



CURSO DE AGRONOMIA

PRODUÇÃO DE ESPIGA DE MILHO (*Zea mays* L.) COM DIFERENTES FONTES DE FÓSFORO APLICADO EM FOSFATAGEM E NO SULCO DE PLANTIO

PRODUCTION OF CORN (*Zea mays* L.) COW WITH DIFFERENT SOURCES OF PHOSPHORUS APPLIED IN PHOSPHATAGING AND IN PLANTATION FURROW

Diego John Soares de Souza de Campos

DESCALVADO – SP

2017

DIEGO JOHN SOARES de SOUZA de CAMPOS

**PRODUÇÃO DE ESPIGA DE MILHO (*Zea mays* L.) COM DIFERENTES
FONTES DE FÓSFORO APLICADO EM FOSFATAGEM E NO SULCO
DE PLANTIO**

Orientadora: Dr. Káthery Brennecke

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade
Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Graduação em
Agronomia.

UNIVERSIDADE BRASIL
2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por permitir a conclusão de mais uma etapa e por me dar sabedoria e forças para não desistir perante as dificuldades que surgiram.

Aos meus pais, Arlindo Ferreira de Campos e Margarida Soares de Souza de Campos.

À minha noiva Danielle, que sempre me apoiou, e ao meu filho Moisés, que me inspira e me dá alegria.

Aos sogros, Jorge e Fatima, pelo apoio e contribuição técnica na minha formação.

Aos meus colegas da sala que por fim se tornaram amigos, cada um com sua característica própria.

À minha orientadora Profa. Dra. Käthery Brenneck, que acreditou em mim e me deu orientações necessárias para a conclusão desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Fábio Mazzonetto, Coordenador do Curso de Agronomia, pelo apoio e comprometimento durante o curso.

Aos docentes do curso de Agronomia pela convivência, pelos ensinamentos, pelas trocas de conhecimento e experiências tão importantes em minha vida acadêmica/pessoal, os meus eternos agradecimentos.

Ao Prof. Dr. Pedro Henrique de Cerqueira Luz, por ceder o espaço para a realização do experimento.

Aos funcionários do Laboratório de Ciências do Solo da USP (FZEA), pelo auxílio na condução do experimento.

Ao Prof. Dr. Vando Edézio Soares pelo auxílio nas análises estatísticas.

E a todos que ajudaram direta ou indiretamente para que este trabalho pudesse ser realizado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
3.1 A Cultura do Milho.....	2
3.2 Importância Econômica do Milho.....	3
3.3 Exigências Nutricionais da Cultura do Milho.....	4
3.4 Métodos de adubação fosfatada.....	6
3.5 O fósforo no solo.....	6
4. MATERIAL E MÉTODOS	7
4.1 Área Experimental e Preparo do Solo.....	7
4.2 Delineamento Experimental.....	9
4.3 Preparo dos Vasos e Aplicação da Fosfatagem.....	10
4.4 Plantio e Adubação de Plantio.....	11
4.5 Adubação de Cobertura e Tratos Culturais.....	12
4.6 Características Avaliada.....	13
4.7 Análise.....	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5.1 Produtividade.....	15
6. CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado da análise granulométrica do solo (0-20cm).....	8
Tabela 2. Resultado da análise de fertilidade do solo (0-20cm).....	8
Tabela 3. Resultado da análise de micronutrientes do solo (0-20cm).....	8
Tabela .4 Resultados das comparações múltiplas dos pesos de espiga de milho, do esquema fatorial 3 x 3 constituídos de três tratamentos de fosfatagem e três tratamentos de fósforo em sulco de plantio, com três repetições.....	15

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Deficiência de fósforo no milho.....	5
Figura 2. Casa de vegetação em que foi conduzido o experimento.....	7
Figura 3. Preparo do solo: (A) solo peneirado; (B) peneira utilizada.....	9
Figura 4. Vasos com solo para plantio.....	10
Figura 5. Fosfatagem.....	10
Figura 6. Plantio do milho e aplicação do nitrogênio e potássio.....	11
Figura 7. Aplicação do fosfato Optein no sulco de plantio.....	12
Figura 8. Sistema de gotejo.....	13
Figura 9. (A) Milho em estágio R 6; (B) corte da planta.....	13
Figura 10. Balança analítica de precisão.....	14
Figura 11. Tratamento de fosfatagem superfosfato triplo: (A) Tratamento no sulco superfosfato triplo; (B) tratamento no sulco termofosfato Optein; (C) Tratamento no sulco controle.....	16
Figura 12. Tratamento de fosfatagem termofosfato Optein: (A) Tratamento no sulco superfosfato triplo; (B) tratamento no sulco termofosfato Optein; (C) Tratamento no sulco controle.....	16
Figura 13. Tratamento de fosfatagem controle: (A) Tratamento no sulco superfosfato triplo; (B) tratamento no sulco termofosfato Optein; (C) Tratamento no sulco controle.....	18

PRODUÇÃO DE ESPIGA DE MILHO (*Zea mays* L.) COM DIFERENTES FONTES DE FÓSFORO APLICADO EM FOSFATAGEM E NO SULCO DE PLANTIO

RESUMO

Para a cultura do milho, o fósforo desempenha papel importante no florescimento, na frutificação, e no desenvolvimento do sistema radicular, apesar de ser um elemento de baixa exigência pela cultura do milho, é muito importante para o desenvolvimento desta planta. Com o objetivo de avaliar o desenvolvimento de espigas de milho com a aplicação de fósforo, foi realizado um experimento na cidade de Pirassununga-SP na Universidade de São Paulo (USP) no Laboratório de Ciências Agrárias, o delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em um esquema fatorial 3x3, com três repetições e foi disposto em dois fatores experimentais (A e B), onde o fator (A) representou a fosfatagem, e foi aplicado 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, sendo (superfosfato triplo, termofosfato Optein e o controle), o fator (B) a adubação no sulco de plantio, com 90 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, sendo (superfosfato triplo, termofosfato Optein e o controle). Foram avaliados os pesos de espiga, e os melhores resultados dentre os tratamentos de fosfatagem foram obtidos quando aplicado o superfosfato triplo no sulco de plantio. A solubilidade superior do superfosfato triplo em água e ácido cítrico influenciou no resultado, já que o termosfato Optein é solúvel apenas em ácido cítrico, demonstrando assim o melhor fosfato a ser usado agronomicamente.

