

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO RESIDUAL DE FONTES DE FÓSFORO E ADUBAÇÃO
FOSFATADA NO CRESCIMENTO DO MILHO**

CAIO VILELA CRUZ

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Agricultura)

BOTUCATU – SP

Julho – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO RESIDUAL DE FONTES DE FÓSFORO E ADUBAÇÃO
FOSFATADA NO CRESCIMENTO DO MILHO**

CAIO VILELA CRUZ

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Agricultura)

BOTUCATU – SP

Julho – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Cruz, Caio Vilela, 1988-
C957e Efeito residual de fontes de fósforo e adubação fosfatada no crescimento do milho / Caio Vilela Cruz. - Botucatu : [s.n.], 2015
ix, 43 f. : fots. color., grafs. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Dirceu Maximino Fernandes
Inclui bibliografia

1. Milho - Adubação. 2. Solos - Teor de fósforo. 3. Fertilizantes fosfatados. 4. Solos - Acidez. I. Fernandes, Dirceu Maximino. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE BOTUCATU
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: EFEITO RESIDUAL DE FONTES DE FÓSFORO E ADUBAÇÃO FOSFATADA NO
CRESCIMENTO DO MILHO

AUTOR: CAIO VILELA CRUZ

ORIENTADOR: Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA
(AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Dep de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BOAS

Dep de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Profa. Dra. ROSEMARY MARQUES DE ALMEIDA BERTANI

APTA - Agência Paulista de tecnologia dos Agronegócios - Regional Bauru

Data da realização: 30 de julho de 2015.

A meus pais Paulo e Lilia, aos meus irmãos Igor e Paulo, minhas mães Sônia e Vó Fina, por sempre me ajudarem, apoiar e incentivar todas as minhas realizações.

A minha esposa Fernanda pelo companheirismo, compreensão, amor e incentivo nesta caminhada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade da vida, pela família maravilhosa e por me guiar pelos caminhos certos.

A meus pais, Paulo e Lilia pelo apoio e amor incondicional. Por não medirem esforços para me ajudar, por estarem presentes em todas as minhas caminhadas. Sem o apoio de vocês eu não teria começado esta caminhada e nem conseguiria seguir com meus objetivos de vida.

A minha tia Sônia e minha vó Josefina pelo amor, carinho e apoio.

A minha esposa Fernanda, por estar ao meu lado em todo os momentos, pela enorme compreensão, amor, carinho, paciência e dedicação.

A todos os docentes da PG-Agricultura pelos valiosos ensinamentos e por momentos prazerosos de aprendizado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. Dirceu Maximino Fernandes, por ter me dado a oportunidade de realização do mestrado, pelos valiosos ensinamentos, pelos conselhos, pela amizade e por não medir esforços para me ajudar em momentos difíceis. Sou eternamente grato !!!

Ao Professor Dr. Iraê Amaral Guerrini, pela compreensão em momentos difíceis e pelos valiosos ensinamentos.

A toda equipe do Departamento Solos e Recursos Ambientais pela colaboração na execução do trabalho.

Ao Marco André Grohskopf e ao meu irmão Igor, por terem me ajudado na elaboração, condução e avaliação deste experimento. Sem vocês não teria conseguido concluir esta dissertação. Muito obrigado!

Ao Danilo Almeida e Edilson Ramos pela ajuda e conselhos dados no começo desta jornada.

A estagiária Mariana Sab pelo auxílio no desenvolvimento do trabalho.

Ao ortopedista Dr. Paulo Silvaes e ao fisioterapeuta Eduardo Alexandre Lopes pela grande boa vontade e profissionalismo.

Aos amigos que fiz aqui e a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

Sumário

LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
1.RESUMO	1
2.SUMARY	3
3.INTRODUÇÃO	4
4.REVISÃO DE LITERATURA	6
4.1Fósforo na cultura do milho	6
4.2 Disponibilidade de fósforo nos solos tropicais.....	7
4.3 Fontes de Fósforo.....	9
4.4 Métodos de extração de fósforo para rotina.....	11
5.MATERIAL E MÉTODOS	13
5.1Localização e Caracterização da área experimental	13
5.2 Caracterização do solo utilizado no experimento.....	13
5.3 Experimento 1- Efeito residual de fontes fosfatadas sob residual da calagem para cultura do milho.	16
5.4 Experimento 2- Efeito Residual de fontes fosfatadas sob condição original de acidez para a cultura do milho.	17
5.5 Delineamento experimental	18
5.6 Avaliações no solo	18
5.7 Avaliações na planta.....	18
5.7.1 Matéria seca da parte aérea.....	18
5.7.2 Acúmulo de fósforo	19
5.8 Análise Estatística	19
6.RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6.1 Avaliações na Planta.....	20
6.1.1 Acúmulo de Massa Seca	20
6.1.2 Acúmulo de Fósforo.....	23
6.2 Avaliação no Solo	25
6.2.1 P resina	25
6.2.2 P Mehlich 1	28
6.2.3 V% e pH.....	31
7. CONCLUSÃO	35
8. REFERÊNCIAS.....	36

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Características químicas das amostras de solo utilizadas nos experimentos antes da implantação da braquiária.....	14
TABELA 2. Relação C/N e massa seca de braquiária que foi incorporada ao solo do experimento.....	15
TABELA 3. Teores de P ₂ O ₅ total, solúvel em ácido cítrico a 2%, solúvel em CNA + H ₂ O e solúvel em H ₂ O das fontes utilizadas nos experimentos.....	15
TABELA 4. Teores de nutrientes das fontes de fósforo.....	15
TABELA 5. Composição granulométrica das fontes de fósforo utilizadas.....	15
TABELA 6. Características químicas do solo utilizadas nos experimentos, sob efeito residual da calagem.....	16
TABELA 7. Características químicas do solo utilizadas nos experimentos, em condições originais de acidez.....	17
TABELA 8. Produção de massa seca de plantas de milho, em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) em resposta a aplicação de doses (P mg dm ⁻³) de fertilizante solúvel sob efeito residual de resíduos fosfatados, fosfato reativo e superfosfato triplo com e sem efeito residual da calagem.....	21
TABELA 9. Acúmulo de P em parte aérea de plantas de milho, em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) em resposta a aplicação de doses (P mg dm ⁻³) de fertilizante solúvel sob efeito residual de resíduos fosfatados, fosfato reativo e superfosfato triplo com e sem efeito residual da calagem.....	23
TABELA 10. Teor de fósforo extraído pela resina (mg dm ⁻³) em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) em resposta a aplicação de doses (P mg dm ⁻³) de fertilizante solúvel sob efeito residual de resíduos fosfatados, fosfato reativo e superfosfato triplo com e sem efeito residual da calagem.....	26

