. *Mulatinho Vagem Roxa*), estudando nitrogênio (0, 20 e 40 Kg/ha de N), fósforo (0, 50 e 100 Kg/ha de P_2O_5) e potássio (0, 20 e 40 Kg/ha de K_2O) nas formas de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. O fatorial sem repetição foi disposto em blocos incompletos, utilizando-se o modelo de confundimento W de Yates, citado por PIMENTEL GOMES (41). Foi aplicada uma adubação uniforme com enxofre (60 Kg/ha de S como sulfato de cálcio) e uma mistura de micronutrientes: zinco (4 Kg/ha de Zn como sulfato de zinco), cobre (4 Kg/ha de Cu como sulfato de cobre), boro (1 Kg/ha de B como borax) e molibdênio (0,2 Kg/ha de Mo como molibdato de sódio).

Incluíram-se tratamentos extras, em blocos ao acaso com três repetições, através dos quais estudaram-se por presença e ausência, os efeitos do enxofre e de uma mistura de micronutrientes na produção do feijoeiro. As fontes e doses do enxofre e dos micronutrientes, foram as mesmas utilizadas no fatorial. Os tratamentos extras, com exceção da testemunha, receberam adubação uniforme com nitrogênio (40 Kg/ha de N), fósforo (100 Kg/ha de P_2O_5) e potássio (40 Kg/ha de K_2O), nas formas de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio.

* SILVA, F.B.R. - Comunicação particular. Setembro de 1975.

.19.

Uma mistura incluindo todos os nutrientes foi preparada para cada tratamento e aplicada nos sulcos por ocasião do plantio.

Usaram-se parcelas de 18 m² com área útil de 9 m². O espaçamento foi de 0,60 m entre fileiras com 15 sementes por metro de sulco. Foram colhidas 3 fileiras centrais eliminando-se 50 cm em cada extremidade da fileira.

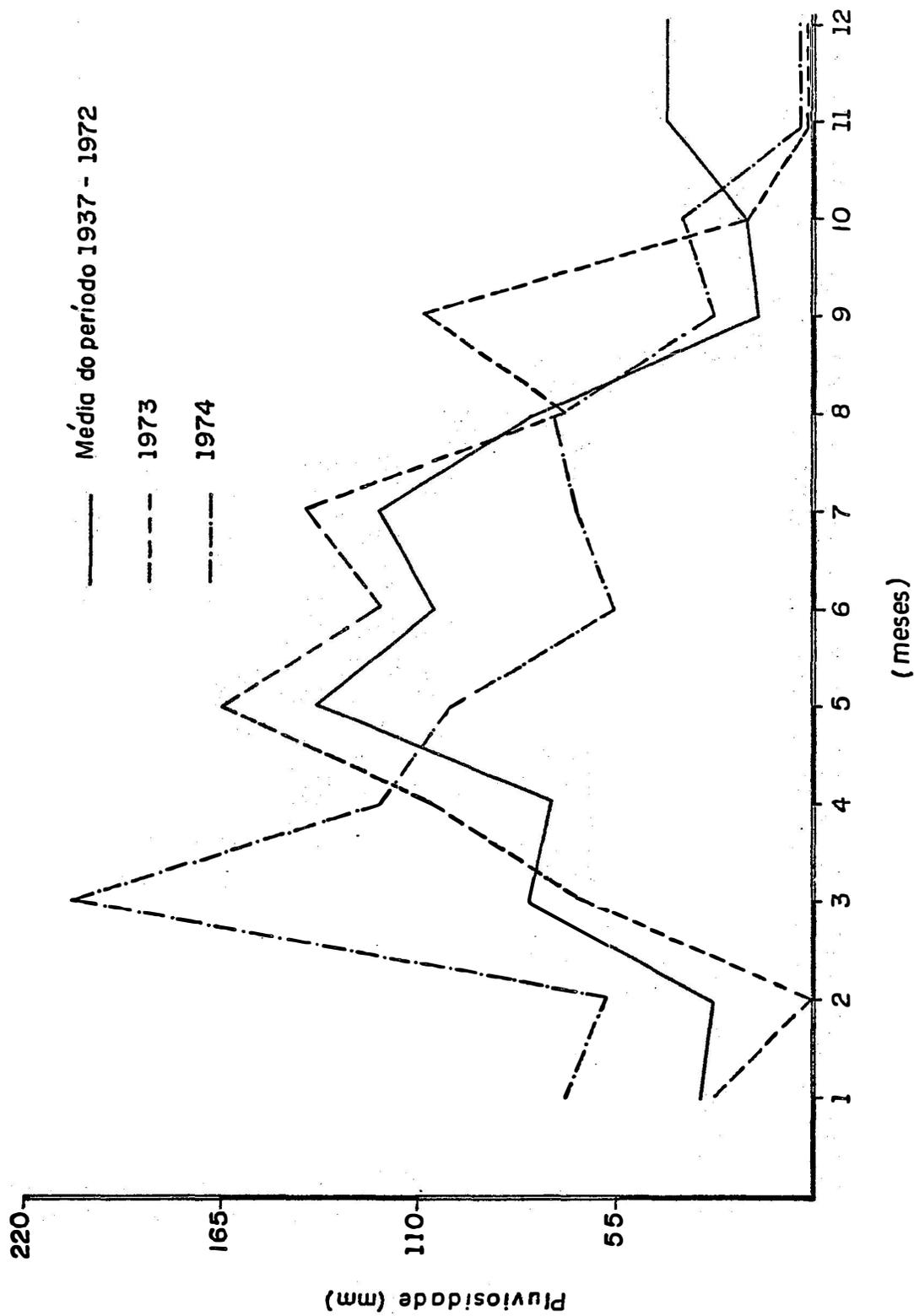


FIGURA 1 - Precipitação pluviométrica do Município de Poço Verde - Sergipe

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Capacidade de fixação de fósforo. Eleição e teste do valor "X"