Palavras chave: aplicação corretiva, fosfato, adubação

PRODUCTION OF CORN (*Zea mays* L.) COW WITH DIFFERENT SOURCES OF PHOSPHORUS APPLIED IN PHOSPHATAGING AND IN PLANTATION FURROW

ABSTRACT

For corn culture, the phosphorus plays a very important role in flowering and fruiting, in the development of the root system, so it is an element of low demand for culture, but it is very important for the development of the plant. With the objective of evaluating the development of spikes in corn culture with the application of phosphorus, an experiment was carried out in the city of Pirassununga-SP, at the University of So Paulo (USP), in the Agricultural Sciences Laboratory. The experimental design was in randomized blocks in a 3x3 factorial scheme, and was arranged in two experimental factors (A and B) where factor (A) represented the phosphating of 100 kg. ha⁻¹, of P₂O₅, being (Triple Superphosphate, Optein Thermophosphate and control), and factor (B) the fertilization in the planting groove, with 90 kg. ha⁻¹, being (Triple Superphosphate, Optein Thermophosphate and control). We evaluated the weights of spike, and the best results within the treatments of phosphorus were obtained when the triple superphosphate applied in the planting furrow. The higher solubility of triple superphosphate in water and the citric acid influence the outcome, since the Thermophosphate optein is soluble only in citric acid, demonstrating so be the best phosphate to be used agronomically.

Key words: corrective application, phosphate, fertilizing

1. INTRODUÇÃO

O milho é um dos mais importantes produtos do setor agrícola no Brasil, está presente na alimentação humana, animal e na indústria, seu consumo nos últimos tem aumentado, necessitando aumentos na produtividade.

Alguns autores como Rajj et al (1981), Souza et al. (1985) e Coutinho et al. (1991), comentam que o aumento na produtividade e a exploração de novas áreas podem suprir a necessidade do consumo pelo cereal (milho), no entanto comentam que a utilização de insumos agrícolas, principalmente corretivos e fertilizantes, são fundamentais para o aumento na produtividade. Estes autores ressaltam também a importância à adubação fosfatada, para que haja aumento na produtividade da cultura do milho.

Quanto ao aspecto econômico e social da cultura do milho, deve-se ressaltar sua importância na alimentação humana e animal, e na geração de recursos como matéria-prima na indústria, além de sua viabilidade de cultivo em pequena e grande escala. Dessa forma, tem se tornado a base nas cadeias agroindústrias como produção de proteína animal, sendo assim um dos principais cereais cultivado mundialmente e o segundo mais cultivado no Brasil (CONAB, 2014).

Para que o aumento da produção de grãos nos últimos anos continue de maneira crescente, alguns fatores têm grande destaque, como a utilização de novas tecnologias e a adoção pelos produtores de práticas de manejo culturais adequada, como por exemplo, o uso de fertilizantes nos processos de produção. Segundo a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), o consumo de fertilizantes “NPK” aumentou de 275% no período de 1990 a 2003, sendo que neste mesmo período a produção nacional de grãos teve um aumento de 112% (ANDA, 2005).

Práticas corretivas, como a fosfatagem, são importantes para que a produção do milho no Brasil continue de maneira crescente. Isto ocorre pelo fato que os solos brasileiros em muitas regiões apresentam deficiência em fósforo por consequência do material de origem e a forte interação do P com o solo (RAIJ, 1991). Dessa forma, o fósforo é considerado o nutriente mais limitante na produção de biomassa dos solos tropicais (NOVAIS; SMYTH, 1999).

Considerando-se a importância do fósforo na produção de plantas, justifica-se esse estudo de avaliação de produção espiga de milho em função da aplicação P em fosfatagem e adubação no sulco de plantio.

2. OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento de espiga de milho, através do peso, em resposta à utilização de diferentes fontes de fósforo aplicadas na prática corretiva de fosfatagem e no sulco de plantio.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A Cultura do Milho

Segundo Pons e Bressolin (1981), citado por Siloto (2002), o milho é classificado como uma monocotiledônea, diplóide e alógama, pertencente à família Poaceae, Subfamília Panicoidae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L., é também descrita por Paterniani e Campos (1999), como uma cultura herbácea, monóica, com dois sexos presentes na mesma planta, com inflorescências em períodos diferentes, completando seu ciclo em um período de quatro a cinco meses, assim caracterizando-se uma planta anual.

