

EFEITO DE FONTES E DOSES DE FÓSFORO NA ADUBAÇÃO DA SOJA

(*Glycine max* (L) Merrill), EM UM SOLO SOB CAMPO CERRADO*

João Pereira

José Mário Braga

Roberto Ferreira de Novais**

1. INTRODUÇÃO

A produção brasileira da soja tem crescido de modo surpreendente nos últimos anos. Entre os países que mais produzem soja, o Brasil ocupa o 3º lugar, embora com uma produção ainda muito pequena, quando comparada à obtida pelos maiores produtores mundiais, a saber: Estados Unidos e China Continental (22).

Esta situação poderia dificultar a conquista de novos mercados, em razão da maior oferta por parte daqueles competidores. Porém, a localização do Brasil, no hemisfério Sul, o coloca em condições de produzir soja no período de entressafas dos principais produtores, criando, assim, posição favorável nos mercados consumidores.

Apesar das áreas de cerrados do Norte de São Paulo, Centro e Sul de Mato Grosso e Goiás, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, em Minas Gerais, serem pobres em nutrientes, nelas, a cultura da soja tem sido intensificada, graças ao uso de uma tecnologia melhorada.

Dentre os vários nutrientes que limitam a produção da soja nos solos sob vegetação de cerrados, está o fósforo, constatando-se grandes aumentos de produção quando um desse elemento é a eles aplicado.

Os fertilizantes mais usados como fonte de fósforo são os superfosfatos simples e triplo, que, em mistura com fontes de outros elementos, representaram 49% do consumo total interno de P_2O_5 , em 1971 (2). Porém, não existem dados disponíveis que permitam comprovar a eficácia de fontes de fósforo nos solos sob cerrado, muito embora o país seja detentor de grandes

* Parte da tese apresentada à U.F.V. pelo primeiro autor, como um dos requisitos para obtenção do grau de "Magister Scientiae".

Aceito para publicação em 8-4-1974.

** Respectivamente, Pesquisador em Agricultura do Ministério da Agricultura (MA) e Bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), Professor Adjunto e Professor Assistente da Universidade Federal de Viçosa.

jazidas de fosfatos naturais e existam, no mercado, outras fontes de fósforo.

O objetivo do presente trabalho foi comparar os efeitos de seis fontes de fósforo, em três doses, na produção de soja, em condições de cerrado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os solos sob vegetação de cerrados, com 1,8 milhões de Km² (18), correspondem a um dos maiores espaços vazios do Brasil, possuindo condições favoráveis para a agricultura avançada, desde que sejam sanados os fatores limitantes de seu aproveitamento, como sua baixa fertilidade natural (1, 7, 8, 12). São solos muito intemperizados, apresentam elevados teores de óxidos de ferro, de alumínio e, em alguns casos, de manganês; nem sempre apresentam elevado teor de alumínio trocável, embora o pH varie de ácido a fortemente ácido; o fósforo assimilável, a capacidade de troca e o índice de saturação de bases são baixos (1).

A soja é uma cultura que se adapta às diferentes condições de solo. Diversos trabalhos têm mostrado que pode ser produzida em solos de cerrado, após calagem e adubação adequadas (7, 8, 11, 13, 15, 19 e 20).

Através de vários trabalhos, foi evidenciado ser o fósforo um dos fatores mais limitantes da produção de soja, em solos de cerrado (7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 20).

Quanto à melhor fonte de fósforo a ser empregada, os trabalhos realizados em outros países têm mostrado que a resposta depende de muitos fatores, e portanto é difícil afirmar qual a melhor (21, 23).

No Brasil, existem trabalhos sobre competição de fonte de fósforo em diversas culturas e os resultados obtidos têm demonstrado uma variação de respostas relativamente grande (5, 6).

Para a soja em especial, RIOS *et alii* (19), em Uberaba, compararam superfosfato simples e triplo, farinha de ossos, fosfato de Araxá e escória de Thomas, aplicados em sulcos e a lanço, nas doses de 300, 130, 340, 1200, 24000 e 3000 kg/ha, dos respectivos fertilizantes. As produções, embora não analisadas estatisticamente, mostraram-se nitidamente superiores quando se usou o superfosfato simples, o triplo, farinha de ossos e escória de Thomas, sobre as produções obtidas com apatita de Araxá.

Trabalho realizados em diferentes locais do Paraná, abrangendo vários tipos de solos, mostraram maior resposta da soja à escória de Thomas e ao termofosfato, quando diversos fosfatados foram comparados (16).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado numa área sob vegetação campo-cerrado da Estação Experimental de Anápolis, Unidade de Pesquisa do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro Oeste (IPEACO), situada na latitude de 16° 19' 48" Sul e na longitude de 48° 58' 23" W. Gr.

O ensaio foi instalado em um Latossolo Vermelho Escuro

distrófico, de textura média.

De cada subparcela experimental foi obtida uma amostra composta, constituída de 20 amostras simples, que foi analisada quimicamente. As médias das análises químicas e os seus respectivos desvios padrões encontram-se no quadro 1.

QUADRO 1 - Médias das análises químicas e respectivos desvios padrões das amostras de solo de cada subparcela.

| Análise | Resultado e Desvio Padrão |
|---------------------------------------|---------------------------|
| pH em água (1:1) | 5,12 \pm 0,0106 |
| Al (eq. mg/100 cc) ⁺ | 0,30 \pm 0,0064 |
| Ca + Mg (eq. mg/100 cc) ⁺⁺ | 0,84 \pm 0,0982 |
| K (ppm) ⁺⁺ | 44,85 \pm 1,1912 |
| P (ppm) ⁺⁺ | Traços |
| M.O. (%) ⁺⁺⁺ | 1,544 \pm 0,0291 |
| N - total (%) ⁺⁺⁺ | 0,083 \pm 0,0011 |

+ Extrator: KCl 1N

++ Extrator: H₂SO₄ 0.025N + HCl 0.05N

+++ Processo: "Walkley Black".

O delineamento usado foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As fontes de fósforo foram empregadas nas parcelas e as doses, nas subparcelas.

Cada subparcela foi constituída de 10 fileiras de 6,0m de comprimento com espaçamento de 0,60m entre si.

Para as observações sobre produção, foram tomados os dados de 8 fileiras com 5,00 metros, desprezando-se, portanto, duas fileiras laterais e 0,50m nas extremidades de cada uma das fileiras centrais.