Os resultados do ensaio onde estudou-se a capacidade de fixação de fósforo do Cambisol estão no Quadro 3. A análise estatística mostrou efeito altamente significativo para tratamentos observando-se que com o aumento das doses de fósforo a fixação aumenta em termos absolutos (ppm P fixado), mas diminui em termos relativos (% P fixado). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por *REZENDE (44)* e *MAGALHÃES (30)*.

Embora no presente trabalho não se tivesse a inten-

Quadro 3 - Influência de doses crescentes de fósforo na capacidade de fixação do elemento pelo Cambisol.

ppm P fornecido ao solo	P fixado	
	ppm	%
0	-	-
50	36.65	73.30
100	67.08	67.08
150	91.82	61.21
200	116.04	58.02
250	137.12	54.85
300	157.79	52.59
400	203.36	50.84
500	234.49	46.89
600	269.01	44.83

CV% = 1.15 \bar{x} = 145.93 ppm P DMS Tukey 1% = 5.90 ppm P

ção de estudar os mecanismos de fixação de fósforo supõe-se que no solo em estudo, a fixação de fosfato se deve principalmente a formação de fosfatos de cálcio e a precipitação de fosfato sobre as partículas de CaCO_3 , pois observando-se o Quadro 2, podemos notar os altos teores de cálcio tanto na forma trocável quanto na forma de CaCO_3 equivalente.

Segundo *WAUGH & FITTS (50)*, o valor "X" é uma aproximação da quantidade de fósforo requerida para ultrapassar o efeito da fixação do elemento, aumentando a disponibilidade do mesmo às plantas.

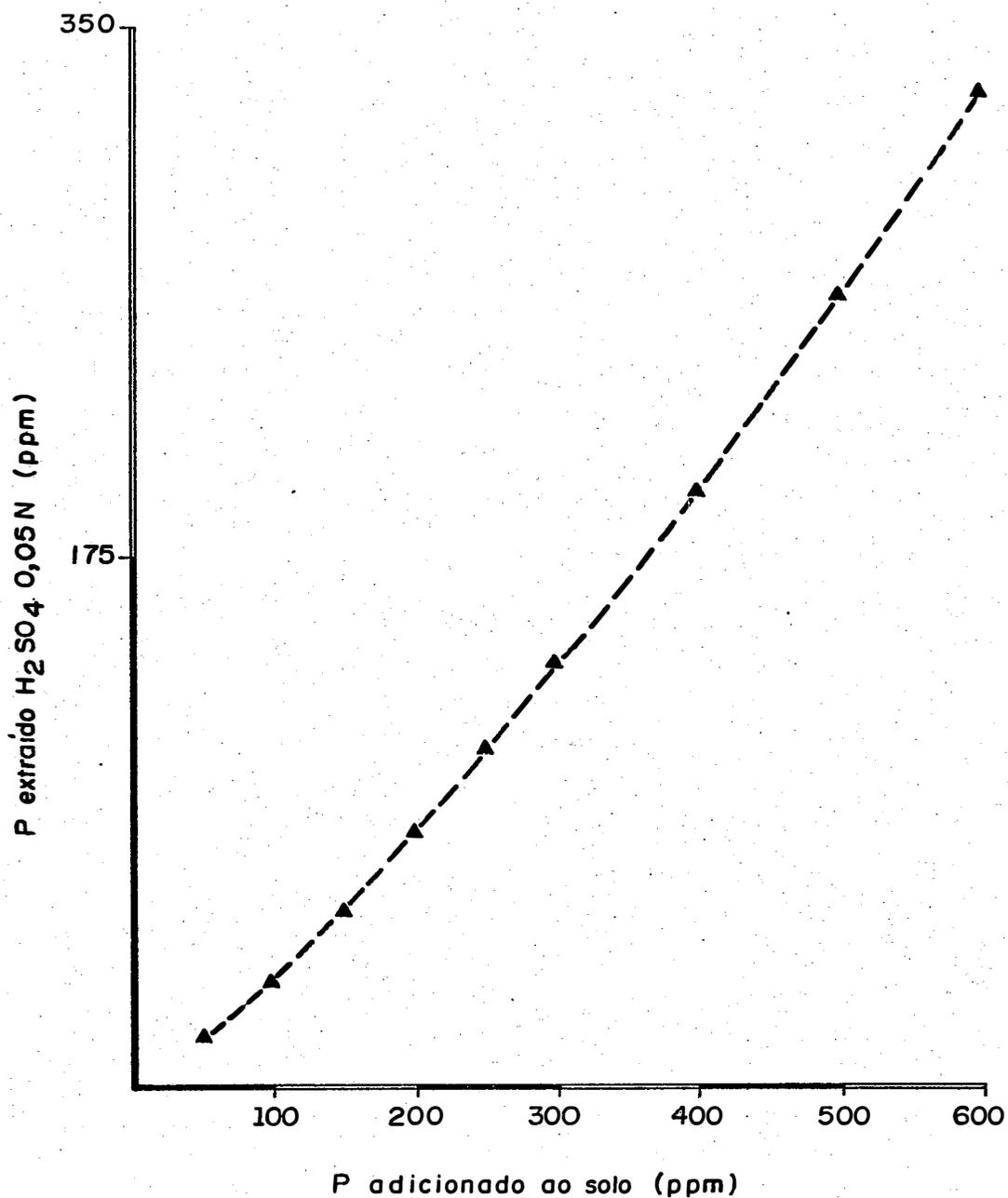


FIGURA 2 - Representação gráfica da relação entre as quantidades de fósforo extraído (H_2SO_4 0,05N) e adicionado.