Pena (2015) descreve que existem várias teorias sobre a origem do milho e até hoje várias hipóteses são muito discutidas. Existem três hipóteses que podem ser consideradas, onde a primeira se trata da origem comum, na qual o milho, o teosinte e o *Tripsacum spp.*, deram origem a um ancestral comum (WEATHERWAX, 1954). A segunda hipótese é que o milho tenha sido antepassado do teosinte, e este tenha-se originado do milho (MANGELSDORF, 1974). A terceira, e a de maior aceitação, é a descendência do milho do teosinte, o qual se acredita que o milho teria se originado de forma natural e unicamente do teosinte por seleção natural, e pelo homem (GALINAT, 1977). Com grande importância tanto para o cultivo como para o consumo, o milho pode ser encontrado em todos os continentes. A produção mundial na safra 2014/15,

atingiu o volume de 1 bilhão de toneladas, uma evolução de 13,3% quando comparada à safra 2011/12 (CONAB, 2015). Em meio à tamanha produtividade, em destaque está os Estados Unidos da América, com quase 40% da produção, em segundo a China com 20% e o Brasil em terceiro, com cerca de 6%, sendo assim os maiores produtores mundiais (DUARTE, 2008). Ocupando o terceiro lugar na produção deste cereal, o Brasil possui uma média de produtividade considerada baixa ($3.352 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em comparação com a da China ($4.933 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e a dos Estados Unidos da América ($8.672 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (DUARTE, 2008). Segundo Duarte (2008), a produtividade brasileira tem crescido, e passou de $1.874 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ em 1990, para $3.352 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ em 2001. Um dos fatores que contribuíram para tal aumento na produtividade são as práticas adequadas no manejo do solo, e o uso adequado de fertilizantes, devendo-se ressaltar também os benefícios da rotação de culturas e a prática do sistema de plantio direto (MELO; SOUZA, 2003).

Pode-se dizer que o milho (*Zea mays*) é um dos principais cereais cultivado no mundo, pois sua utilização tem grande importância para o homem e para os animais, também é uma das mais importantes, matérias primas usadas pela indústria pelo fato de ser produzida em quantidade e por suas características encontradas em seus grãos (BASTOS, 1987; CAVALCANTE, 1987; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

3.2 Importância Econômica do Milho

Existem relatos de que o milho tem sido cultivado nas Américas, há pelo menos 5000 anos. Mesmo sendo de origem tropical, seu cultivo se estende em todas as partes do mundo. Sua utilização tem grande importância econômica por ter diversas formas de utilização. O milho em grão para alimentação animal tem representado cerca de 70% do consumo do cereal no mundo (DUARTE, 2004). O consumo do milho no Brasil para a alimentação animal varia de 60% a 80%. Além de grande utilização na indústria de alta tecnologia, outra vertente vem surgindo, como a fabricação de biocombustíveis, o qual já tem causado impacto nos estoques mundiais (AGRIANUAL, 2006).

O milho no Brasil tem grande importância para a produção agropecuária. A área plantada e o volume produzido, tem em destaque as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Porém, mesmo com uma evolução gradativa nas quantidades produzidas, a produção do grão por unidade de área não expressa o potencial genético oferecido pelos materiais existentes comercializados (FANCELLI; DOURADO NETO, 2001). Este

fato está relacionado aos diferentes níveis tecnológicos empregados sobre a cultura e as grandes variações nas condições edafoclimáticas encontradas no Brasil, o qual tem resultado nos últimos anos em um baixo rendimento sobre a produção de grãos (FERREIRA, 1996).

O milho produzido no Brasil tem sido voltado para abastecimento interno, apesar disto, tem evoluído como cultura comercial, apresentando nos últimos vinte e oito anos, taxas de crescentes na produção de (3,0% ao ano) e de (0,4% ao ano) para a área cultivada (DUARTE, 2000).

3.3 Exigências Nutricionais da Cultura do Milho

A exigência nutricional para cultura do milho é constituída por macros nutrientes orgânicos (carbono, hidrogênio e oxigênio), os quais são fornecidos pela atmosfera (CO_2 , H_2O e O_2). Os nutrientes minerais são fornecidos pelo solo e pelos fertilizantes, desempenhando papel fundamental no desenvolvimento do milho (FANCELLI, 2011).

Em relação aos micronutrientes, a cultura do milho tem grande sensibilidade à deficiência de zinco, média à de cobre, ferro e manganês e baixa à de boro e molibdênio. Sendo o zinco o micronutriente mais limitante à produção do milho, sua deficiência é muito comum nos solos constituídos por vegetação de cerrado, mais decorrentes na região central do Brasil (COELHO et al, 2002).

Os macro nutrientes tem grande importância para o milho. O nitrogênio está associado ao seu crescimento vegetativo, e tem grande papel na fotossíntese e na síntese de proteínas. O potássio melhora a eficiência do uso da água, regulando a abertura e fechamento dos estômatos e melhora a resistência da planta (FANCELLI, 2009). O cálcio é fundamental para o crescimento e no aprofundamento da raiz, constitui a parede celular dos tecidos vegetais e atua na divisão celular. O magnésio é importante para fotossíntese, e está ligado à clorofila (processo de pigmentação fotossintética) além de influenciar no aproveitamento de fósforo. O enxofre atua na composição das proteínas e síntese de enzimas e vitaminas e na formação dos grãos (FANCELLI, 2009). O fósforo atua no desenvolvimento radicular, participa na fotossíntese na respiração no processo de transferência de energia e enchimento do grão (FANCELLI, 2009). De maneira geral, o fósforo é um elemento essencial para o metabolismo das plantas, desempenhando papel de grande importância na transferência de energia para a célula. Também atua na respiração e na fotossíntese