TABELA 11. Teor de fósforo extraído pelo mehlich 1 em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) em resposta a aplicação de doses ($P \text{ mg dm}^{-3}$) de fertilizante solúvel sob efeito residual de resíduos fosfatados, fosfato reativo e superfosfato triplo com e sem efeito residual da calagem.....29

TABELA 12. Saturação por bases (V%) do solo em resposta a aplicação de doses ($P \text{ mg dm}^{-3}$) de fertilizante solúvel sob efeito residual de resíduos fosfatados, fosfato reativo e superfosfato triplo com e sem efeito residual da calagem.....31

TABELA 13. Valores de pH em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) em resposta a aplicação de doses ($P \text{ mg dm}^{-3}$) de fertilizante solúvel sob efeito residual de resíduos fosfatados, fosfato reativo e superfosfato triplo com e sem efeito residual da calagem.....32

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Temperatura mínima, máxima e média (°C) registradas durante a condução do experimento, nos anos agrícolas de 2014 e 2015. Botucatu-SP. Fonte: Departamento de solos e Recursos Ambientais – FCA/UNESP.....	14
FIGURA 2. Vista dos experimentos 1 e 2 no momento da colheita do primeiro cultivo.....	18
FIGURA 3. Efeito das fontes e doses de fósforo na produção de matéria seca de plantas de milho com o efeito residual do calcário.....	21
FIGURA 4. Efeito das fontes e doses de fósforo na produção de matéria seca de plantas de milho com a ausência do calcário.....	22
FIGURA 5. Efeito das fontes e doses de fósforo no acúmulo de P em plantas de milho com o efeito residual do calcário.....	24
FIGURA 06. Efeito das fontes e doses de fósforo no acúmulo de P em plantas de milho em condição original de acidez.....	25
FIGURA 07. Efeito das fontes e doses de fósforo no P-resina em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) sob efeito residual do calcário.....	27
FIGURA 08. Efeito das fontes e doses de fósforo no P-resina em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) sob ausência de calagem.....	27
FIGURA 09. Efeito das fontes e doses de fósforo no P Mehlich-1 em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) sob efeito residual do calcário.....	28
FIGURA 10. Efeito das fontes e doses de fósforo no P Mehlich-1 em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) sob ausência de calcário.....	29
FIGURA 11. Efeito das fontes e doses de fósforo no pH em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) sob efeito residual do calcário.....	31

FIGURA 12. Efeito das fontes e doses de fósforo no pH em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) sob ausência de calagem.....33

FIGURA 12. Efeito das fontes e doses de fósforo no pH em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) sob ausência de calagem.....34

1. RESUMO

Em solos ácidos o uso de fontes alternativas na adubação fosfatada pode influenciar a eficiência da adubação posterior com fosfato solúvel. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da cultura do milho a adubação fosfatada e o teor de P disponível em um Latossolo Vermelho distrófico que estava sob efeito residual de fontes de fósforo em duas condições de acidez. Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista - UNESP - campus de Botucatu. O experimento I foi conduzido sob efeito residual da calagem e o experimento II em condições de acidez original. Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de um solo onde foi adubado com superfosfato triplo (STF), fosfato reativo (FNR) e dois rejeitos da indústria de fertilizante fosfatado (FP1 e FP2), com cinco doses de superfosfato triplo (0, 30, 60, 90, 120 mg dm⁻³ de P) para cada fonte utilizada anteriormente. Nas condições deste experimento quanto maior a solubilidade da fonte de P aplicada para a adubação de correção nos três cortes sucessivos de Urochloa, maior é a influência da adubação de reposição de P para a cultura do milho. Nas condições deste experimento quanto maior a solubilidade da fonte de P, aplicada para a adubação de correção nos três cortes sucessivos de Urochloa, maior é a influência da adubação de manutenção de P para a cultura do milho. Na dose utilizada neste estudo a fonte FP2 obteve maior efeito residual que as outras fontes, onde as doses STF não influenciaram a produção de biomassa e o acúmulo de P nas plantas de milho para esta fonte nas condições de residual da calagem.

As fontes FP2 e FR obtiveram os maiores valores de P disponível extraído pela resina e pelo Mehlich 1. Mesmo ocorrendo interação significativa entre as fontes e a ausência da calagem para a V%, o experimento II apresentou teores de V% muito abaixo do recomendado para a cultura do milho.

Palavras-Chave: Disponibilidade de fósforo, fertilizantes fosfatados, acidez do solo

RESIDUAL EFFECT MATCH OF SOURCES AND PHOSPHATE FERTILIZER ON CORN GROWTH. Botucatu, 2015. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CAIO VILELA CRUZ

Adviser: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

2. SUMMARY

In acid soils the use of alternative sources in phosphate fertilizer can influence the efficiency of subsequent fertilization with soluble phosphate. The objective of this study was to evaluate the response of corn to phosphorus fertilizer and phosphorus content available in an Oxisol that was under the residual effect of phosphorus you were in two conditions of acidity. Two experiments were conducted in a greenhouse of the Department of Soil and Environmental Resources of the Faculty of Agricultural Sciences at the State University of São Paulo - UNESP- Botucatu. The first experiment was conducted under the residual effect of liming and experiment II Original acidic conditions. A completely randomized design was adopted in a factorial 4 x 5, with four replications. Treatments consisted of a soil which was fertilized with triple superphosphate (STF), rock phosphate (FNR) and two waste from the phosphate fertilizer industry (FP1 and FP2) with five doses of triple superphosphate (0, 30, 60, 90, 120 mg dm⁻³ P) for each source previously used. In this experiment the higher the solubility of the P source applied to correct fertilization in three successive cuts of Urochloa, the greater the influence of fertilizer replacement P for corn. The FP2 source had higher residual effect than other sources where the SFT doses did not affect biomass production and accumulation of P in corn plants to this source, the conditions imposed in experiments. The FP2 and RF sources obtained the highest available P values extracted by resin and the Mehlich 1. Even and a significant interaction between the sources and the absence of liming for V%, the experiment showed II V% values far below recommended for maize, being recommended use of liming before fertilization sources studied herein.