Tomaram-se como fontes de fósforo, superfosfato simples (20% de P₂O₅ solúvel n'água), superfosfato triplo (45% de P₂O₅ solúvel n'água), farinha de ossos (25% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico a 2%) apatita de Araxá (6% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico a 2%), termosfosfato (19,2% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico a 2%) e escória de Thomas (16% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico a 2%).

Utilizaram-se três doses de cada fonte de fósforo: zero 50 e 100 kg de P₂O₅/ha. As quantidades calculadas foram aplicadas a lanço, e depois incorporadas ao solo. Cada parcela re-

cebeu, anteriormente, 3,2 t de calcário dolomítico por hectare.

Por ocasião do plantio foi feita uma adubação básica em todas as parcelas, que consistiu de 20 kg de sulfato de amônio, 50 kg de cloreto de potássio e 10 kg de FTE BR-9/ha.

A soja empregada foi a variedade 'Mineira', previamente inoculada com *Rhizobium japonicum*, tendo sido semeados 40 sementes/metro de sulco e, aos 25 dias após a germinação, procedido o desbaste para 25 plantas/metro.

As fontes de fósforo, superfosfato simples, superfosfato triplo, farinha de ossos, apatita de Araxá, termofosfato e escória de Thomas foram identificadas no presente trabalho por SS, St, F0, AA, TC, respectivamente.

Além da produção de grãos de soja, foram obtidos outros dados como número de plantas/parcela, altura média de plantas, número de vagens/planta, peso das vagens, percentagem de vagem com metade ou mais de grãos mal formados, peso de grãos e peso de 100 sementes.

Foram realizados análises de variância e de regressão, utilizando-se o programa 1130-CA-06x da IBM (9).

Além das comparações estatísticas usuais, adotou-se, como critério de comparação entre as fontes de fósforo, o índice o coeficiente de disponibilidade (I.C.D.), preconizado por BLACK e SCOTT (3) e por BRAGA (4). O modelo matemático usado foi o das retas concorrentes, conforme WHITE *et alii* (25).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Generalidades

Os dados médios de números de plantas, altura média das plantas, número de vagens/50 plantas, peso médio de vagens, percentagem de vagens com metade ou mais de grãos mal formados, produção de grãos e peso de 100 sementes estão nos quadros 2 e 3. A análise de variância dos dados encontra-se nos quadros 4 e 5.

As fontes de fósforo afetaram, significativamente, todos os parâmetros analisados e a interação fonte-dose não foi significativa para número de plantas, apenas, (quadro 4). com o desdobramento dos graus de liberdade da interação fonte x dose (quadro 5), nota-se que houve efeito linear de todas as fontes para os parâmetros estudados, porém, não se observou o mesmo em relação ao efeito quadrático.

Verificou-se efeito quadrático significativo para todas as fontes quando o parâmetro estudado foi altura de plantas, mas o mesmo não foi verificado para número de vagens/50 plantas. Quanto ao peso das vagens só foi significativo o efeito quadrático para o supertriplo, farinha de ossos, termofosfato e escória de Thomas.

Para vagens com metade, ou mais, de grãos mal formados, o componente quadrático não foi significativo para superfosfato simples, apatita de Araxá e termofosfato; todavia, para peso de produção, foi significativo apenas para a escória de Thomas e, para peso de 100 sementes somente não houve resposta significativa ao componente quadrático para apatita de Araxá.

A comparação entre as fontes testadas pode ser verificada nos valores de seus I.C.D. que se encontram no quadro 6.

QUADRO 2 - Dados médios, por nível de cada fonte usada, do número médio de planta por parcela, altura média das plantas, número médio de vagens de 50 plantas, peso de vagens, % de vagens mal formadas, produção de grãos, peso médio de 100 sementes

| | Nível | Número de planta por parcela | Altura média (cm) | Número de vagens/50 plantas | Peso vagens kg/ha | % de vagens com metade ou + de grãos mal formados | Produção de grãos kg/ha | Peso médio 100 sementes (g) |
|----------------------|-------|------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|---|-------------------------|-----------------------------|
| Superfosfato simples | 0 | 898 b | 23,0 c | 128,25 c | 218 c | 1,18 a | 119 a | 9,8 b |
| | 1 | 940 a | 44,8 b | 357,75 b | 1141 b | 0,50 b | 614 b | 12,1 a |
| | 2 | 954 a | 53,3 a | 613,25 a | 1899 a | 0,27 c | 1039 c | 12,7 a |
| Superfosfato triplo | 0 | 934 a | 23,0 b | 106,00 c | 191 c | 2,49 a | 95 a | 9,7 b |
| | 1 | 921 a | 41,3 a | 336,00 b | 1056 b | 0,47 b | 676 b | 12,1 a |
| | 2 | 953 a | 43,0 a | 517,50 a | 1552 a | 0,43 c | 996 c | 12,7 a |
| Farinha de ossos | 0 | 885 a | 22,0 b | 104,40 c | 186 c | 3,52 a | 102 a | 9,9 c |
| | 1 | 938 a | 40,0 a | 305,25 b | 1012 b | 0,70 b | 454 b | 11,5 b |
| | 2 | 917 a | 41,3 a | 422,00 | 1303 a | 0,40 c | 847 c | 12,2 a |
| Apatita de Araxá | 0 | 918 b | 22,0 c | 127,25 c | 222 c | 1,29 a | 127 a | 9,5 c |
| | 1 | 945 a | 37,0 b | 245,50 b | 687 b | 0,81 b | 382 b | 11,1 b |
| | 2 | 976 a | 43,0 a | 342,50 a | 1085 a | 0,67 c | 635 a | 12,4 a |
| Termofosfato | 0 | 920 a | 22,0 a | 155,50 c | 238 c | 1,01 a | 135 a | 10,2 c |
| | 1 | 956 a | 47,0 b | 366,75 b | 1330 b | 0,65 b | 660 b | 12,0 b |
| | 2 | 942 a | 55,0 a | 523,25 a | 1788 a | 0,34 a | 1019 c | 12,7 a |
| Escória de Thomas | 0 | 838 b | 22,0 c | 134,50 c | 186 c | 2,04 a | 105 a | 9,6 b |
| | 1 | 932 a | 46,3 b | 362,50 b | 1212 b | 0,43 b | 688 b | 12,0 a |
| | 2 | 963 a | 51,5 a | 512,75 a | 1637 a | 0,26 c | 869 c | 12,2 a |