(CAVARIANI et al., 2006). Portanto, a baixa disponibilidade de fósforo no início do ciclo vegetativo pode causar restrições no crescimento da planta e, posteriormente, a planta não se recupera, mesmo que o suprimento de fósforo seja fornecido em níveis elevados. Dessa maneira deve-se dar grande importância ao suprimento adequado de fósforo, no estágio inicial de crescimento da planta, (CAVARIANI et al., 2006). Coelho et al. (2006), descrevem que o fósforo é um elemento de baixa exigência pela cultura do milho comparado com as exigências do nitrogênio e o potássio, porém as doses recomendadas normalmente são altas, e esse fato está relacionado ao baixo aproveitamento desse nutriente pela cultura (cerca de 20% a 30%). Os mesmos autores citam que o baixo aproveitamento pelas culturas deve-se ao fato da capacidade de fixação do fósforo ao solo, pelos mecanismos de adsorção e precipitação, assim reduzindo sua disponibilidade para planta. Outro fator que deve ser levado em consideração é a necessidade de fósforo pela cultura, ou seja, as plantas de ciclo curto no início do desenvolvimento, tais como o milho, tem maior necessidade do fósforo em solução para uma absorção mais rápida, do que as plantas de ciclo perene.

Para cultura do milho, o fósforo desempenha um papel importante no florescimento e na frutificação, também auxilia no desenvolvimento do sistema radicular. Segundo Vitti et al. (2004), quando se refere a exportação de nutrientes para o grão, 80 a 90 % do fósforo é translocado para a semente. A deficiência de fósforo no milho pode ser observada quando, as folhas apresentam coloração verde azulada e com o tempo adquirem tonalidades roxas (Figura 1), seguido de amarelhecimento (MALAVOLTA et al., 2000).



Figura 1. Deficiência de fósforo no milho.
Fonte: Arquivo pessoal.

3.4 Métodos de adubação fosfatada

Os métodos de adubação fosfatada mais utilizados são a aplicação a lanço, e a localizada no sulco de plantio. Quando se aduba a lanço praticamente 100% do fertilizante fosfatado atinge o solo, possibilitando o aumento da adsorção (fração de fósforo presa ao complexo coloidal do solo), e diminuindo o aproveitamento do fósforo pela planta (MALAVOLTA, 1981). De outra forma, para diminuir a adsorção é feita aplicação localizada do adubo fosfatado assim pequena parte do sistema radicular entra em contato com o fósforo proveniente do adubo (MALAVOLTA, 1981).

3.5 O Fósforo no Solo

As pesquisas desenvolvidas no Brasil utilizando fontes de fósforo têm o objetivo de diminuir a utilização de fosfatos solúveis produzidos pela indústria, os quais apresentam custo elevado de produção e comercialização (PRADO; FERNANDES, 2000). Os fosfatos são encontrados em jazidas de rochas fosfáticas, que são ligadas aos grupos das apatitas, no Brasil tem origem no Catalão, Patos de Minas, Jacupiranga e Araxá, e possuem estruturas cristalinas muito estáveis o qual, afeta diretamente a solubilidade em água e em ácido cítrico, atingindo no máximo 5% de solubilidade. Desta forma sua eficiência como fonte de fósforo para plantas é muito baixa, e sua disponibilização se dá principalmente pelas condições de acidez do solo, portanto, torna-se viável a aplicação dos fosfatos naturais antes de corrigir a acidez do solo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001).

Segundo Yost et al. (1981), a redução na disponibilidade do fósforo no solo está associada a baixa eficiência no aproveitamento dos fertilizantes fosfatados e tem sido a principal causa da indisponibilidade do nutriente. Outro fator importante para a disponibilidade do fosforo no solo é a solubilidade e a capacidade de liberação de fósforo pelo fertilizante. O fósforo no solo está associado aos fatores ambientais, à atividade dos microrganismos, (os quais tem papel importante para liberação os íons ortofosfato), e às propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo (WALKER SYERS, 1976; CROSS SCHLESINGER, 1995).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área Experimental e Preparo do Solo

O experimento foi conduzido, na cidade de Pirassununga-SP Latitude: 21° 59' 46" Sul, Longitude: 47° 25' 33" W, Altitude: 627m acima do mar, no campus da Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), no centro experimental do Laboratório de Ciências Agrárias. A condução do experimento foi em casa de vegetação (Figura 2), no período de 26 de dezembro de 2015 a 10 de agosto de 2016.



Figura 2. Casa de vegetação onde foi conduzido o experimento.
Fonte: Arquivo pessoal.

O solo utilizado foi coletado de uma área de pastagem do campus da (USP), com o auxílio de um trator equipado com pá carregadeira foi possível fazer a coleta na camada de 0 a 20 cm, mantendo as características de fertilidade.

A avaliação prévia de fertilidade do solo foi feita por meio de amostragem realizada no dia 27 de abril de 2015. Para tanto, foram coletadas amostras simples em 10 pontos ao acaso de 0-20 cm de profundidade, as quais foram misturadas e retirada uma amostra composta, que foi submetida a análise química e física representada. Os resultados estão demonstrados nas Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1. Resultado da análise granulométrica do solo (0-20cm)

Argila	Silte	Areia	Classe textural
----- % -----			
22,7	7,8	69,5	Média Arenosa

Tabela 2. Resultado da análise de fertilidade do solo (0-20cm)

Ph	M.O	P _{resina}	K	Al	H + Al	Ca	Mg	CTC	SB	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmol _c dm ⁻³ -----					-----		%
5,2	22	5	1,2	0,1	22	11	6	40	19	46

Tabela 3. Resultado da análise de micronutrientes do solo (0-20cm)

B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----mg dm ⁻³ -----				
0,67	1,7	23	18,9	0,9

Depois de realizadas as análises físico-químicas, o solo a ser utilizado foi seco à sombra e peneirado com peneira de (5 mm) de malha para se obter uniformidade de partículas e eliminar torrões e raízes. Para realização do experimento foram utilizados 504 kg desse solo. O preparo do solo foi realizado de forma manual, (Figura- 3 A e B). De acordo com o resultado prévio da análise do solo, prosseguiu-se a correção da acidez utilizando calcário para elevar saturação por bases (V %) para 70, o que é recomendado para o plantio do milho segundo o Boletim Técnico 100 (RAIJ et al, 1997). Após ser aplicado o calcário, o solo foi umedecido e misturado, para que houvesse efeito corretivo e ficou incubado durante 45 dias em casa de vegetação.