Na Figura 2, pode ser observada a relação entre fósforo adicionado e fósforo extraído com H_2SO_4 0,05 N. O valor "X" escolhido de acordo com a metodologia proposta por WAUGH & FITTS (50), foi de 100 ppm de P.

Quadro 4 - Produção de matéria seca (g/vaso) por plantas de painço (*Setaria italica*, Beauv), em função da quantidade de fósforo aplicado tendo como base o valor "X".

Valor "X" ppm P	P aplicado (ppm)				
	0	50	100	200	400
100	0.27	6.31	9.34	11.48	10.58
CV% = 16.5 DMS Tukey 5% = 3.35g DMS Tukey 1% = 4.43g					

Os resultados do ensaio em vasos onde testou-se o valor "X" escolhido, estão no Quadro 4. A produção muito baixa de tratamento sem fósforo, de uma certa forma comprova a eficiência do extrator ácido utilizado (H_2SO_4 0,05N), pois, o mesmo somente conseguiu extrair do solo, 2 ppm de P. Com a aplicação de 50 ppm de P, a produção de matéria seca da planta indicadora utilizada, foi aumentada em mais de vinte vezes. Por sua vez, quando da aplicação de 100 ppm a produção de matéria seca quase duplicou, não havendo aumentos significativos a partir dessa dose ratificando o valor "X" escolhido.

4.2. Efeitos de NPK na produção do feijoeiro

Durante os períodos de condução do ensaio as plantas apresentaram bom aspecto vegetativo, sendo colhidos "stands" uniformes.

A análise da variância (Teste F) dos dados de produção mostrou efeito altamente significativo para tratamentos. Os coeficientes de variação foram de 22,11% e 15,46% respectivamente para os anos de 1973 e 1974, mostrando uma razoável uniformização dos mesmos. As médias gerais dos ensaios conduzidos (1356 Kg/ha para 1973 e 1304 Kg/ha p/ 1974) Quadro 5, correspondem a quase três vezes (2,8 e 2,7) a produção média do Estado em 1973, a qual foi de 481 Kg/ha (2).

A análise da variância (Teste F) dos dados obtidos nos dois anos de condução do ensaio, não mostrou efeitos significativos para o nitrogênio. Os resultados são concordes com os encontrados por *EIRA et alii* (16) e *KORNELIUS et alii* (26), enquanto que são discordantes dos encontrados por *MIYASAKA et alii* (37) e *GODOY* (20). *MALAVOLTA* (31), fez uma revisão da literatura brasileira sobre adubação do feijoeiro, na qual observa-se que em mais de 2/3 dos ensaios revistos, não houve efeito significativo para o nitrogênio. Supõe-se que o teor de matéria orgânica em torno de 2%, como também a presença de *Rhizobium* nativo nodulando o feijão, podem ter suprido as exigências da cultura. O pequeno decréscimo na produção causado pela aplicação de nitrogênio é difícil de ser explicado, pois, os dados existentes na literatura consultada sobre adubação com nitrogênio em feijão, não são conclusivos.

A análise da variância também não mostrou efeitos significativos para o potássio cujos resultados são concordes com os encontrados por *GODOY* (20). Por outro lado, alguns autores encontraram resultados significativos para o potássio: *ARRUDA* (3), *BRAGA et alii* (7) e *MIYASAKA et alii* (39). Nos dois anos de condução do ensaio a adição de potássio causou um decréscimo não significativo na produção, Quadro 5. Vale salientar, que o solo no qual foi conduzido o ensaio, apresenta altos teores de potássio e magnésio Qua

Quadro 5 - Efeitos de N, P e K na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. *Mulatinho Vagem Roxa*).

		Produções médias de grãos secos ao sol (Kg/ha)	
		1973	1974
Níveis de N (Kg/ha)			
0		1482,7 ± 99,94	1308,6 ± 67,21
20		1316,0 ± 99,94	1412,2 ± 67,21
40		1269,1 ± 99,94	1191,3 ± 67,21
Níveis de P ₂ O ₅ (Kg/ha)			
0		554,3 ± 99,94	444,9 ± 67,21
50		1488,8 ± 99,94	1641,9 ± 67,21
100		2024,7 ± 99,94	1825,2 ± 67,21
Níveis de K ₂ O (Kg/ha)			
0		1403,7 ± 99,94	1351,1 ± 67,21
20		1392,6 ± 99,94	1258,6 ± 67,21
40		1271,6 ± 99,94	1302,4 ± 67,21
DMS Tukey	5%	361,81	243,31
	1%	439,14	295,32

dro 2 e que, com a adição de mais potássio, pode ter havido um desequilíbrio nutricional, causado pelo excesso do citado elemento, pois a absorção pela planta de qualquer dos elementos citados, diminui com o aumento da concentração do outro (17).