QUADRO 3 - Dados médios por fonte aplicada de número médio de planta/parcela, altura média das plantas, número de vagens de 50 plantas, peso médio de vagens, % de vagens mal formadas, produção de grãos, peso médio de 100 sementes

| Fonte | Número médio de plantas/parcela | Altura média (cm) | Nº de vagens 50 plantas | Peso de vagens kg/ha | % de vagens com metade grãos mal formados | Produção de grãos (kg/ha) | Peso médio 100 sementes (g) |
|----------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|---|---------------------------|-----------------------------|
| Superfosfato simples | 931 ab | 40,3 a | 364,16 a | 1079 a | 0,66 b | 605 a | 11,5 a |
| Superfosfato triplo | 936 ab | 35,8 b | 319,83 ab | 962 ab | 1,13 ab | 591 a | 11,5 a |
| Farinha de ossos | 912 b | 34,8 b | 277,23 c | 834 ab | 1,55 a | 467 ab | 11,2 a |
| Apatita de Araxá | 946 a | 34,0 b | 254,00 b | 665 b | 0,92 ab | 382 b | 11,0 a |
| Termofosfato | 939 ab | 41,3 a | 348,50 a | 1119 a | 0,66 b | 604 a | 11,6 a |
| Escória de Thomas | 911 b | 39,9 a | 331,59 ab | 1012 a | 1,12 ab | 554 a | 11,2 a |

* As médias acompanhadas pelas mesmas letras não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

QUADRO 4 - Análise de variância do efeito de fontes e doses de fósforo sobre as características agrônomicas estudadas

| Quadrado médio | | | | | | | | |
|-------------------|------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|--|------------------------|--------------------------|
| Fonte de variação | G.L. | Número de plantas/ parcela | Altura das plantas (cm) | Número de vagens/50 plantas | Peso das vagens (g) | Vagens com metade ou + de grãos mal formados (arc sen %) | Peso da produção (g) | Peso de 100 sementes (g) |
| Parcelas | 23 | 1785,795 | 38,043 | 10.057,58 | 685.105 | 2,9425 | 210.922 | 0,501 |
| Blocos | 3 | 7325,480 ⁺ | 36,830 | 4.475,60 | 441.677 | 2,7684 | 147.226 | 1,035 |
| Fontes de | | | | | | | | |
| Fósforo (F) | 5 | 2004,300 ⁺ | 124,448 ⁺⁺ | 29.010,60 ⁺⁺ | 1828,288 ⁺⁺ | 7,2064 ⁺⁺ | 638.648 ⁺⁺ | 0,674 |
| Resíduo (a) | 15 | 605,026 | 5,484 | 4.856,30 | 352.730 | 1,5634 | 95.683 | 0,335 |
| Subparcelas | 71 | 1619,732 | 143,752 | 771.525,00 | 63666.000 | 112,4882 | 44317.300 | 47,471 |
| Doses (D) | 2 | 15350,300 ⁺⁺ | 4326,015 ⁺⁺ | 28.072,67 ⁺⁺ | 2195,522 ⁺⁺ | 5,4912 ⁺⁺ | 747.020 ⁺⁺ | 1,601 ⁺⁺ |
| Interação | | | | | | | | |
| F x D | 10 | 1636,570 | 40,261 ⁺ | 9.627,09 ⁺ | 525,886 ⁺ | 4,9668 ⁺⁺ | 2028,621 ⁺⁺ | 0,296 ⁺ |
| Resíduo (b) | 36 | 902,586 | 7,666 | 3.403,19 | 209.332 | 1,3177 | 51.147 | 0,119 |
| C.V. (b) | | 1,63% | 7,30% | 8,87% | 20,42% | 22,19% | 17,46% | 0,96% |

+ Valor de F significativo a 5% de probabilidade.

++ Valor de F significativo a 1% de probabilidade.

QUADRO 5 - Análise de variância para o desdobramento dos graus de liberdade para doses e interação fonte x dose, de cada característica agrônômica

| Fonte de variação | G.L. | Altura das plantas (cm) | Número de vagens/50 plantas | Quadrado médio | | | |
|---|------|-------------------------|-----------------------------|---------------------|---|----------------------|--------------------------|
| | | | | Peso das vagens (g) | Vagens com metade ou mais de grãos mal formados (arc sen %) | Peso da produção (g) | Peso de 100 sementes (g) |
| Componente linear do superfosfato simples | 1 | 1830,12** | 470450,000** | 31760,450** | 20,3821** | 9746,112** | 17,111** |
| Componente quadrático do superfosfato simples | 1 | 117,04** | 450,667 | 132,017 | 0,9322 | 88,817 | 1,870** |
| Componente linear do superfosfato triplo | 1 | 800,00** | 338664,500** | 21011,400** | 55,4931** | 10488,200** | 18,301** |
| Componente quadrático do superfosfato triplo | 1 | 181,50** | 1568,170 | 750,834** | 10,4940** | 152,004 | 1,983** |
| Componente linear da farinha de ossos | 1 | 741,12** | 201612,500** | 17184,450** | 92,9566** | 6372,450** | 10,811** |
| Componente quadrático de farinha de ossos | 1 | 187,04** | 4704,000 | 712,426* | 27,7332** | 5,704 | 0,633* |
| Componente linear da apatita de Araxá | 1 | 882,00** | 110450,000** | 8569,800** | 7,6050* | 2976,800** | 16,531** |
| Componente quadrático da apatita de Araxá | 1 | 54,00** | 1,500 | 17,067 | 0,2860 | 0,017 | 0,050 |
| Componente linear do termofosfato | 1 | 2178,00** | 270480,100** | 27714,012** | 11,5440** | 9063,153** | 13,005** |
| Componente quadrático do termofosfato | 1 | 192,67** | 1998,380 | 693,600** | 0,0408 | 111,384 | 0,666* |
| Componente linear da escória de Thomas | 1 | 1624,50** | 386146,100** | 24255,612** | 49,3024** | 6725,278** | 13,781** |
| Componente quadrático da escória de Thomas | 1 | 1266,67** | 4030,040 | 1392,017* | 7,6163* | 616,001** | 3,153** |
| Resíduo (b) | 36 | 7,67 | 2643,000 | 159,530 | 1,3177 | 51,147 | 0,119 |

* Valor de F significativo a 5% de probabilidade.