Key-words: Phosphorus availability, phosphate fertilizers, soil acidity

3. INTRODUÇÃO

Os solos tropicais apresentam deficiência de P e grande adsorção deste nutriente quando adicionado via fertilizantes, sendo imprescindível o uso de fertilizantes fosfatados para uma produção satisfatória. Essa característica tem uma relação direta com a produtividade das culturas afetando nos custos de produção e retorno econômico.

As jazidas de rocha fosfatada para a produção de fertilizantes são finitas, e com a expansão e aumento da área de plantio e da produtividade, o uso e manejo mais eficiente dos fertilizantes fosfatados vem sendo uma busca constante pela pesquisa.

O processo de beneficiamento da rocha fosfática para a produção de fertilizantes fosfatados, tem geração de rejeitos, os quais possuem ainda teores de P que podem ter efeito positivo para a adubação e nutrição de plantas, podendo assim ser utilizados como fertilizantes. Com a grande importância que esse nutriente apresenta para a produção agrícola principalmente em regiões tropicais, é necessário desenvolver tecnologias que viabilize o uso destes resíduos fosfatados, aproveitando melhor os recursos naturais e aumentando a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola. Porém para uma recomendação técnica é preciso conhecer como essas possíveis fontes de fósforo disponibilizam o nutriente e os efeitos ao longo do tempo sob a fertilidade do solo e a produção vegetal.

Na agricultura é predominante o uso de fontes solúveis com rápida disponibilidade do nutriente, porém essa disponibilidade “imediate” favorece a adsorção, reduzindo a disponibilidade para as plantas, e a eficiência de uso do P pelas plantas. Já fontes que apresentam características de liberação lenta ou intermediária diminuem a adsorção do P e favorece a absorção pelas plantas do P em solução, reduzindo a competição entre solo e planta, mas o uso de fontes menos solúveis só as torna rentáveis se a menor solubilidade não implique em restrição no processo de difusão ao qual garante o suprimento de P para a planta.

Para estimar a disponibilidade de P no solo, no Brasil há dois extratores de P para fins de rotina em laboratórios de fertilidade, o Mehlich 1 e a Resina de troca iônica. O Mehlich 1 (HCl 0,005N+H₂SO₄ 0,025N) consiste na solubilização de fosfatos de cálcio, alumínio e ferro por íons de hidrogênio sendo um extrator ácido forte. A resina de troca iônica é um material sintético, com estrutura tridimensional, que contém grupos químicos com cargas positivas e negativas, essas positivas adsorvem os ânions H₂PO₄⁻ da solução aquosa em contato com o solo durante a agitação de solo, resina e água durante 16 horas.

A problemática entre esses dois extratores é que o Mehlich 1 pode, em solos com alto teor de óxidos de ferro e argila, extrair valores menores devido ao consumo de íons hidrogênio e sulfato do extrator pelos grupos funcionais não ocupados pelo P nos coloides inorgânicos e/ou pela reabsorção de P aos coloides durante a extração. E em solos adubados com fosfatos naturais apresenta ação dissolutiva do ácido sobre partículas de fosfatos naturais reativos, superestimando os teores de P disponível em solos adubados ou corrigidos com os mesmos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da cultura do milho a adubação fosfatada e o teor de P disponível em um Latossolo Vermelho distrófico que estava sob efeito de residual de fontes de fósforo em duas condições de acidez.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Fósforo na cultura do milho

A produção brasileira de milho na safra 2014/2015 foi cerca de 81.811,4 mil toneladas com uma área plantada de 15 milhões de hectares, sendo assim de grande importância no sistema produtivo de grãos no Brasil (CONAB,2015). Apesar do elevado potencial produtivo do milho as médias brasileiras são de 3,5 t/há de grãos (BASTOS et al., 2010).

Dentre os nutrientes presentes nos fertilizantes, o fósforo é o mais limitante para a cultura do milho. Em solos com baixo teor de fósforo disponível e com altas taxas de sorção do fósforo, são consideradas as limitações mais severas para a utilização destes solos no processo produtivo e para o aumento da produtividade, pois se faz necessário aplicações de altas doses de fósforo (LOPES, 1984).

Observa-se que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta linearmente com o aumento na produção, e que a maior exigência do milho refere-se a nitrogênio e potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo, porém devido as características químicas e mineralógicas dos nossos solos, a resposta adubação fosfatada é muito expressiva, pois cerca de 70% do P adicionado fica retido nos minerais e não é disponibilizado. Restringindo o potencial produtivo da planta (BULL, 1993; FANCELLI, DOURADO- NETO, 2000).

As respostas do milho a adubação com P geralmente são altas e frequentes, em solos com sistemas de preparo convencionais do solos e deficientes em P, doses variando de 80 a 320 kg/há de P₂O₅ foram necessárias para obtenção de produtividades máximas de milho (6 a 11 t/ha de grão), assim altas produtividades de milho dependem de bom suprimento de P no solo. Em solos com baixa disponibilidade de fósforo, a adubação deve visar, o requerido pela planta e o aumento de teor no solo, garantindo assim o rendimentos adequado (FILHO, 2007). Neste contexto é de grande relevância o estudo do manejo deste nutriente bem como as fontes e formas de utilização para o melhor aproveitamento do fósforo pela cultura do milho.