Ao contrário com o que ocorreu com o nitrogênio e o potássio as respostas para o fósforo foram altamente significativas, sendo linear em 1973 e quadrática em 1974, Figuras 3 e 4. Quando se adicionou 50 Kg P_2O_5 /ha obteve-se aumentos na produção da ordem de 269% e 369% para 1973 e 1974, respectivamente. Por sua vez, quando a quantidade adicionada foi de 100 Kg/ha de P_2O_5 os aumentos foram de 365% e 410% para 1973 e 1974, respectivamente. Os resultados encontrados para o fósforo estão de acordo com a maioria dos resultados obtidos em ensaios conduzidos no Brasil (31). No entanto, vale citar que *KORNELIUS et alii* (25), trabalhando nas mesmas condições de solo e utilizando a mesma variedade, encontraram efeito altamente significativo para fósforo na produção do feijoeiro, confirmando portanto os resultados encontrados no ensaio em discussão.

Apesar do efeito residual do fósforo aplicado no primeiro ano, as médias de produção de P_1 e de P_2 praticamente não diferiram nos dois anos de condução do ensaio, ocorrendo inclusive, uma pequena diminuição na produção da dose P_2 do segundo ano em relação a do primeiro, provavelmente devido a pluviosidade ter sido mal distribuída no segundo ano de condução do ensaio, Figura 1.

Mesmo sabendo-se que a extrapolação dos resultados encontrados sofrem restrições, devido os mesmos terem sido obtidos de um único ensaio repetido dois anos no mesmo local, é provável que a aplicação de 50 Kg/ha de P_2O_5 aumente a produção de modo compensador.

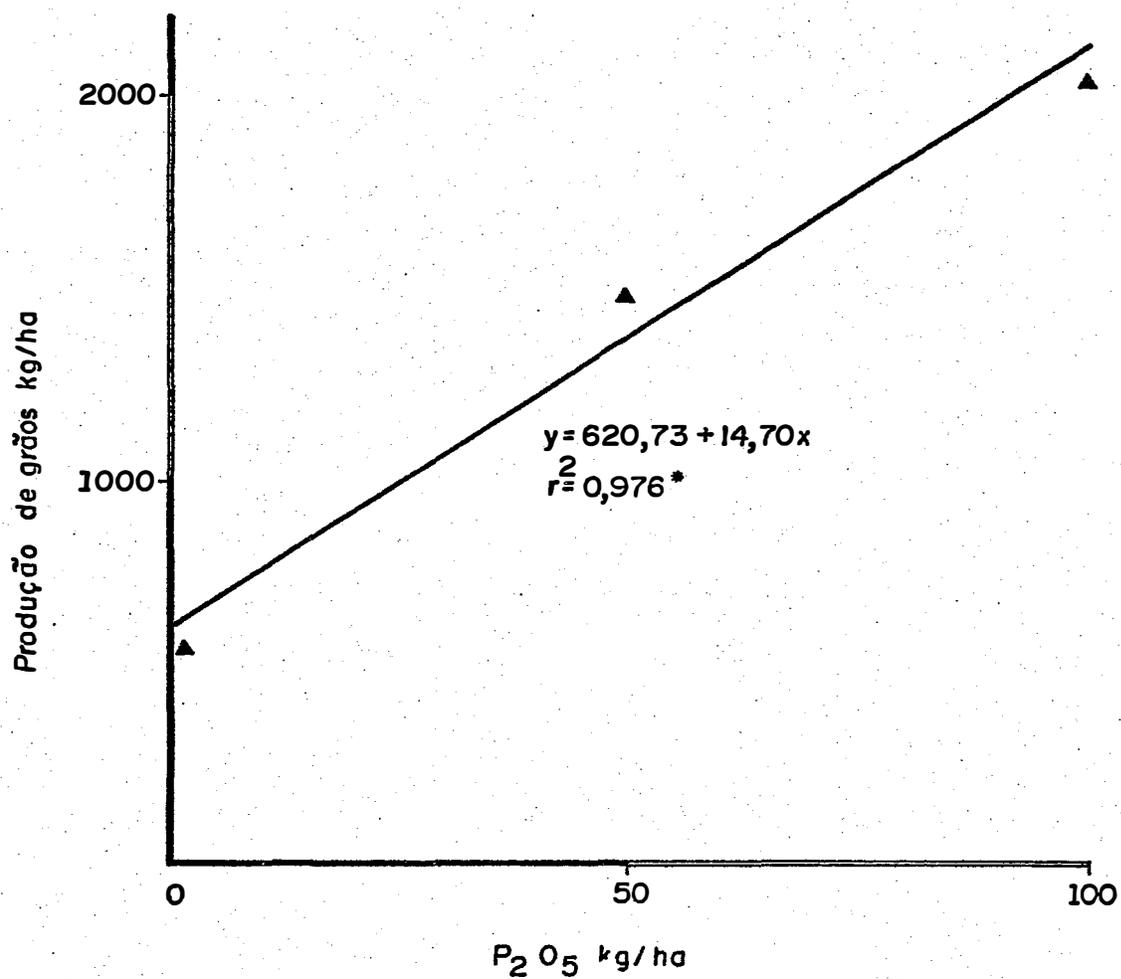


FIGURA 3- Influência de doses crescentes de fósforo na produção do feijoeiro em 1973. Representação gráfica da equação de regressão.