** Valor de F significativo a 1% de probabilidade.

QUADRO 6 - Valor do índice do coeficiente de disponibilidade de cada característica agrônômica estudada

| | Altura das plantas (cm) | Número de vagens | Peso das vagens | Porcentagem de vagens com metade ou + de grãos mal formados | Produção de grãos | Peso de 100 sementes |
|-----------------------|-------------------------|------------------|-----------------|---|-------------------|----------------------|
| Superfosfato simples* | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Superfosfato triplo | 0,6864 | 0,8643 | 0,8297 | 0,9702 | 0,9522 | 0,9967 |
| Farinha de ossos | 0,6244 | 0,6322 | 0,7384 | 0,7692 | 0,7442 | 0,7943 |
| Apatita de Araxá | 0,6309 | 0,5590 | 0,5590 | 0,6389 | 0,5305 | 0,7810 |
| Termofosfato | 1,0751 | 0,8963 | 0,9766 | 0,8962 | 0,9846 | 0,9900 |
| Escória de Thomas | 0,9467 | 0,8785 | 0,8995 | 1,0407 | 0,8643 | 0,8540 |

* Tomado como padrão.

4.2. Efeitos do Superfosfato Simples

Verificou-se que, com o aumento da quantidade de superfosfato simples da dose 1 para 2 (quadro 2) houve aumento significativo do número de plantas. O mesmo já foi observado por VERNETTI & ARAÚJO (24).

O efeito de superfosfato simples sobre a altura da planta foi muito acentuado (quadro 3). Houve aumento em relação à testemunha de 1,93 para 2,36 vezes, respectivamente, nas doses 1 e 2 (quadro 2).

A curva de resposta de altura das plantas para doses desta fonte (figura 1) indica uma altura máxima de 53 cm, o que poderá ser conseguido com a aplicação de 107 kg de P_2O_5 /ha.

O número de vagens/50 plantas foi aumentado significativamente com as doses de superfosfato simples (quadro 2), tendo sido de 2,78 e 4,77 maior, respectivamente, em relação ao número de plantas existente para dose zero. A equação de regressão ajustada ao número de vagens (figura 2) indica que há possibilidade de se obter aumento acentuado nesta característica, com doses superiores às estudadas.

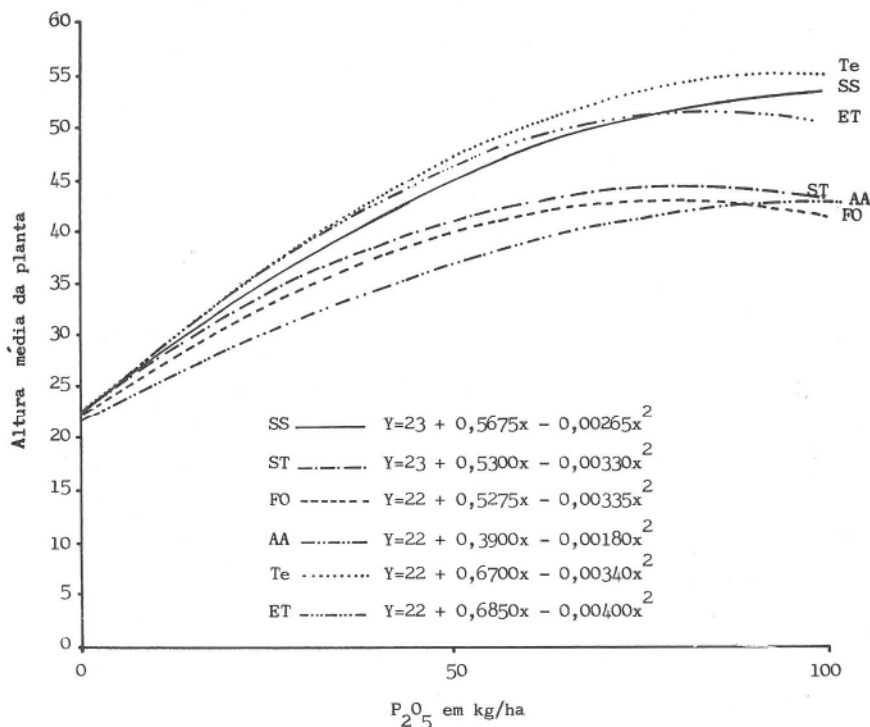


FIGURA 1 - Altura média da soja, em função de três doses de fósforo (P_2O_5), para as seis fontes.

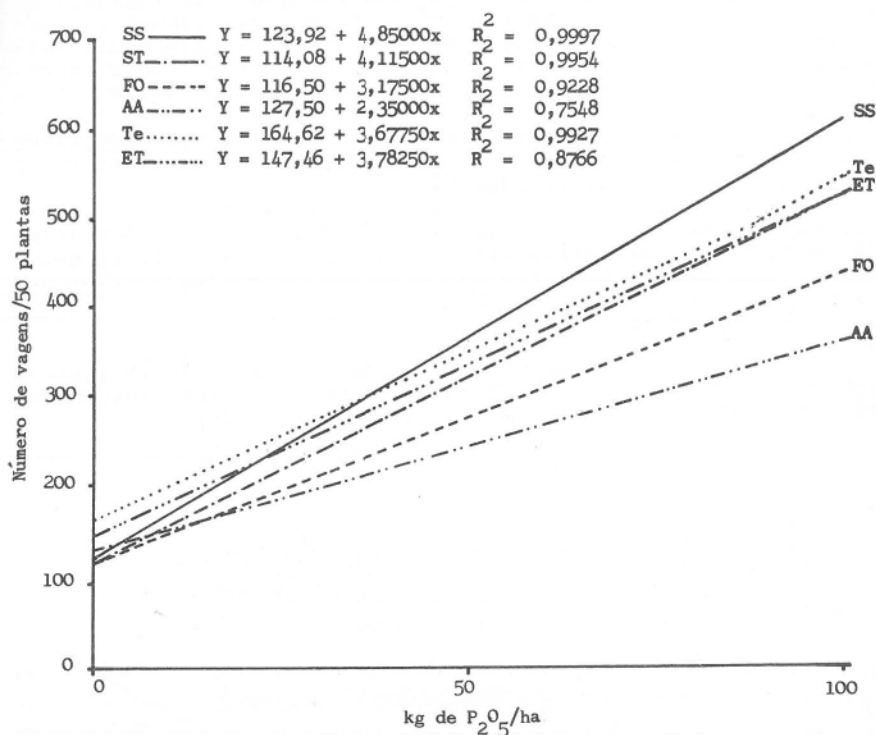


FIGURA 2 - Número de vagens por 50 plantas, em função de três doses de fósforo (P_{205}), para as seis fontes.