4.2 Disponibilidade de fósforo nos solos tropicais

Para que a planta seja nutrida de forma que alcance seu máximo potencial produtivo, o solo tem que fornecer o nutriente em solução atendendo a demanda da planta (Sousa et al., 2010).

O fósforo em solos de regiões tropicais ocupa um lugar de destaque, pois é o nutriente que se encontra, de forma geral, com uma baixa concentração e quando adicionado via fertilizante sofre reações as quais diminuem a eficiência no uso deste pela planta (HINSINGER, 2001; Novais & Smyth, 1999).

É um elemento que tem grande afinidade com o cálcio (Ca), ferro (Fe) e alumínio (Al) os quais estão presentes na maioria dos solos brasileiro em grandes quantidades principalmente nas formas de óxidos hidratados de ferro, alumínio e caulinita compondo a maior parte da fração mineralógica da argila formando compostos de baixa solubilidade (RAIJ, 2004; Rolim Neto et al.,2004; Valladares et al.,2003).

A adsorção de P ao solo, ocorre pela precipitação do P em solução como formas iônicas de Fe, Al e Ca . O P inicialmente adsorvido a superfície dos colóides e difunde-se, com o tempo, para seu interior. É um processo lento, que pode levar anos para atingir o equilíbrio, devendo ser, também, responsável pela diminuição da disponibilidade de P de um solo recém fertilizado (ALCARDE et al., 1991; AQUINO, 2004), em solos com baixa ou nenhuma adição de fertilizantes fosfatados, as formas orgânicas de P são as principais responsáveis pelo fornecimento deste nutriente às plantas, pois as formas inorgânicas encontram-se indisponíveis tanto por ter teores baixos como adsorvido ou precipitado (Gatibone et al.,2007).

A adsorção por oxidróxidos ocorre por meio de troca de ligantes onde OH⁻ e o OH₂⁺, da superfície dos óxidos é trocado por fosfato da solução. Nesse tipo de ligação o núcleo central que é o receptor de elétrons (no caso dos nossos solos são o Fe, Al e Mn) que se

encontram e fazem parte da estrutura e estão localizados na superfície dos óxidos, hidróxidos e minerais de argila (1:1), se liga a um ligante (doadores de elétrons no caso os fosfatos). É uma ligação ou adsorção específica e não depende do tipo de carga elétrica dos constituintes sólidos devido ao caráter covalente da ligação, com formação de compostos pouco solúveis ou insolúveis fixando o P ao entrarem em contato com a fase sólida do solo, não o disponibilizando às plantas o que justifica a baixa concentração de fosfatos (H_2PO_4^- e HPO_4^{2-}) na solução do solo (ERNANI,2008).

O fósforo que fica retido no solo e não retorna em formas que as plantas possam absorver é conhecido como fósforo não-lábil, cerca de 75% de adsorção é completada em um tempo de equilíbrio inferior a meia hora em solos que tem grande capacidade de adsorção de fósforo (Gonçalves et al.,1985).

Essa adsorção de fosfato também está relacionada com a textura, formação geológica e área superficial dos óxidos de Fe e Al, respectivamente, goethita e gibbsita (Rolim Neto et al., 2004; CORRÊA, 2011). Bahia Filho et al. (1983) estudando o fenômeno de adsorção em componentes da fração argila observara que em solos de textura e mineralogia variáveis, que a goethita foi o principal componente dessa fração responsável pelas variações observadas na capacidade tampão máxima e na adsorção máxima de fósforo. Portanto o processo de fixação de P tem grande relevância no manejo da fertilidade do solo, visando maior eficiência de uso de fertilizantes fosfatados.

Em decorrência desta fixação química por componentes do solo o teor de fósforo solúvel e disponível é muito baixo, sendo necessário a aplicação de fertilizantes fosfatados em quantidades muito superiores às necessidades das plantas e as quantidades exportadas via colheita, com necessidade de adubações fosfatadas frequentes para manter rentáveis as culturas (NAHAS, 1991; CHIEN et al., 2011). Essas elevadas quantidades de fertilizantes são utilizadas para satisfazer a exigência do solo, saturando os componentes responsáveis pela fixação do elemento (FURTINI NETO et al., 2001).

Quando se aumenta o número de OH^- na solução (prática da calagem) elevando assim o pH, desloca o equilíbrio da reação, aumentando assim a disponibilidade de fósforo para as plantas e melhora a eficiência da adubação (Viviani et al., 2010; Ernani et al., 1996; LÉLES, 2012).

Segundo Hinsinger (2001), de forma geral, a disponibilidade de P é maior em solos com pH na faixa de 5,5 a 7,0, pois o pH do solo controla a disponibilidade para as plantas das formas iônicas do fosfato principalmente a forma H_2PO_4^- .

Por essa razão é que a recomendação de corretivos visa elevar o pH do solo entre 5,5 a 7, além de proporcionar aumento do pH, da saturação por bases, a precipitação e a neutralização do alumínio, do ferro e do manganês, aumentando e a eficiência dos fertilizantes,

resultando ainda em diminuição na capacidade de fixação do P, favorecendo o crescimento e desenvolvimento vegetal em solos ácidos (Ernani et al., 1996; KLIEMANN, 1995; FAGERIA, 2001; Ciotta et al., 2004; SANDIM, 2014).

Esses fatores influenciam na disponibilidade do fósforo para as plantas, estando diretamente ligados aos fatores intensidade (I), quantidade (Q) e capacidade (C), que um solo tem em fornecer e armazenar fósforo, onde I corresponde ao P em solução, Q ao P-lábil e C a capacidade tampão de P (NOVAIS; SMYTH, 1999), ou seja, a disponibilidade do fósforo para as plantas depende do teor de fósforo na solução do solo, e essa depende diretamente da capacidade que o solo tem em manter teores adequados para suprir as necessidades da planta ao longo de todo o ciclo. Esses fatores são afetados de forma significativa no solo com a forma de aplicação e a fonte de fósforo utilizada para adubação fosfatada.