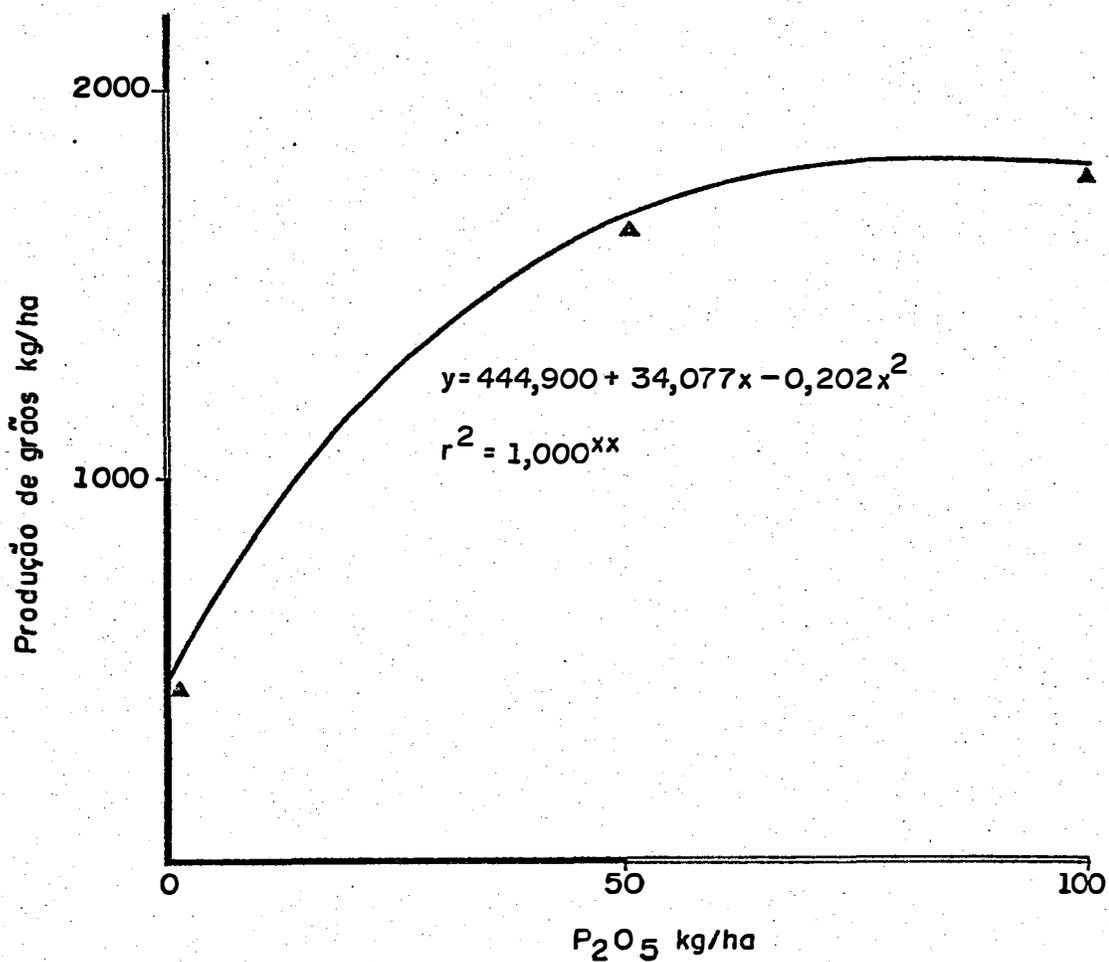


FIGURA 4 - Influência de doses crescentes de fósforo na produção do feijoeiro em 1974. Representação gráfica da equação de regressão.

4.3. Efeitos do enxofre e de uma mistura de micronutrientes na produção do feijoeiro

Os tratamentos extras, tal como ocorreu com os experimento fatorial apresentaram "stands" uniformes. Os resultados dos dados de produção bem como da análise da variância dos mesmos estão no Quadro 6, no qual se observa que não houve diferenças significativas entre o tratamento completo (222SM) e os tratamentos nos quais omitiu-se o enxofre, ou a mistura de micronutrientes.

Os resultados são concordantes com os encontrados por *SOBRAL et alii* (46) e *PRADO et alii* (42), entretanto, são discordantes dos encontrados por *BRAGA* (6), que estudando os efeitos do enxofre, boro e molibdênio na produção do feijoeiro em um Podzólico Vermelho Amarelo fase terraço, encontrou resultados significativos para os mesmos.

Entretanto, os dados referentes ao ano de 1973, mostram que embora não significativo, houve um decréscimo na produção, quando da presença do enxofre ou da mistura de micronutrientes. Considerando que os "stands" foram uniformes e ao se examinar os dados referentes ao ano de 1974, torna-se difícil explicar resultados encontrados em 1973, pois, apesar da aplicação subsequente das mesmas doses de fertilizantes empregadas no primeiro ano e da precipitação pluviométrica ter sido menor na época de condução do ensaio, Figura 1, os resultados do referido ano, não mostram decréscimo na produção com a presença do enxofre e da mistura de micronutrientes, afastando portanto, a hipótese de que a concentração de sais no sulco de plantio, poderia ter causado diminuição na produção em 1973.

Quadro 6 - Efeitos do enxofre e uma mistura de micronutrientes (Zn, Cu, B e Mo) na produção de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. *Mulatinho Vagem Roxa*) em um Cambisol.