O peso das vagens também foi um fator de produção que sofreu aumento com a aplicação das doses de superfosfato simples (quadro 2). Nas duas doses aplicadas obteve-se aumento do peso das vagens em relação à testemunha, da ordem de, respectivamente, 5,25 e 8,59 vezes. Os efeitos foram mais acentuados do que sobre o número de vagens/50 plantas. A equação de regressão ajustada aos dados (figura 3) mostra que, nas condições do experimento, aumentando-se ainda mais as doses de superfosfato simples, poderá haver acentuado aumento no peso das vagens.

As percentagens de vagens com metade, ou mais, de grãos mal formados foi reduzida com a aplicação de superfosfato simples, sendo de 1,55 e 2,07 vezes menores em relação à dose zero desta fonte respectivamente. O efeito do superfosfato simples sobre esta característica foi o menos acentuado. A equação de regressão indica que esta percentagem poderia diminuir ainda mais com a introdução de novas doses da fonte (figura 4). O peso da produção de grãos foi aumentado com as doses de superfosfato simples de 5,55 a 8,67 vezes à produção da testemu-

nha.

OHLROGGE (17) mostrou que cerca de 80% do fósforo de diversas partes da planta da soja, com exceção das vagens, se desloca para os grãos; talvez seja esta uma das razões por que a percentagem de vagens com metade, ou mais, de grãos mal formados tenha sido tão baixa e a produção de grãos tenha apresentado maiores aumentos do que com as outras características estudadas.

As produções cresceram linearmente com as doses, sugerindo que doses mais elevadas que as empregadas poderiam aumentar ainda mais a produção (figura 5).

O peso de 100 sementes foi aumentado de 1,23 a 1,29 vezes em relação ao obtido para a dose zero da fonte. A equação de regressão é quadrática (figura 6), de onde se calcula que o peso máximo de 100 sementes seria obtido com 94 kg de P_2O_5 /ha.

4.3. Superfosfato Triplo

O uso do superfosfato triplo não apresentou influência sobre o número de plantas. O fato de não ter sido prejudicial já foi, também, observado por outros autores (24).

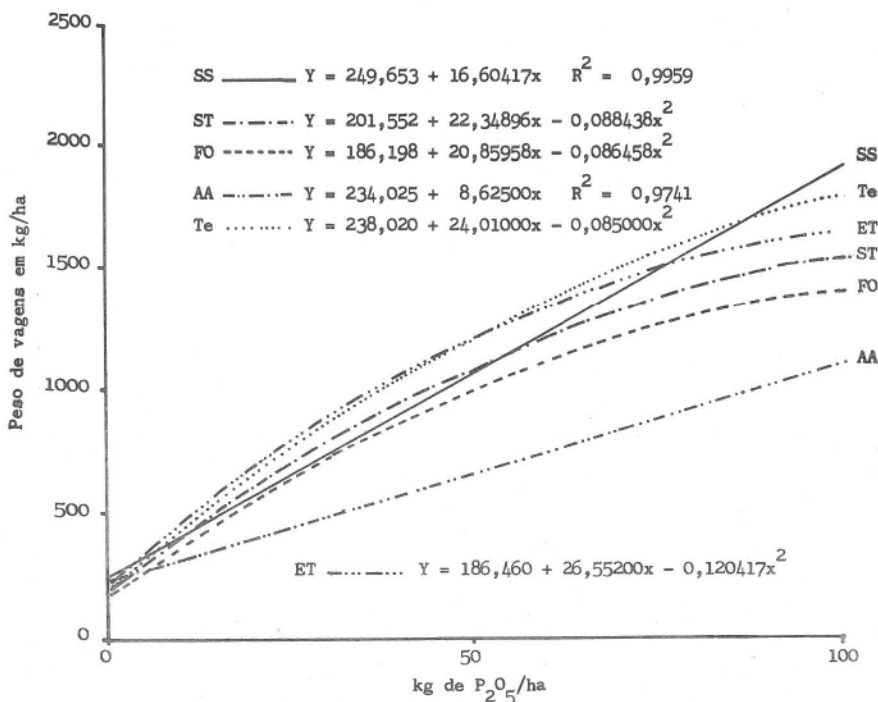


FIGURA 3 - Peso das vagens de soja, em kg/ha em função de três doses de fósforo (P_2O_5), para as seis fontes.

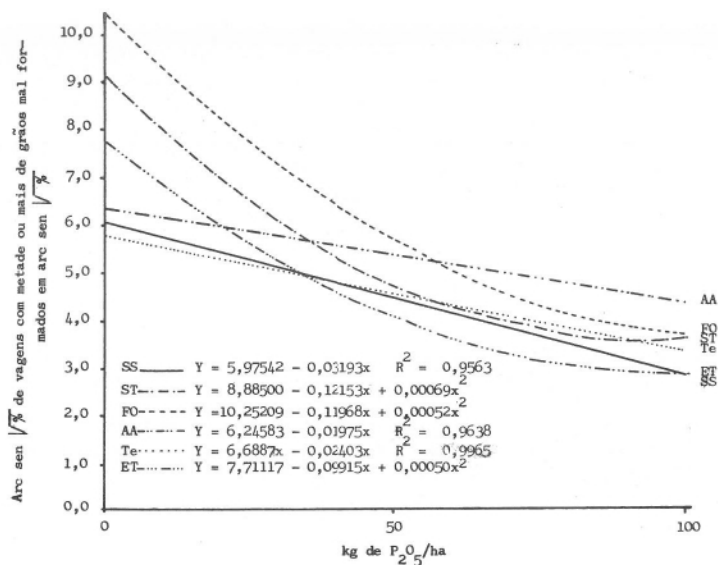


FIGURA 4 - Ar sen $\sqrt{\%}$ de vagens com metade ou mais de grãos mal formados, em função de três doses de fósforo (P_2O_5), para as seis fontes.