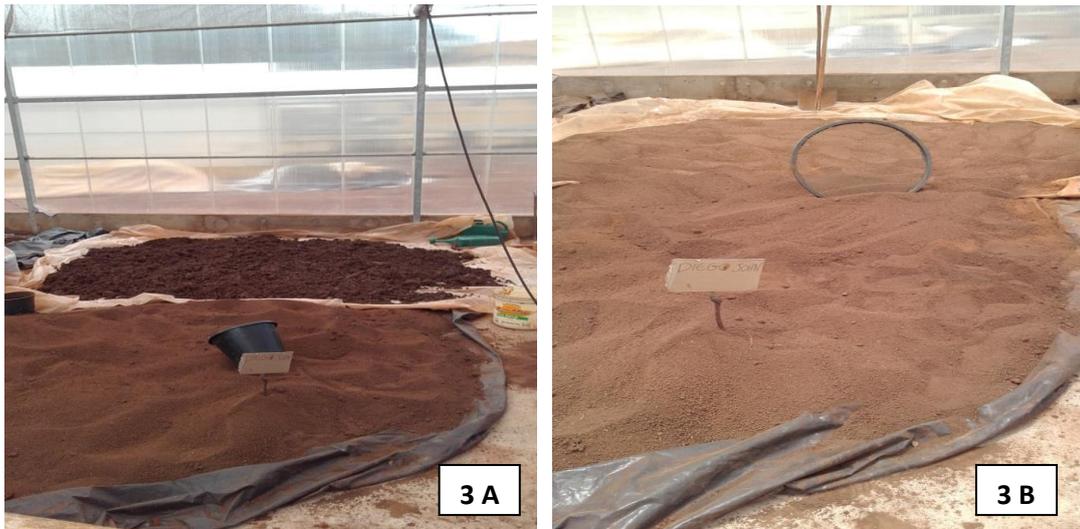


Figura 3: (A) solo peneirado; (B) peneira utilizada.
Fonte: Arquivo pessoal

4.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em um esquema fatorial 3x3, constituídos de três tratamentos de fosfatagem, onde se utilizou $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 sendo (controle 0 % de P_2O_5 , superfosfato triplo 42 % de P_2O_5 e termofosfato Optein 18 % de P_2O_5), e três tratamentos de fósforo em sulco de plantio, aplicando-se $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 , sendo (controle, superfosfato triplo 42 % de P_2O_5 e termofosfato Optein 18 % de P_2O_5), com três repetições. O esquema experimental foi dividido em três parcelas com nove vasos cada, totalizando 27 unidades. Após cada parcela receber seu tratamento, os vasos foram submetidos ao sorteio e foram misturados entre as parcelas para que não houvesse interferência entre os tratamentos por fatores de luminosidade, temperatura ou irrigação.

4.3 Preparo dos Vasos e Aplicação da Fosfatagem

Para o preparo dos vasos foram utilizados baldes de 16 litros cada vaso recebeu uma porção de 11,2 kg de solo e foram organizados em três parcelas com nove vasos sobre uma bancada, dentro da casa de vegetação (Figura 4).

Para a aplicação dos tratamentos de fosfatagem, o cálculo foi realizado de acordo com a análise de solo baseado nas normas de recomendações, de adubação e calagem para o estado de São Paulo (Boletim técnico 100). O tratamento foi realizado no dia 22 de fevereiro de 2016 (Figura 5). A aplicação prosseguiu-se manualmente sobre a superfície do solo e incorporada com o auxílio de uma pá de jardinagem na camada de 0 a 10 cm.

Para cada tratamento foi aplicado uma fonte diferente de fósforo, e todos os tratamentos receberam a mesma quantidade de fósforo ($100 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$). Nos tratamentos, as quantidades aplicadas por unidade experimental foi 0 g de fósforo (testemunha), 3,5g (fosfatagem superfosfato triplo) e 8,1g (fosfatagem termofosfato Optein).

Os vasos com os solos tratados ficaram permaneceram em repouso por 28 dias para que houvesse efeito corretivo pela fosfatagem.



Figura 4. Vasos com solo para plantio.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 5. Fosfatagem.
Fonte: Arquivo pessoal

4.4 Plantio e Adubação de Plantio

No dia 18 de março de 2016 realizou-se o plantio (Figura 6) com a semeadura do híbrido de milho “Dow AgroSciences 2b688” apresentando as seguintes características: porte médio, altura da planta de 2,1m, altura de espiga de 1,15m, resistência física alta, espiga com formato cilíndrico, podendo conter de 20 a 22 fileiras, boa debulha, empalhamento, coloração do grão alaranjado e textura semidura de utilização para grão e silagem.