Tratamento	Produções médias de grãos secos ao sol Kg/ha	
	1973	1974
222SM*	1511,10 ± 104,68	1833,20 ± 46,31
222S-	1892,36 ± 104,68	1803,66 ± 46,31
222-M	2244,46 ± 104,68	1792,43 ± 46,31
testemunha	700,00 ± 104,68	562,86 ± 46,31
\bar{x} =	1586,98	1498,04
CV % =	22,81	10,69
DMS Tukey 5% =	1025,93	453,91
1% =	1471,87	651,22

* Mistura de micronutrientes (Zn, Cu, B e Mo).

5. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados nos ensaios onde foi estudada a capacidade de fixação de fósforo por um Cambisol e os efeitos de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e de uma mistura de micronutrientes na produção do feijoeiro, no mesmo solo, permitiram concluir que:

- 1 - Quando se aumentou a quantidade de fósforo adicionada ao solo, a fixação aumentou em termos absolutos (ppm P fixado) mas diminuiu em termos relativos (% P fixado). O valor "X" eleito e confirmado através de ensaio em vasos foi de 100 ppm.

- 2 - O fósforo causou aumentos altamente significativos na produção do feijoeiro, nos dois anos da condução do ensaio.

- 3 - Não foram observados efeitos significativos do nitrogênio, potássio, enxofre e da mistura de mi cronutrientes na produção do feijoeiro.

6. RESUMO

A fixação de fósforo e os efeitos do nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e de uma mistura de micronutrientes (Zn, Cu, B e Mo) na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. *Mulatinho Vagem Roxa*), foram estudados em um Cambisol, solo representativo do Município de Poço Verde, maior produtor de feijão do Estado de Sergipe.

Para a determinação da capacidade de fixação de fósforo, eleição e teste do valor "X", foi utilizada a metodologia proposta por *WAUGH & FITTS (50)*.

Os efeitos de NPK na produção do feijoeiro foram estudados através de um experimento fatorial 3^3 , disposto em

blocos incompletos, segundo o modelo de confundimento W de Yates, citado por *PIMENTEL GOMES (41)*. Este experimento foi conduzido dois anos no mesmo local, sendo as seguintes as doses dos nutrientes: nitrogênio (0, 20 e 40 Kg/ha de N), fósforo (0, 50 e 100 Kg/ha de P_2O_5) e potássio (0, 20 e 40 Kg/ha de K_2O) os quais tiveram como fontes uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Todas as parcelas receberam uma adubação uniforme com enxofre e micronutrientes, nas seguintes doses e fontes: 60 Kg/ha de S como sulfato de cálcio, 4 Kg/ha de Zn como sulfato de zinco, 4 Kg/ha de cobre como sulfato de cobre, 1 Kg/ha de B como borax e 0,2 Kg/ha de Mo como molibdato de sódio.

Através de tratamentos extras dispostos em blocos ao acaso, foram estudados os efeitos do enxofre e da mistura de micronutrientes na produção do feijoeiro. As mesmas doses indicadas acima foram usadas e os tratamentos foram os seguintes: testemunha, menos-S, menos-micro e completo(NPKSmicro).

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

- 1 - Quando se aumentou a quantidade de fósforo adicionada ao solo, a fixação aumentou em termos absolutos (ppm P fixado), mas diminuiu em termos relativos (% P fixado). O valor "X" eleito e confirmado através de ensaio em vasos, foi de 100 ppm.
- 2 - O fósforo causou aumentos altamente significativos na produção do feijoeiro, nos dois anos da condução do ensaio.
- 3 - Não foram observados efeitos significativos do nitrogênio, potássio, enxofre e da mistura de micronutrientes na produção do feijoeiro.

7. SUMMARY

Phosphorus fixation and the effects of nitrogen, phosphorus, potassium, sulfur and of a composite mixture of micronutrients (Zn, Cu, B and Mo) in the production of common beans (*Phaseolus vulgaris* L. *Mulatinho Vagem Roxa* variety), were studied using a Cambisol as substrate. This soil is representative of the Poço Verde Municipality, the largest producer of beans in the state of Sergipe.

The method of *WAUGH and FITTS (50)* was used to determine the soil phosphorus fixation capacity and select and test the "X" value.

The effects of NPK in the yield of beans was studied

by means of a 3^3 factorial experiment in an incomplete block design according to Yates confounded W model cited by *PIMENTEL GOMES (41)*. The experiment was conducted in the same site for two subsequent years. Rates of nutrient utilized were as follows: nitrogen (0, 20 and 40 Kg/ha of N) phosphorus (0, 50 and 100 Kg/ha of P_2O_5) and potassium (0, 20 and 40 Kg/ha of K_2O) applied as urea, triple superphosphate and potassium chloride, respectively. All plots received a uniform application of 60 Kg/ha of S as calcium sulfate, 4 Kg/ha of Zn as zinc sulfate, 4 Kg/ha of Cu as copper sulfate, 1 Kg/ha of B as borax and 0,2 Kg/ha of Mo as sodium molybdate.

A number of extratreatments was planted with the main field trial to study the effect of sulfur and micronutrients. The same rates indicated above were used. Treatments were as follows: check, minus-S, minus-micro and complete (NPK S micro). These treatments were analyzed as a randomized block experiment.