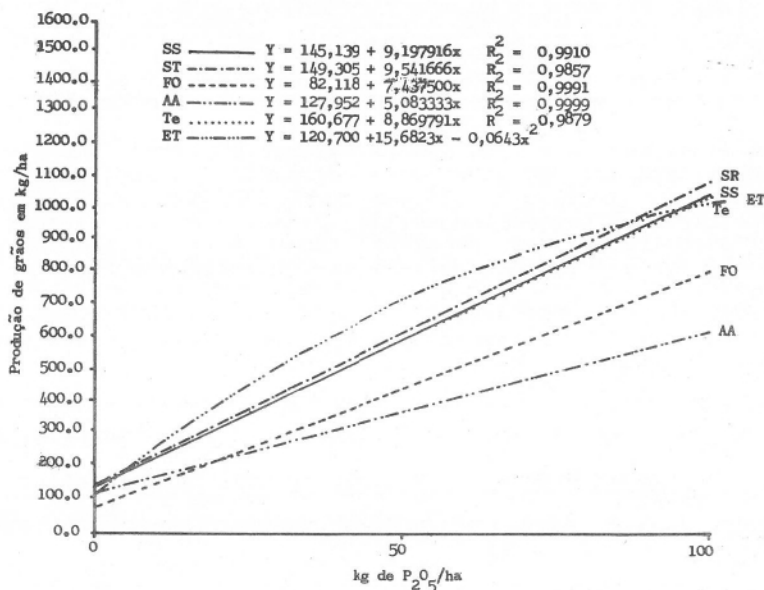


FIGURA 5 - Produção de grãos em kg/ha, em função de três doses de fósforo (P_2O_5), para as seis fontes.

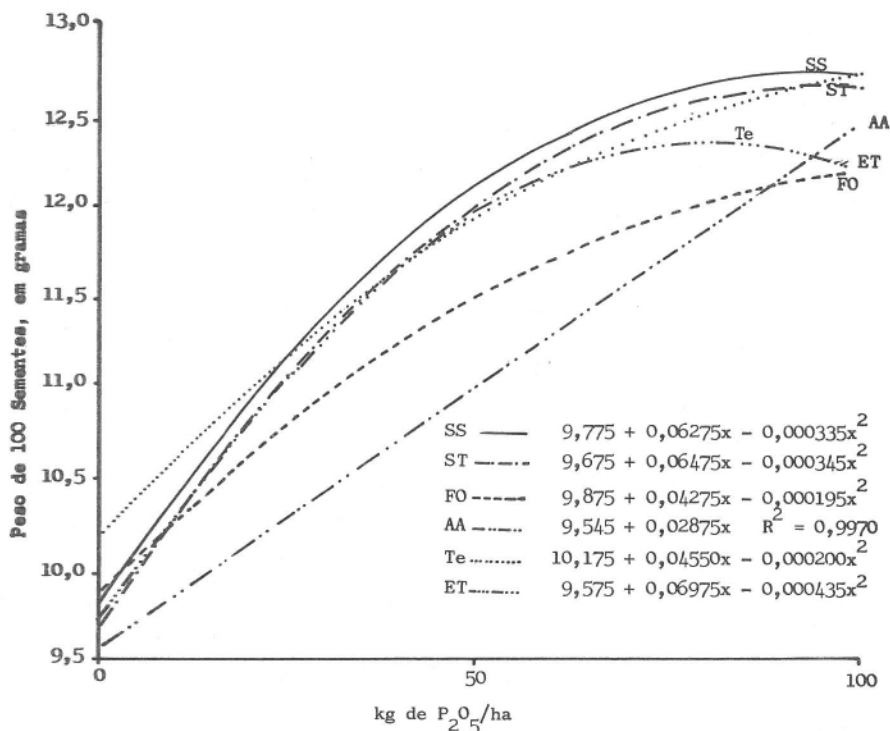


FIGURA 6 - Pesos de 100 sementes em gramas, em função de três níveis de fósforo (P_2O_5), para as seis fontes.

As doses de 50 e 100 kg de P_2O_5 /ha causaram aumento na altura das plantas, no número de vagens/50 plantas, na produção de grãos e no peso de 100 sementes. Mas houve redução para a percentagem de vagens com metade, ou mais, de grãos mal formados. O efeito de doses de superfosfato triplo para cada uma destas características, em relação à testemunha acha-se no quadro 3.

Pelas equações obtidas para altura da planta (figura 1) e para peso de 100 sementes (figura 6), deduz-se que esses parâmetros atingiram seus máximos com a aplicação de 94 e com 80kg de P_2O_5 /ha, respectivamente.

Os ICD para cada um dos parâmetros estão no quadro 6. Nota-se que, para os valores obtidos, o ICD do superfosfato triplo diferencia do padrão para altura de plantas, número de vagens e peso de vagens. Nos demais casos, não há diferença significativa.

4.4. Farinha de Ossos

Os números de plantas apresentaram-se ligeiramente menores, quando usou esta fonte, em relação aos obtidos para superfosfatos simples e triplo (quadro 2). Esta fonte também se

acha incluída no estudo de VERNETTI & ARAÚJO (24), quando verificaram que ela, dentre outras, não afetou a germinação de sementes de soja.

O efeito da farinha de ossos sobre as características agrônômicas estudadas foi muito acentuado, havendo grandes respostas às doses de 50 e 100 kg de P_{205} /ha.

Com relação aos superfosfatos simples e triplo, o efeito mais acentuado da farinha de ossos se deu sobre a produção de grãos (quadro 2, 3).

Os dados de peso das vagens (figura 3), produção de grãos (figura 5) número de vagens/50 plantas (figura 2), mostram que os máximos não foram atingidos com as doses experimentais usadas. Entretanto, para altura das plantas e peso de 100 sementes, os máximos foram obtidos com aplicação de 79 e 110 kg de P_{205} /ha, respectivamente.

Os ICD (quadro 6) indicaram que a eficiência desta parte em relação à do superfosfato simples foi de 62,44% e 63,22%, respectivamente, para altura das plantas e número de vagens; foi de 73,84% e 74,42%; respectivamente, para peso de vagens, produção de grãos, de 76,92% e 79,43% para percentagem de vagens com metade, ou mais, de grãos formados e peso de 100 sementes, respectivamente.

4.5. *Apatita de Araxá*

Os efeitos da apatita de Araxá também foram muito evidentes em todas as características estudadas. Somente com o número de plantas houve um pequeno aumento com aplicação desta fonte. Foram obtidas respostas positivas com aplicação de 50 e 100 kg de P_{205} /ha, na forma de apatita de Araxá, para a altura da planta, número de vagens, peso de vagens, produção de grãos e peso de 100 sementes e respostas negativas significativas, na percentagem de vagens com metade, ou mais, de grãos mal formados.

Ainda para esta fonte, notou-se que a produção de grãos foi a característica que sofreu o efeito mais acentuado. Entre todas as características agrônômicas estudadas somente a altura das plantas foi ajustada à equação quadrática, sendo o máximo (43cm) atingido com a aplicação de 108 kg de P_{205} /ha. Nos demais casos, houve regressão linear, o que mostra a necessidade de se usar doses mais elevadas (quadros 2 e 3).