4.3 Fontes de Fósforo

A produção de fertilizantes fosfatados minerais é feita a partir de rochas fosfatadas, que são um recurso natural finito e impossível de ser substituído, assim é de grande importância manejar os fertilizantes fosfatados para obter máxima eficiência no uso deste nutriente (NOVAIS; SMYTH, 1999).

A produção de fertilizantes fosfatados se concentra com o uso de rochas de origem vulcânicas sendo as apatitas e de origem sedimentar sendo as fosforitas (MALAVOLTA, 1981).

Na agricultura brasileira, predomina o uso de fontes industrializadas solúveis em água, estes fertilizantes apresentam elevada solubilidade no solo e correspondem a 95% do fósforo utilizado no país, possuindo elevada eficiência em qualquer condição de solo e cultura (SOUSA et al., 2010)

Os fosfatados totalmente acidulados, obtidos a partir do tratamento ácido de rochas fosfáticas (apatitas) com ácido sulfúrico (H_2SO_4) formando o Superfosfato Simples com 18% de P_2O_5 solúvel em citrato neutro de amônio + água e o Superfosfato Triplo formado a partir do tratamento ácido de rochas fosfáticas (apatitas) com ácido fosfórico (H_3PO_4) contendo 43% de P_2O_5 solúvel em CNA + água e 13% de Ca^{2+} , os fosfatos obtidos a partir da amoniação de ácido fosfórico sendo o MAP (Fosfato Monoamônico) e o DAP (Fosfato Diamônico) contendo 48% de P_2O_5 solúvel em CNA+água e 9 % de N e 45% de P_2O_5 e 16% de N e por fim os termofosfatos obtidos a partir da fusão (1450°C) de fosfato natural (apatita ou fosforita) com uma rocha magnésiana (serpentina) e resfriamento rápido contendo 18% de P_2O_5 total, 16,5% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2% e cerca de 20% de Ca e 9% Mg (Novais et al., 2007; ALCADE, 1998; CHIEN, 2011; MALAVOLTA, 1981; Sousa et al., 2010).

Os fosfatos reativos são uma boa alternativa para diminuir a fixação de fósforo nos solos e adubação para as plantas. A escolha dessas fontes geralmente baseia-se na melhor relação custo benefício da adubação, onde os fosfatos reativos apresentam custos reduzidos e vem sendo amplamente estudados (FREIRE *et al.*, 2005). Para o uso comercial de fertilizantes fosfatados, são oferecidos no mercado fosfatos naturais reativos que permitem sua utilização diretamente na agricultura, como os fosfatos naturais da Carolina do Norte-EUA, de Gafsa-Tunísia, de Sechura- Peru e de Arad- Israel (Hammond, 1977), esses fosfatos são de origem sedimentar, possuem menor cristalização e maior reação no solo sendo assim denominados fosfatos naturais reativos (Kaminski e Peruzzo, 1997).

A maior reatividade e a menor cristalização dos fosfatos de origem sedimentar é dada pelo grau de substituições isomórficas de PO_4^{-2} por CO_3^{-2} -F, de Ca^{+2} por Mg^{+2} e Na^1 dando maior reatividade e ocorrendo incompatibilidade entre dois ânions na rede cristalina impedindo seu crescimento (HOROWITZ e MEURER,2004). Outro fator que é considerado para uma boa reatividade é o tamanho das partículas, onde fosfatos naturais com partículas menores apresentam demonstraram um maior acúmulo de P na parte aérea das plantas (HOROWITZ e MEURER,2003). Segundo Tisdale et al (1993) para classificar um fosfato natural como reativo, a amostra moída deve apresentar uma solubilidade em ácido fórmico a 2% e ácido cítrico a 2% maior que 65% e 40% respectivamente.

O fosfato de gafsa, quando aplicado a lanço, equivale ao superfosfato triplo e o fosfato Gafsa não é eficiente para a cultura da soja, quando aplicado no sulco de semeadura (MOTOMIYA,2004). Essas fontes menos solúveis fornecem o fósforo de uma forma mais lenta possibilitando uma melhor assimilação para as plantas e reduzindo a competição da planta com os sítios de adsorção do P no solo e apresentam maior eficiência ao longo dos ciclos de cultivo (CAIONE,2013).

Resende et al. (2006) estudando o efeito residual de fonte de P, observaram que fontes solúveis favoreceram a exportação de P pelas plantas de milho, porém os fosfatos reativos apresentaram valores muito próximos aos valores das fontes mais solúveis e obtém efeito residual de maior eficiência relativa em 3 anos de cultivos e associado a boa produção de grãos quando aplicado de forma parcelada. Em solo com alta capacidade de fixação pode ser mais conveniente o uso de fontes menos solúveis desde que a menor solubilidade não implique em restrição no processo de difusão ao qual garante o suprimento de P para a planta (NOVAIS & SMYTH, 1999). Também necessitam apresentar preço que compense a aplicação dessas fontes com menor reatividade em comparação a fontes solúveis em água.

A longo prazo, em solos com adição de fertilizantes fosfatados em quantidades suficientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas, as formas inorgânicas e orgânicas de P têm capacidade semelhante de fornecer P para as plantas (Gatibone et al.,2007)

4.4 Métodos de extração de fósforo para rotina

A principal forma de fazer uma boa recomendação de adubação é a análise química do solo, obtendo dados sobre a fertilidade do solo. Para recomendação de adubações fosfatadas não é diferente, sendo a análise de solo a ferramenta mais confiável para a recomendação de adubação fosfatada, independente da cultura a ser cultivada (NOVAIS & SMYTH,1999; SILVA & RAIJ,1999).

Existem dois métodos de extração de P no solo calibrados para uso em recomendações de adubação fosfatada no Brasil. O Mehlich 1 (HCl, 0,005N+H₂SO₄ 0,025N) é utilizado praticamente em todos os laboratórios de análise de solo fora do estado de São Paulo. Sua ação consiste na solubilização de fosfatos de cálcio, alumínio e ferro por íons de hidrogênio sendo um extrator ácido forte. Em solos com alto teor de óxidos de ferro e argila os teores obtidos, normalmente são baixos devido ao consumo de íons hidrogênio e sulfato do extrator pelos grupos funcionais não ocupados pelo P nos coloides inorgânicos e/ou pela reabsorção de P aos coloides durante a extração (Bahia Filho et al., 1983). Além disso, apresenta ação dissolutiva do ácido sobre partículas de fosfatos naturais reativos, superestimando os teores de P disponível em solos adubados ou corrigidos com os mesmos (RAIJ, 1991).