The results obtained led to the following conclusions:

- 1 - Absolute values of phosphorus fixation (ppm of fixed P) increased with the rate of added phosphorus while the relative fixed values decreased (%). The pot experiment confirmed the selected "X" value of 100 ppm.
- 2 - Yield of common beans was significantly affected by the application of phosphorus in the two years the field experiment was planted.
- 3 - No significant effects on the yield of beans were detected for nitrogen, potassium, sulfur and the composite mixture of micronutrients.

8. LITERATURA CITADA

- (1) ALMEIDA, D.L. de; PESSANHA, G.G.; PENTEADO, A. de F. - Efeito da calagem e da adubação fosfatada e nitrogenada na nodulação e produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Pesq. agropec. bras. Sér. Agron.*, Rio de Janeiro, 8:127-30, 1973.
- (2) ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE SERGIPE Aracaju, CONDESE, v.3, 1973.
- (3) ARRUDA, H.V. de. Adubação química do feijoeiro. *Bolm. Agric. Dep. Prod. Veg.*, Belo Horizonte, 9(1/2):57-62, 1960.

- (4) BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, Am. Soc. Agronomy, 1965. v.1. (Agronomy, 9).
- (5) BOHN, H.L. & PEECH, M. Phosphatoiron (III) and phosphatoaluminum complexes in dilute solutions. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Ann Arbor, 33(6):837-6, 1969.
- (6) BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro "Rico 23" à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. *Revta. Ceres*, Viçosa, 19(103):222-6, 1972.
- (7) _____ ; DEFELIPO, B.V.; VIEIRA, C.; FONTES, L.A.N. Vinte ensaios de adubação NPK da cultura do feijão na zona da Mata de Minas Gerais. *Revta. Ceres*, Viçosa, 20(111):370-80, 1973.
- (8) BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. Trad. Antônio B. Neiva Figueiredo Filho. 2. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1968. 594 p.
- (9) CATANI, R.A. & JACINTHO, A.O. Análise química para avaliar a fertilidade do solo. *Bolm. téc. cient. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, n.37, 1974. 54 p.
- (10) _____ ; & PELLEGRINO, D. A fixação do fósforo em alguns solos do Estado de São Paulo, estudado com o auxílio do fósforo radioativo ^{32}P . *Revta. Agric.*, Piracicaba, 32:237-52, 1957
- (11) _____ ; GALLO, J.R.; GARGANTINI, H. Amostragem do solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. *Bolm. Inst. Agron. Campinas*, n.69, 1955. 29 p.

- (12) CHANG, S.C. & JACKSON, M.L. Solubility product of iron phosphate. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Ann Arbor, 21: 265-9, 1957.
- (13) COLE, C.V. & JACKSON, M.L. Solubility equilibrium constant of dihydroxy aluminum dihydrogen phosphate relating to a mechanism of phosphate fixation in soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Ann Arbor, 15:84-9, 1950.
- (14) COLE, C.V.; OLSEN, S.R.; SCOTT, C.O. The nature of phosphate sorption by calcium carbonate. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Ann Arbor, 17:352-6, 1953.
- (15) DALTON, J.D.; RUSSEL, G.C.; SIELING, D.H. Effect of organic matter on phosphate availability. *Soil Sci.*, Baltimore, 73:173-81, 1952.
- (16) EIRA, P.A. da.; PESSANHA, G.G.; BRITTO, D.P.P. de S.; CARBAJAL, A.R. Adubação mineral de nitrogênio e fósforo na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Vitória, 1971. *Anais*. Vitória, Soc. Bras. de Ciência do Solo, 1973. p. 151.
- (17) EPSTEIN, E. *Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas*. Trad. de E. Malavolta. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos; São Paulo, Ed. USP, 1975. 334 p.
- (18) FASSBENDER, H.W. Phosphorus fixation in tropical soils. *Agri Digest*, Brussels, 18:20-8, 1969.

- (19) FONTES, L.A.N. *Adubação NPK + Ca da cultura do feijão na Zona da Mata, Minas Gerais*. Viçosa, 1965. 47 p. [Tese (M.S.) - UFV].
- (20) GODOY, O.P. *Adubação mineral do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)*. Piracicaba, 1968. 64 p. [Tese (Livre-Docência) - ESALQ].
- (21) GOUVEIA, F.C.; ANDRADE, M.E.; COIMBRA, R. de O. *Feijão adubação NPK*. *Bolm. Agric. Dep. Prod. Veg., Belo Horizonte*, 3(11/12):68, 1954.
- (22) HEMWALL, J.B. *The fixation of phosphorus by soils*. *Adv. Agron.*, New York, 9:95-112, 1957.
- (23) HSU, P.H. *Fixation of phosphates by aluminum and iron in acidic soils*. *Soil Sci.*, New Brunswick, 99:398-402, 1965.
- (24) KARDOS, L.T. *Soil fixation of plant nutrients*. In: BEAR, F.E. *Chemistry of the soil*. New York, Reinhold, 1964. p. 369-94.
- (25) KORNELIUS, E.; SOBRAL, L.F.; GOMES, J. de C.; RODRIGUES, E.M. *Efeitos de doses de nitrogênio e fósforo na produção de feijão (Phaseolus vulgaris L.)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. *Resumos dos trabalhos científicos*. Campinas, Inst. Agrônômico, 1975. p. 5.