Os ICD, obtidos para a apatita de Araxá (quadro 6), em relação as características estudadas, indicaram que a sua eficiência relativa foi de 0,6309 praticamente se igualando à farinha de ossos (0,6244), em relação à altura da planta. Sua eficiência foi bem menor quando comparada às duas fontes solúveis n'água.

As fontes naturais de fósforo, solúveis em ácidos cítricos a 2%, mostraram-se inferiores às solúveis n'água. Talvez a farinha de ossos tenha se apresentado melhor do que a apatita de Araxá, porque liberou fósforo um pouco mais rapidamente, dando maior suprimento às plantas nos períodos críticos.

4.6. *Termofosfato*

Seus efeitos foram evidentes em todas as características estudadas, com exceção do número de plantas, onde não houve

resposta à aplicação da fonte. Também com esta fonte, como aconteceu com as demais, as maiores respostas foram obtidas com a aplicação de 50 e 100 kg de P_2O_5 /ha, tendo aumentado a altura da planta, o número de vagens, a produção de grãos, o peso de 100 sementes e causado uma redução na percentagem de vagens com metade, ou mais, de grãos mal formados. O quadro 2 é composto das respostas das doses de termofosfato, para cada característica agrônômica estudada.

A produção de grãos foi a característica que sofreu aumentos mais acentuados, seguindo-se o peso das vagens, e finalmente pelo peso de 100 sementes. A altura máxima calculada das plantas é de 55 cm, o que é conseguido aplicando-se 98 kg de P_2O_5 /ha na forma de termofosfato (figura 1).

Os ICD obtidos indicaram que a eficiência relativa do termofosfato foi muito próxima à do superfosfato simples, chegando a ser maior para altura das plantas. Somente para percentagem de vagens com metade, ou mais, de grãos mal formados e peso de 100 sementes os ICD do termofosfato foram um pouco inferior ao do superfosfato triplo. Esta alta eficiência do termofosfato, equiparando-se aos superfosfatos simples e triplo, foi interessante sob o aspecto de que as fontes solúveis n'água são tidas como mais eficientes que as solúveis em ácido cítrico a 2%, fato este que não se verificou no presente trabalho. Apresentou, ainda, valores do ICD superiores aos de farinha de ossos e ao da apatita de Araxá em todos os casos, indicando, portanto, que fosfatos obtidos pela fusão dos naturais, mesmo comparados em relação aos teores solúveis em ácido cítrico a 2%, podem apresentar-se superiores àqueles, e até mesmo iguais aos solúveis n'água.

4.7. Escória de Thomas

Esta fonte aumentou ligeiramente o número de plantas, em razão de terem sido melhoradas as condições de nutrição da planta.

VERNETTI e ARAÚJO (24), estudando o efeito da escória de Thomas sobre a germinação de sementes de soja, observaram que não houve efeito significativo.

Em todas as características agrônômicas estudadas a aplicação da escória de Thomas causou aumentos com exceção da percentagem de vagens com metade, ou mais, de grãos mal formados, onde houve redução.

Das seis fontes estudadas, apenas para escória de Thomas a produção de grãos deixou de ser a característica com resposta mais acentuada, (quadro 2 e 3). Foi a única fonte em que as respostas de todas as características, com exceção de número de vagens, permitiram o ajustamento dos dados às equações de regressão quadrática (figura 1 a 6). Calculando os máximos por essas equações, a altura atingiu o máximo com 86 kg de P_2O_5 /ha; o peso de nódulos com 98 kg, e o peso de 100 sementes com 80 kg de P_2O_5 /ha e para a percentagem de vagens com metade, ou mais, de grãos mal formados o máximo foi atingido com 99 kg de P_2O_5 /ha.

Os ICD obtidos indicaram que a eficiência relativa da escória de Thomas, em todas as características estudadas deram resultados próximos aos dos superfosfatos simples e triplo, e de

termofosfato, variando de 0.8643 a 1.0407 sobre o valor desse padrão. Fica, portanto, confirmado mais uma vez que as fontes obtidas por fusão, de fosfatos naturais termofosfato e escória de Thomas, apesar de solúveis em ácido cítrico a 2%, foram bem superiores à farinha de ossos e apatita de Araxá, e se iguaram as fontes solúveis n'água. A eficácia da apatita de Araxá ficou em situação bem inferior às demais.

As respostas à adubação fosfatada nesse solo de campo-cerrado estão coerentes com as encontradas por outros pesquisadores (24). A proporcionalidade verificada entre as fontes estudadas por RIOS *et alii* (19) se repetiu nesse trabalho.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo estudar o efeito da aplicação, a lanco, de fontes de fósforo (superfosfato simples e triplo, farinha de ossos, apatita de Araxá, termofosfato e escória de Thomas), em três doses (0, 50 e 100 kg de P_2O_5 /ha), em um Latossolo Vermelho Escuro distrófico, textura média, sob vegetação campo-cerrados, na cultura da soja 'Mineira'. Foi feita uma calagem prévia com 3,2 toneladas de calcário/ha e uma adubação básica com 20 kg de sulfato de amônio/ha, 50 kg de cloreto de potássio/ha e 10 kg de FTE BR 9/ha.

O delineamento usado foi o de blocos casualizados, com parcelas divididas em quatro repetições.

Com os resultados obtidos, chegou-se às seguintes conclusões:

1. Houve respostas altamente significativas das características agrônomicas estudadas, às fontes e doses de fósforo aplicadas.

2. As fontes apresentaram eficiência diferentes entre si, para as características estudadas, tendo sido observado que os melhores comportamentos foram para os superfosfatos simples e triplo, termofosfato e escória de Thomas, ficando a farinha de ossos em segundo plano, e por último a apatita de Araxá.

3. As duas fontes, obtidas por fusão termofosfato e escória de Thomas, comportaram-se igualmente, e foram superiores às fontes naturais.

4. Notou-se um comportamento semelhante entre as fontes solúveis n'água e as solúveis em ácido cítrico a 2%, obtidas por meio de fusão.

6. SUMMARY

This work has the objectives to study the effect of six sources of phosphorus: (ordinary superphosphate, triples super phosphate, bone meal, Araxá rock phosphate, thermo phosphate and Thomas slag) on the absorption of P, N, Ca, Mg and K and nodulation of soybeans, Mineira vár, when applied broadcast at three rates (0, 50 and 100 kg of P_2O_5 /ha). The experimenta was installed on a medium textural dark latossol which developed under a "Campo-Cerrado" vegetation.