Esse extrator também conhecido como duplo ácido ou Carolina do Norte concentra-se na dissolução de minerais contendo P e/ou deslocamento de P retido nas superfícies sólidas do solo para a solução (Volkweiss & Raij, 1977). Para solos que não receberam adubação fosfatada ou que foi empregado adubação com fontes solúveis o extrator de Mehlich 1 é adequado como indicador da disponibilidade de P (Lopes et al. 1982), porém esse método de extração pode apresentar alguns problemas devido sua capacidade de extrair muito fosforo retido em Ca quando foi utilizado fosfatos naturais (Kaminski & Peruzzo, 1997), bem como pela baixa extração de P em solos argilosos, de modo especial naqueles com pH mais elevado, em razão de seu poder de extração ser exaurido pelo próprio solo (Bahia Filho et al., 1983; Novais & Smyth, 1999; Bonfim et al, 2004;Santos et al., 2005).

O método da resina trocadora de íons é o outro método utilizado em laboratório de rotina no Brasil. A resina é um material sintético, com estrutura tridimensional, que contém grupos químicos com cargas positivas e negativas, essas positivas adsorvem os ânions H₂PO₄⁻ da solução aquosa em contato com o solo durante a agitação de solo, resina e água durante 16 horas (RAIJ, 2004) sua extração por troca iônica, assemelha-se à ação das raízes das plantas (SILVA e RAIJ, 1999) extraíndo parte ou todo o fósforo lábil sem afetar representativamente as principais propriedades do solo, e por não modificar significativamente o pH não complexando ou

dissolvendo compostos e os reagentes utilizados tem efeito apenas no tamponamento do meio de extração (pH 6,0 e 7,0) .

As principais vantagens da resina são a ausência de exaustão da extração de P em solos com alto teor de argila e ausência de dissolução excessiva dos solos adubados com fosfatos naturais, evitando assim a superestimação do P disponível (SILVA e RAIJ,1999). Porém em análise de rotina a maior facilidade de análise pelo Mehlich 1. Silva et al (1999) observaram elevadas correlações com o P extraído do solo e o P da parte aérea quando a adubação foi feita com fosfato solúvel tanto para o Mehlich 1, Mehlich 3 e Resina de troca iônica. Porém o método da resina foi superior ao Mehlich 1 e Mehlich 3 quando adubado com fosfatos de rochas sedimentares.

Gonçalves et al (2012) trabalharam com a eficiência de extratores na estimativa da disponibilidade de P para o arroz irrigado por alagamento adubado com fosfato natural reativo observando que a RTA apresentou o maior grau de relação com a quantidade de P acumulado pelas plantas sendo mais eficiente na estimativa da disponibilidade de P para o arroz irrigado. Em estudo comparando os métodos IAC (H₂SO₄ 0,05N), Bray modificado, Olsen e Resina, através de correlação entre os teores de P nos solos e as respostas à adubação fosfatada, em 32 ensaios de campo, com as culturas de algodão e milho, constatou-se a superioridade do método da Resina (RAIJ et al., 1984).

Em trabalho realizado por Corrêa & Haag (1993), os extratores Mehlich 1 e Resina foram eficientes e similares na avaliação do P disponível para as três gramíneas forrageiras, sendo que o método da Resina apresentou maior capacidade de extração do P aplicado, quando a fonte utilizada foi o superfosfato triplo. Mariano et al. 2002, não obtiveram diferença entre os dois extratores na extração de frações de P dos solos, especialmente na avaliação do P disponível para o arroz irrigado em Organossolos.

Segundo Simões Neto et al. (2011), a RTA extraiu mais P independentemente do solo e das características químicas e físicas, já para o extrator Mehlich-1 os níveis críticos de P no solo foram dependentes de características químicas e físicas que refletem o poder tampão de fosfato dos solos.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e Caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos na área experimental pertencente ao Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista - UNESP - campus de Botucatu, que apresenta altitude de 786 m, sendo o clima classificado como temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno (Cfa – Koppen) e a temperatura média mais quente superior a 22° C (CUNHA & MARTINS, 2005). Os experimentos foram conduzidos no período entre 18 de novembro de 2014 a 17 de março de 2015.

A casa de vegetação utilizada foi do tipo arco, coberta com plástico transparente, fechada lateralmente com tela anti-afídeo, com área total de 168 m², pé direito de 2,6m e 3,0m no vão central.

Durante a condução dos experimentos, as médias das temperaturas máxima DE 35,6 °C e mínima 9 °C no campus. Os dados mensais referentes as temperaturas durante os meses de condução estão representadas na Figura 1.

5.2 Caracterização do solo utilizado no experimento

O solo utilizado nos experimentos foi um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) de textura média, classificado de acordo com Embrapa (2006). Coletado na Fazenda Lageado no município de Botucatu-SP.

Este solo apresentava baixo teor de fósforo disponível. As amostras do solo foram coletadas à profundidade de 0 – 20 cm, secas ao ar e em seguida homogeneizadas. Foram retiradas subamostras, passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura e submetidas à caracterização química para fins de fertilidade (Tabela 1).

A caracterização granulométrica foi realizada pelo método do densímetro segundo Embrapa (1997), apresentando os seguintes resultados: 669, 57 e 274 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. Sendo classificado como classe de textura média de acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (EMBRAPA, 1999).