- (26) KORNELIUS, E. Efeitos de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. *Resumos dos trabalhos científicos*. Campinas, Inst. Agronômico, 1975. p. 36.
- (27) LEAL, J.R. & VELLOSO, A.C.X. Adsorção de fosfato em Latossolos sob vegetação de cerrado. *Pesq. Agropec. bras. Sér. Agron.*, Rio de Janeiro, 8:81-8, 1973.
- (28) LINDSAY, W.L.; FRAZIER, A.W.; STEPHENSON, H.F. Identification of reaction products from phosphate fertilizers in soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Ann Arbor, 26:446-52, 1962.
- (29) LOURENÇO, S. Adsorção e dessorção do fósforo em solos do Estado do Paraná. Piracicaba, 1973. 69 p. [Tese (Doutoramento) - ESALQ].
- (30) MAGALHÃES, J.C.A.J. de. Efeito de níveis e modos de aplicação de fósforo, na produção da matéria seca e conteúdo deste nutriente no milho (*Zea mays*, L.), cultivado em solos de "cerrado" de Brasília-D.F. Piracicaba, 1974. 112 p. [Tese (M.S.) - ESALQ].
- (31) MALAVOLTA, E. *Nutrição e adubação*. Viçosa, UFV, 1972. 32 p. Separata do SIMPÓSIO BRASILEIRO DO FEIJÃO, 1., Campinas, 1971.

- (32) MASCARENHAS, H.A.A.; ALMEIDA, L.D.; MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; CIONE, J.; HIROCE, R.; NERY, J.P. Adubação mineral do feijoeiro. XII- Efeitos da calagem, do nitrogênio e do fósforo em Latossolo Vermelho Amarelo do Vale do Ribeira. *Bragantia*, Campinas, 28(7): 71-83, 1969.
- (33) MELLO, F.A.F. de. Capacidade de fixação de fosfato em alguns solos do Município de Piracicaba *Revta. Agric., Piracicaba*, 43:23-8, 1968.
- (34) _____ ; de; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S.; COBRA NETO, A.; SILVEIRA, R.I. *Fertilidade do solo*. Piracicaba, ESALQ, Dep. de Solos e Geologia, 1972. 2 V.
- (35) MENDES, A.C.T. *Análises químicas de solos*. Piracicaba, ESALQ, Dep. de Solos e Geologia, 1970. 98 p.
- (36) MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; IGUE, T.; SCHMIDT, N.C.; LEITE, N. Adubação mineral do feijoeiro. V- Efeitos de N, P, K, S e de uma mistura de micronutrientes em dois solos do Vale do Paraíba. *Bragantia*, Campinas, 25(28):307-16, 1966.
- (37) _____ ; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H. A. A. Modo é época da aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, 22(40):511-19, 1963.
- (38) _____ ; IGUE, T.; FREIRE, E.S. Adubação do feijoeiro em solos derivados do arenito Bauru. *Bragantia*, Campinas, 24(20):231-45, 1965.

- (39) MIYASAKA, S.; PETTINELLI, A.; FREIRE, E.S.; IGUE, T. Adubação mineral do feijoeiro. IV- Efeitos de NPK da calagem e de uma mistura de enxofre e micronutrientes, em Tietê e Tatuí. *Bragantia*, Campinas, 25 (27):297-305, 1966.
- (40) NOVAIS, R.F. de & BRAGA FILHO, L.J. Aplicação de "Tufito" e NPK na adubação do feijão em um solo de Patos de Minas. *Revta. Ceres*, Viçosa, 18(98):308 - 14, 1971.
- (41) PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 4. ed. Piracicaba, 1970. 430 p.
- (42) PRADO, E.C.; FONSECA, R.; RODRIGUES, E.M. Efeito de níveis crescentes de fósforo na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Aracaju, IPEAL, 1970. 3 p.
- (43) RACZ, G.J. & SOPER, R.J. Reaction products of orthophosphates in soils containing varying amounts of calcium and magnesium. *Can. J. Soil Sci.*, Ottawa, 48:265-6, 1967.
- (44) REZENDE, J. de O. *Capacidade de fixação de fósforo por solos dos Estados da Bahia e Sergipe*. Influência do pH e tempo de reação. Piracicaba, 1974. 81 p. [Tese (M.S.) - ESALQ].
- (45) SILVA, T. & GOUVEIA, F.C. Ensaio de adubação NPK para feijão. *Bolm. Agric. Dep. Prod. Veg.*, Belo Horizonte, 4(11/12):139, 1955.

- (46) SOBRAL, L.F.; BARBOSA, E.H.O.; GOMES, J.C. *Efeito de macro e micronutrientes na produção do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) em um planossolo*. Aracaju, IPEAL, 1973. 3 p.
- (47) STOUT, P.R. Alterations in the crystal structures of clay minerals as a result of phosphate fixation. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Ann Arbor, 4:177-82, 1939.
- (48) SUDENE. Departamento de Recursos Naturais. Divisão de Agrologia. *Mapa exploratório; reconhecimento de solos: Estado de Sergipe*. Rio de Janeiro, Fund. IBGE, 1973. Esc. 1:400.000. Color.
- (49) VETTORI, L. Métodos de análises do solo. *Bolm. téc. Equipe Pedol. Fertil. Solo*, Rio de Janeiro, n. 7, 1969. 24 p.
- (50) WAUGH, D.L. & FITTS, J.W. Estudos para interpretação de análises de solo: de laboratório e em vasos. *Bolm. téc. int. Soil Test.*, Raleigh, n. 3, 1966. 33 p.