The experimental area was limed at the rate of 3.2T/ha of calcium carbonate and was fertilizer uniformly whit 20kg/ha of ammonium sulfate, 50 kg/ha of potassium chloride and 9 kg/ha of frited tracer elements.

A split plot design having four replication was used.

The results obtained, permit the following conclusions:

1. The sources and rates of phosphorus applied increased significantly nodules weight, the content of phosphorus in the leaves and the amount of phosphorus recommended.

2. In terms of the phosphorus content of the leaves, the efficiency of the various sources of phosphorus take the following order; Thermo phosphate Thomas slag, ordinary super phosphate, triple superphosphate, bone meal and Araxá rock phosphate. The efficiency of recovery of the various sources take the following order beginning with the most-efficient: Thermo phosphate, triple super phosphate, slag, ordinary superphosphate, bone meal and Araxá rock phosphate.

3. The level of Ca and K in the soybean leaves tended to increase with increasing rates of phosphorus while Mg decreased.

7. LITERATURA CITADA

1. ALVIM, P.T. & ARAÚJO, W. El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil. *Turrialba*, Costa Rica, 2:153-160. 1952.
2. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). Consumo nacional de adubos em 1971 e duas previsões superadas. *Boletim Informativo*, São Paulo, 52: s/p. 1972.
3. BLACK, C.A. & SCOTT, C.O. Fertilizer Evaluation. I. Fundamental principles. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 20:176-179. 1956.
4. BRAGA, J.M. Comparação entre fonte de fósforo no feijoeiro. I. Trabalho em casa de vegetação. *Rev. Ceres*, Viçosa, 16: 88-101. 1969.
5. BRAGA, J.M. *Resultados experimentais com o uso do fosfato de Araxá e outras fontes de fósforo; Revisão de literatura*. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1970. 61 p. (Boletim 21).
6. BOOCK, O.J. & FREIRE, E.S. Adubação da batatinha. *Bragantia*, Campinas, 19:627-638. 1960.
7. FREITAS, L.M.M., Mc. CLUNG, A.C.; LOTT, W.L. *Experimento de adubação em dois solos de campo-cerrado*. São Paulo, IBEC Research Institute, 1960. 32 p. (Boletim 21).
8. FREITAS, L.M.M.; MIKKELSEN, D.S.; McCLUNG, A.C.; LOTT, W.L. Efeitos de calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo-cerrado. In: *Simpósio sobre o cerrado*. São Paulo, Editora da U.S.P., 1963. p.323-357.
9. IBM - International Business Machines Corporation. 1130. *Statistical System (1130 - Ca - 06x) - User's Manual*. 2ª ed. New York, 1967, 118 p.

10. JACOMINE, P. K. T. Considerações gerais sobre alguns solos de cerrados. In: *Anais da 1ª Reunião Brasileira do Cerrado*, Sete Lagoas, Minas Gerais, 1961, p. 130-136.
11. MASCARENHAS, H. A. A.; MIYASAKA, S. IGUE, T.; FREIRE, E. S. Adubação da soja. VII - Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo Latossolo - Roxo com vegetação de cerrado recém desbravado. *Bragantia*, Campinas, 26:143-154. 1967.
12. McLUNG, A. C.; FREITAS, L. M. M.; GALLO, L. R.; QUINN, L. R.; MOTT, G. O. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade em solos de diferentes campo-cerrados de São Paulo e Goiás. *Bragantia*, Campinas, 17:29-44, 1958.
13. MENEZES, W. C. & ARAÚJO, W. A. Contribuição para o melhoramento dos solos ácidos e pobres da Estação Experimental de Sete Lagoas, Minas Gerais, para a cultura do algodoeiro. In: *1ª Reunião Brasileira do Cerrado*. Sete Lagoas, Serviço de Informação Agrícola, 1963. 9-24 (Boletim nº 15).
14. MENEZES, W. C.; FREIRE, E. S.; MASCARENHAS, H. A. A. Adubação de soja. III. Efeito de N, P, K, do enxofre e de micronutrientes em solo de arenito Botucatu com vegetação de cerrado. *Bragantia*, Campinas, 23:65-71. 1964.
15. MENEZES, W. C. Ensaio de adubação da soja e do feijoeiro em solos de Arenito Botucatu, com vegetação de cerrado, *Bragantia*, Campinas, 23:45-54, 1964.
16. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Instituto de Pesquisa Meridional. *Soja 72*. Paraná, 1972. 14 p. (Boletim nº 14).
17. OHLROGGE, A. J. Mineral nutrition of soybeans. In: NORMAN, A. C., ed. *The Soybean*. New York, Academic Press, 1963. p. 126-160.
18. RANZANI, G. Solos de Cerrado do Brasil. In: *III Simpósio Sobre o cerrado*. São Paulo, Editora da U.S.P., 1971. p. 26 43.
19. RIOS, G. P.; MENDES, J. F.; SILVA, T. Ensaio de adubação fosfatada em soja. *Série Pesquisa Extensão*. Sete Lagoas, 7: 4-5. 1971.
20. SANTOS, G.; NASCIMENTO, I. M. M.; SILVA, R. J. M.; SUHET, A. R.; EIRA, P. A.; DOBEREINER, J. Níveis de fósforo e calagem para soja e efeito residual no arroz em solos de cerrado em Goiás. In: *1ª Seminário de Fitotecnia do Distrito Federal*, Brasília, D.F. 1971. s/p.
21. SEATZ, L.; STAMBERY, F.; CANNEY, O. Advances in phosphate fertilization. In: McVICKAR, M. H. et alii. *Fertilizer technology and usage*. Soil Science Society of America, Madison, 1963. p. 155-180.

22. SECRETARIA DA AGRICULTURA. *Programa de Desenvolvimento da Cultura da Soja*, Belo Horizonte, Minas Gerais, 1972. 52p.
23. Terman, G.L. Variability in phosphorus rate and sources experimente in relation to crop and yield levels. *Agron. Jour*, Madison, 49:271-279, 1957.
24. VERNETTI, F.J. & ARAÚJO, S.C. Efeitos de adubos fosfatados sobre a germinação de sementes e sobre a nodulação de soja. *Pes. Agrop. Bras*, Rio de Janeiro, 4:251-253. 1970.
25. WHITE, R.F.; KEMPTHORNE, O.; BALCK, C.A.; WEBB, J.R. Fertilizer evaluation II Estimation of availability coefficients. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc*, Madison, 20- 179-186. 1956.