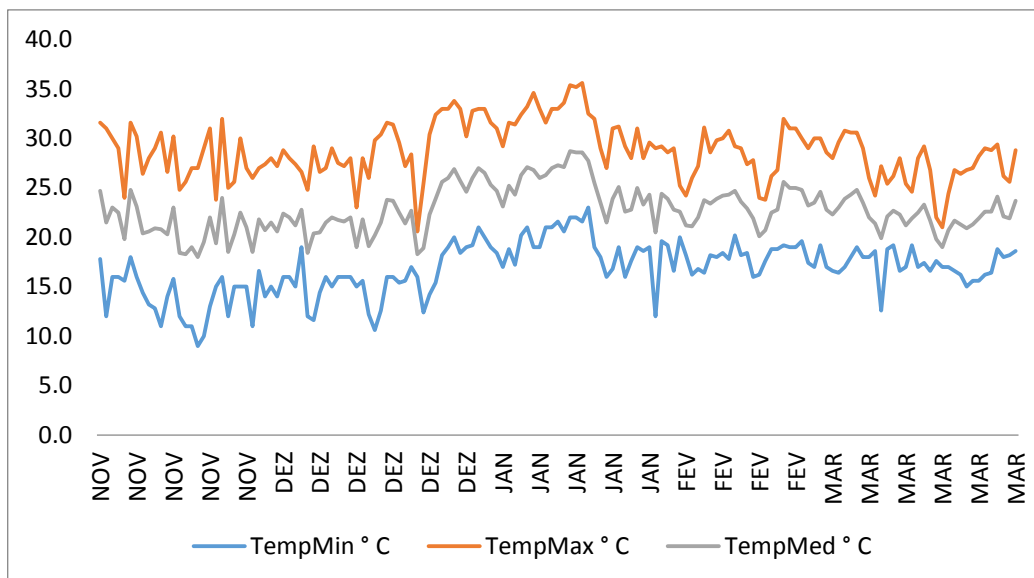


FIGURA 1. Temperatura mínima, máxima e média (°C) registradas durante a condução do experimento, nos anos agrícolas de 2014 e 2015. Botucatu-SP. Fonte: Departamento de solos e Recursos Ambientais – FCA/UNESP.

TABELA 1. Características químicas das amostras de solo utilizadas nos experimentos antes da implantação da braquiária.

pH	M.O. CaCl ₂	P _{resina} mg dm ⁻³	Al	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³							%
4,0	30	4,0	19	67	0,3	3	1	4,3	71,3	6

Este solo estava sob cultivo de *Urochloa* (*Urochloa brizanta* cv Marandú) e recebeu uma dose de 120 mg dm⁻³ dos seguintes fosfatos: Fosfato precipitado 01, Fosfato precipitado 02, Fosfato natural reativo e Superfosfato triplo. As características dos fosfatos se encontram nas tabelas 02, 03 e 04.

Essa *Urochloa* foi conduzida em condições de acidez distintas: sob efeito da calagem e com condições originais de acidez. As unidades experimentais foram vasos de polietileno com capacidade de 20 dm⁻³.

No momento da implantação da *Urochloa* nos vasos, com base nos resultados da análise de química do solo, o tratamento de calagem, recebeu aplicação do corretivo de acidez, utilizando-se calcário dolomítico (PRNT = 95; CaO = 29%; MgO = 18%; PN= 96%), cuja

TABELA 2. Relação C/N e massa seca de Urochloa que foi incorporada ao solo do experimento.

Fonte	Relação C/N		Massa Seca (g vaso ⁻¹)	
	Com Calagem	Sem Calagem	Com Calagem	Sem Calagem
FP1	47	34	36	28,5
FP2	45	43	32,9	30,5
FR	51	37	36,7	31,7
SFT	51	56	37,2	30,3

TABELA 3. Teores de P₂O₅ total, solúvel em ácido cítrico a 2%, solúvel em CNA + H₂O e solúvel em H₂O das fontes utilizadas nos experimentos.

Fosfatos ⁽¹⁾	P ₂ O ₅ Total	P ₂ O ₅ -AC	P ₂ O ₅ -CNA+H ₂ O	P ₂ O ₅ - H ₂ O
	-----%			
FP1	9,10	2,62	3,53	0,0
FP2	14,40	5,97	11,68	0,0
FR	29,40	6,87	5,77	0,0
SFT	48,08	17,04	45,07	37,34

(1) FP 1: Fosfato Precipitado 1; FP 2: Fosfato Precipitado 2; FR: Fosfato Reativo e SFT: Super Fosfato Triplo.

TABELA 4. Teores de nutrientes das fontes de fósforo.

Fosfatos ⁽¹⁾	K ₂ O	S-SO ₄	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	-----%								
FP 1	0,00	3,60	24,76	0,23	0,00	1,05	0,03	0,05	0,08
FP2	0,00	2,50	15,00	0,34	0,01	3,29	0,08	0,08	0,07
FR	0,00	2,36	32,60	0,33	0,02	0,39	0,00	0,06	0,09
SFT	0,00	4,40	13,10	0,26	0,02	1,79	0,07	0,08	0,02

1) FP 1: Fosfato Precipitado 1; FP 2: Fosfato Precipitado 2; FR: Fosfato Reativo e SFT: Super Fosfato Triplo.

2)

TABELA 5. Composição granulométrica das fontes de fósforo utilizadas.

Fosfatos ⁽¹⁾	Peneira 4 mm ⁽²⁾	Peneira 1 mm ⁽³⁾
FP 1	100	99,26
FP2	88,43	58,17
FR	100	99
SFT	74,63	6,35

(1)FP 1: Fosfato Precipitado 1; FP 2: Fosfato Precipitado 2; FR: Fosfato Reativo e SFT: Super Fosfato Triplo. (2) ABNT 5 (3) ABNT 18.

quantidade foi calculada para atingir 70 % da saturação por bases (RAIJ et al., 1996). Estes vasos permaneceram incubados por 30 dias, mantidos umedecidos a 70% da capacidade de campo. Após o período de incubação os vasos com e sem calagem, receberam 60 mg dm⁻³ de nitrogênio na forma de sulfato de amônio, correspondente a 3 g por vaso na adubação de semeadura e 3 g por vaso para adubação de cobertura, além de 120 mg dm⁻³ de potássio, ou 4,8 g por vaso de KCl (58% de K₂O) e 2 g/vaso de micronutrientes na forma de Fritas (FTE BR-10), com quantidades idênticas para todos os tratamentos.