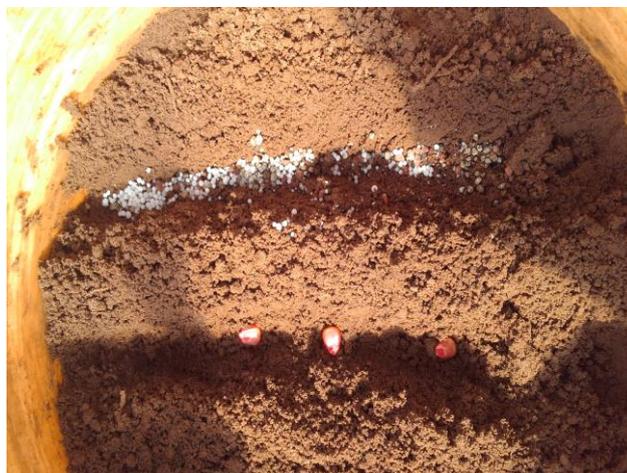


Figura 6. Plantio do milho e aplicação do nitrogênio e potássio.
Fonte: Arquivo pessoal

O cálculo para adubação de plantio foi realizado de acordo com a análise de solo em fundamentação com as normas de recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo (Boletim técnico 100). No plantio foram usados elementos separados de modo à garantir aplicação precisa de cada nutriente. Foram aplicado 40 kg de nitrogênio, sendo 121,2 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio (33 % nitrogênio) correspondendo a 2g de nitrato de amônio por unidade experimental e 50 kg de potássio, sendo 83,3 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (58 % de K₂O), correspondendo a 1,3g de cloreto de potássio por unidade experimental. O fósforo foi aplicado em três tratamentos dentro de cada tratamento de fosfatagem, e foi utilizado 90 kg de P₂O₅ ha⁻¹ sendo (4,7 g de superfosfato triplo, 7,3 g de termofosfato Optein e a testemunha sem fósforo) (Figura 7).



Figura 7. Aplicação do fosfato Optein no sulco de plantio.
Fonte: Arquivo pessoal

4.5 Adubação de Cobertura e Tratos Culturais

A adubação de cobertura foi feita em dose única no dia 12 de abril de 2016 ou seja, vinte e um dias após a germinação, quando as plantas se encontravam no estágio de desenvolvimento V3. Todas as unidades experimentais receberam a mesma quantidade de nitrogênio e potássio na adubação de cobertura, sendo aplicados $424,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrato de amônio correspondendo a 6 g, por unidade experimental e $166,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de cloreto de potássio correspondendo a 2,5 g, por unidade experimental. Os tratos culturais foram bem reduzidos já que o experimento foi conduzido em casa de vegetação. A irrigação foi feita por sistema de gotejo (Figura 8). Não houve a necessidade de fazer controle fitossanitário já que o ambiente era fechado com tela fina.



Figura 8. Sistema de gotejo
Fonte: Arquivo pessoal

4.6 Características Avaliadas

No dia 10 de agosto de 2016, quando o milho se encontrava no estágio R6 (grãos maduros fisiologicamente) (FANCELLI, 2011), foi feito o corte da planta (Figura 9 A e B) e a colheita das espigas, as quais foram retiradas a palha e pesadas em balança de precisão (Figura 10).



Figura 9. (A) Milho em estágio R 6; (B) corte da planta.
Fonte: Arquivo pessoal

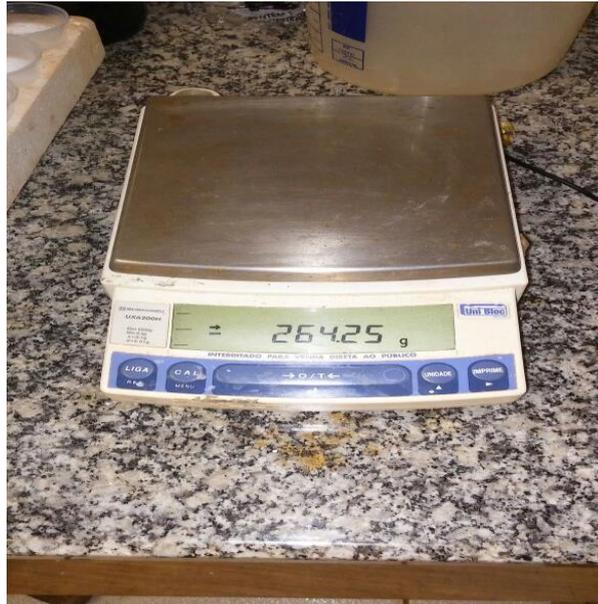


Figura 10. Balança analítica de precisão.
Fonte: Arquivo pessoal

4.7 Análise

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, ao nível de 1% e 5% de probabilidade. Aplicou-se o teste Tukey nas comparações dos tratamentos com a testemunha. Para comparação dos diferentes tratamentos de fosfatagem e adubação de fosforo no sulco de plantio, foi realizada a análise de variância, para análise dos dados, utilizou-se o programa SAS (2002).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Produtividade

Os resultados do experimento estão descritos na tabela 4.

Tabela 4: Médias dos resultados obtidos entre os fatores Fosfatagem e Adubação no sulco de plantio, ao longo do experimento.

Adubação Sulco	Fosfatagem / Médias e Desvios Padrões ¹			Análise de Variância	
	Super Triplo	Optein	Controle	Valor F	Pr > F ^a
Super Triplo	222,3 ± 55,0 Aa	237,4 ± 20,0 Aa	189,8 ± 16,0 Aa	1,96	0,1708
Optein	214,3 ± 42,6 Aa	142,2 ± 8,0 Bb	65,4 ± 21,4 Cb	18,39	<0,0001
Controle	170,2 ± 38,2 Aa	127,1 ± 13,7 Ab	11,5 ± 5,1 Bc	16,94	<0,0001
Valor de F	2,61	11,86	23,84	CV=18,92%	
Pr > F ^b	0,1026	0,0006	<0,0001		

1: Valores seguidos pelas mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (P≥0,05)

a: Probabilidade de significância do teste F para Adubação Sulco dentro de Fosfatagem

b: Probabilidade de significância do teste F para Fosfatagem dentro de Adubação Sulco de plantio.

Pode-se verificar que houve interação entre os dois fatores, conforme demonstrado na tabela 4.

Na (Figuras 11 A, B e C) pode-se observar as espigas dos tratamentos de fosfatagem com superfosfato triplo e aplicação de sulco de plantio (superfosfato triplo, termofosfato optein e controle). Pode-se observar que não houve diferença significativa no peso da espiga quando efetuada a fosfatagem com superfosfato triplo na prática corretiva quando comparado a qualquer outra fonte de fosfato em adubação no sulco de plantio (P=0,1026).



Figura 11. Tratamento de fosfatagem super triplo (A) Tratamento no sulco super triplo; (B) tratamento no sulco termofosfato Optein; (C) Tratamento no sulco controle.

Fonte: Arquivo pessoal

A Figura 12 (A, B e C), demonstra as espigas proveniente da prática corretiva com o termofosfato Optein e aplicação no sulco com (superfosfato triplo, termofosfato Optein e o controle). O maior valor encontrado no peso de espiga foi obtido, quando aplicado o superfosfato triplo no sulco de plantio ($P>0,0006$).

Quando aplicado o termofosfato Optein no sulco de plantio, o peso da espiga foi 142,2 g, sendo 95,2 g mais leve que o tratamento que recebeu superfosfato triplo no sulco ($P=0,0006$). No tratamento sem fósforo no sulco de plantio o desenvolvimento da espiga não foi satisfatório (peso de 65,4 g) devido à baixa solubilidade do termofosfato Optein ($P>0,0006$).



Figura 12. Tratamento de fosfatagem termofosfato Optein; (A) Tratamento no sulco superfosfato triplo; (B) tratamento no sulco termofosfato Optein; (C) Tratamento no sulco controle.

Fonte: Arquivo pessoal

A (Figura 13 A, B e C), demonstra as espigas provenientes da prática corretiva controle e aplicação no sulco com (superfosfato triplo, termofosfato Optein e o controle). Pode-se observar que o maior peso de espiga (189,8 g) foi obtido quando aplicado, superfosfato triplo no sulco de plantio ($P=0,1026$).

No tratamento no sulco de plantio com termofosfato Optein as espigas não se desenvolveram (peso de 65,4 g), devido à baixa solubilidade do produto ($P=0,0001$).

No tratamento controle a média de peso foi de 11,5 g, esse resultado sugere que a cultura do milho não se desenvolve na ausência do fósforo ($p<0,0001$).



Figura 13. Tratamento de fosfatagem controle; (A) Tratamento no sulco superfosfato triplo; (B) tratamento no sulco termofosfato Optein; (C) Tratamento no sulco controle.

Fonte: Arquivo pessoal

Rezende et al. (2006) avaliaram diferentes fontes de fósforo (superfosfato triplo, termofosfato magnesiano, fosfato natural reativo Arad e fosfato natural de Araxá) aplicando $180\text{kg P}_2\text{O}_5\text{ ha}^{-1}$ em dois modos de aplicação (lanço e sulco de plantio), parcelando as aplicações em $60\text{kg P}_2\text{O}_5\text{ ha}^{-1}$ por cultivo, e avaliando os pesos de espigas (kg ha^{-1}), no primeiro cultivo obteve os seguintes resultados, o tratamento superfosfato triplo obteve 6319 kg ha^{-1} de espiga e o termofosfato magnesiano 6030 kg ha^{-1} . Ao longo de três cultivos pode-se observar que o superfosfato triplo teve melhor resposta nas duas primeiras safras, já o termofosfato foi a fonte para qual a produtividade se manteve mais estável ao longo de três cultivos obtendo produção de espigas de 8507 kg ha^{-1} , sendo superior à produção de espigas com superfosfato triplo (7944 kg ha^{-1}) demonstrando sua melhor eficiência ao longo do tempo.

Em comparação aos resultados obtidos por Rezende et al. (2006), o presente trabalho utilizou $100\text{ kg P}_2\text{O}_5$ em fosfatagem e $90\text{ kg de P}_2\text{O}_5$ na adubação de sulco de

plantio e obteve os seguintes resultados: o tratamento que utilizou superfosfato triplo obteve 10114 kg ha⁻¹ de espiga, já o tratamento com o termofosfato Optein obteve 6470 kg ha⁻¹ de espiga.

Segundo Barber (1995), a aplicação localizada do adubo fosfatado no milho, faz com que ocorra maior desenvolvimento radicular na área adubada e o grau de proliferação depende da quantidade de fósforo aplicada e do nível inicial no solo.

Prado et al. (2001), avaliaram diferentes doses de fósforo e três modos de aplicação (sulco duplo, simples e a lanço) e concluiu que os modos de aplicação localizados foram superiores ao modo a lanço, na produção de grãos.

6. CONCLUSÃO

A produtividade de espiga foi influenciada pelo uso do superfosfato triplo, em aplicação no sulco de plantio proporcionando o máximo rendimento no peso de espiga. Sendo superior aos tratamentos com o termofosfato OPTEIN e o controle.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2006: **anuário de agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2005.

Anuário Estatístico Setor de Fertilizantes. São Paulo. ANDA. 2005.

BARBER, S.A. Mecanismos de absorção de fósforo sob condições de estresse ambiental. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL, 1., Belo Horizonte. 1992, Anais. Sete Lagoas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1995. p.233-237. BASTOS, E. **Guia para o cultivo do milho**.

CAVARIANI, C. et al. **Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão**. Revista brasileira de sementes, Pelotas, v. 28, n. 1, abr. 2006.

COELHO, A.M.; FRANÇA, C.E.; PITTA, G.V.E.; ALVES, V.M.C.; HERNANI, L.C. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2002
Conab (2015) Companhia Nacional de Abastecimento. Perspectiva para a agropecuária / vol 3-safra 2015/2016 Produtos de verão. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acessos em: 13 de outubro de 2017.

Conab (2014) Companhia Nacional de Abastecimento. Safras / Séries Históricas. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acessos em: 19 de setembro de 2017.

COUTINHO, E.L.M.; NATALE, W.; STUPIELLO, 3.3.; CARNIER, P.E. **Avaliação da eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura do milho**. Científica, São Paulo, v. 19, n.2, p.93404, 1991.

CROSS, A.F.; SCHLESINGER, W.H. **A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems**. Geoderma , v.64, p.197-214, 1995.

DUARTE, J. de O. **Importância Econômica**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 1. 2004.

DUARTE, J. O. **Cultivo do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. (Sistema de Produção, n. 2). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/mercado.htm>>. Acesso em: 19 set. 2017.

Duarte, J.O. Cultivo do milho: importância econômica. <http://www.sistemasdesproçãp.cnptia.embrapa.br/Fontes.HTML/Milho/CultivodoMilho/importancia.htm>. 22 Fev. 2008.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2001. 259 p.

FANCELLI, A. L. **Milho: produção e produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2011. 176 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho: Manejo e Produtividade**. Piracicaba:USP/EZALQ/LPV,2009. 181 p.

FERREIRA, A. M. **Efeitos de adubos verdes nos componentes de produção de diferentes cultivares de milho**. 1996. 70 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

GALINAT, W. C. **The origin of corn**. In: SPRAGUE, G. F. (ed.) Corn and corn improvement. Madison: American Society of American of Agronomy. 1977. p.1-47

MALAVOLTA, E.; GOMES, F.; ALCARDE, J. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2000.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 594p.

MANGESLDORF, P. C. **Corn its origin, evolution and improvment**. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press, 1974. 262 p.

MELO, W.J.; SOUZA, W.J.O. **Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, n.6, p.1113-1122. 2003.

Novais, R. F.; Smyth, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. 1.ed. Viçosa: UFV/DPS, 1999. 399 p.

OLIVEIRA JUNIOR, J. A. **Adubos fosfatados como fonte de metais pesados: efeito na composição do solo e do arroz**. 2001. 81 f. Tese (Doutorado) - Curso de Energia Nuclear Na Agricultura, Departamento de Centro de Energia Nuclear Na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

PENA, Guilherme Ferreira. **PROGÊNIES PARCIALMENTE ENDOGÂMICAS NO MELHORAMENTO DO MILHO-PIPOCA: ANÁLISE BIOMÉTRICA DE TOPCROSSES E DIVERGÊNCIA GENÉTICA FUNCIONAL POR MARCADORES SSR-EST**. 2015. 113 f. Tese (Doutorado) - Curso de Genética e Melhoramento de Plantas, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes - Rj, 2015.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. **RESPOSTA DA CULTURA DO MILHO A MODOS DE APLICAÇÃO E DOSES DE FÓSFORO, EM ADUBAÇÃO DE MANUTENÇÃO**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2001

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Eficiência da escoria de siderurgia em areia quartzosa na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 18, n. 4, p. 36-39, abr.2000. Bimestral.

PONS, A.; BRESOLIN, M. **A cultura do milho. Trigo e Soja, Porto Alegre**, n. 57, p. 6-31, 1981.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1991. 343p.

RAIJ, B. van; FEITOSA, C.T.; CANTARELLA, II.; • CAMARGO,A.I.'; DECHEN, AR.; ALVES, 5.; SORDI, O.; VEIGA, A.A.; CAMPANA, M.P.; PENTINELLI, A.; NERY, C. **O emprego da análise de solo para discriminar respostas à adubação para a cultura do milho**. *Bragantia*, Campinas, v.40, p.57- -76, 1981.

RESENDE, Alvaro Vilela de; FURTINI NETO, Antonio Eduardo; ALVES, Vera Maria Carvalho. **FONTES E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO PARA O MILHO EM SOLO CULTIVADO DA REGIÃO DO CERRADO**. 2006. 466 f. Tese (Doutorado)Curso de Agronomia, Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

SAS-Statistical Analysis System.SAS/STAT user's guide, version 8.0. Cary, 2002.

SILOTO, R. C. **Danos e biologia de Spodoptera frugiperda** (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho. 2002. 93 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

VAN RAIJ, Bernardo et al. **Boletim técnico n°100: RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO**. 2. ed. Campinas: Iac, 1997. 285 p.

VITTI, G. C. TEIXEIRA,L.H.B.;BARROS JR,M.C.D.Diagnóstico da fertilidade do solo e adubação para alta produtividade de milho .In: FANCELLI, A. L. **Diagnóstico da alta produtividade**. 2004.p. 134-173

WALKER, T.W.; SYERS, J.K. **The fate of phosphorus during pedogenesis.** Geoderma , v.15, p.01-19, 1976.

WEATHERWAX, P. **Indian corn in old America.** New York: MacMilan, 1954. 253 p.

.YOST, R. S.; KAMPRATH, E. J.; NADERMAN, G. C.; LOBATO, E. **Residual effects of phosphorus adsorving Oxisol of Central Brazil.** Soil Science Society America Journal, Madison, v. 45, p. 540-543, 1981.