Nesta fase também foi aplicado a respectiva dose de fósforo (120 mg dm⁻³), correspondente para cada fonte utilizada e em seguida realizada a semeadura da Urochloa. As

sementes foram semeadas a lanço e incorporadas a aproximadamente 3 cm, o cálculo foi feito com base na área do vaso.

A Urochloa foi conduzida durante quatro ciclos de corte (aproximadamente 40-60 dias de crescimento após o corte). Após esse período ficou em pousio por 1 ano e somente após esse período, procedeu a instalação dos experimentos 1 e 2.

5.3 Experimento 1- Efeito residual de fontes fosfatadas sob residual da calagem para cultura do milho.

O experimento foi desenvolvido em vasos de 3,6 dm³ acondicionados em estufa. Esses vasos continham o solo que foi aplicado as fontes de fósforo com a condição da calagem e estava com a Urochloa.

Essa Urochloa foi cortada rente ao solo, acondicionada em sacos de papel, foi pesada e retirada uma sub amostra para análise química. E o restante da massa foi devolvida ao seu respectivo vaso.

A Urochloa foi triturada com tesoura de poda em pedaços de aproximadamente 1 cm, e incorporada ao solo do vaso com ajuda de uma lona plástica. De cada vaso de 19 dm³ foi instalado 5 vasos do experimento, respectivamente para cada fonte fosfatada. A característica química do solo para cada fonte utilizada no momento da implantação do experimento encontra-se na Tabela 06.

TABELA 6. Características químicas do solo utilizadas nos experimentos, sob efeito residual da calagem.

Tratamentos	pH	M.O.	P _{resina}	Al	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	mmol _c /dm ³							
FP 1	5,2	19	84	0	29	0,9	32	10	43	72	59
FP 2	5,6	20	84	0	22	0,9	26	8	35	57	61
FR	5,3	16	45	0	30	1	27	14	42	71	58
SFT	5,0	18	34	0	35	0,8	27	11	38	74	52

Os tratamentos constam com solo sob o efeito residual das quatro fontes já citadas (fosfato precipitado 1, fosfato precipitado 02, fosfato natural reativo e superfosfato triplo) e para cada residual foi aplicado cinco doses de superfosfato triplo (0,30, 60, 90, 120 mg dm⁻³ de P).

As doses foram incorporadas ao solo de cada unidade experimental junto com 30mg vaso⁻¹ de N e 40 mg dm⁻³ de K₂O na forma de sulfato de amônio e cloreto de potássio. Aos 10 dias após a semeadura foi realizada a aplicação de 0,3, 0,75, 5, 7,5 mg dm⁻³ cobre, zinco, boro e manganês na forma de cloreto de cobre, cloreto de zinco, ácido bórico e cloreto de manganês respectivamente, sendo aplicado com quantidades idênticas para todos os

tratamentos. E aos 15 dias após a emergência foi realizado uma adubação com N sendo aplicado na forma fluida 60 mg vaso^{-1} de N na forma de ureia.

A cultivar de milho (*Zea mays* L.) utilizada foi a 2B587 PW da Dow AgroSciences. É um híbrido simples, convencional, de ciclo precoce. A cultura do milho foi escolhida por ser responsiva a adubação fosfatada e apresentar um rápido crescimento e desenvolvimento.

As sementes de milho foram tratadas com o fungicida Vitavax Thiram 200 SC (carboxina + tiram) na dose de 300ml para 100kg de sementes (cálculo feito para 1 kg de sementes), e com o inseticida Cruiser 700 WS (tiametoxam) na dose de 150 g para 100kg de sementes (cálculo feito para 1 kg de sementes). Foi semeado 6 plantas de milho e aos 7 dias de emergidas foi feito o desbaste para 3 plantas por vaso. A partir do desbaste as plantas foram conduzidas até completarem 21 dias (estádio V6).

Os vasos foram mantidos sob irrigação com água, visando manter a umidade do solo próximo à 70% da capacidade de campo durante toda a condução do experimento.

Para o segundo cultivo foram empregadas as mesmas doses de N e K e micronutrientes sendo que a adubação de base foi feita na forma fluida no momento da semeadura do milho e 15 dias após o desbaste. E foi realizado o mesmo tratamento fitossanitário nas sementes de milho.

Após a colheita das plantas do segundo cultivo o solo dos vasos foi coletado, homogeneizado, passado em peneira de 2 mm, retirado 3 sub amostras e destas 3 fez-se 1 amostra. Essa amostra foi encaminhada para o laboratório para análise.

5.4 Experimento 2- Efeito Residual de fontes fosfatadas sob condição original de acidez para a cultura do milho.

Esse experimento difere do experimento 01 no fato de não ter sido realizada a calagem quando o solo utilizado estava sob o cultivo de braquiária.

Todos os tratos culturais feitos para o experimento 2 foram idênticos ao experimento 1.

A característica química do solo para cada fonte utilizada no momento da implantação do experimento encontra-se na Tabela 07.

TABELA 7. Características químicas do solo utilizadas nos experimentos, em condições originais de acidez.

Tratamentos	pH	M.O.	P _{resina}	Al	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _e dm ⁻³							%
FP1	4,0	16	45	17	88	0,7	12	10	23	111	20
FP2	4,4	17	44	12	72	0,8	24	4	29	101	28
FR	4,1	15	32	16	82	0,7	15	1	16	98	16
SFT	3,9	16	33	21	100	0,6	10	3	13	114	12

5.5 Delineamento experimental

Os dois experimentos foram conduzidos sob delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 5, com quatro repetições, totalizando 80 parcelas experimentais para cada experimento. Os tratamentos constaram de quatro residuais fosfatados sendo: fosfato precipitado 1, fosfato precipitado 2, fosfato natural reativo e superfosfato triplo com cinco doses de superfosfato triplo (0, 30, 60, 90 e 120 mg dm⁻³ de P).



FIGURA 2. Vista dos experimentos 1 e 2 no momento da colheita do primeiro cultivo.

5.6 Avaliações no solo

Nas amostras de solo foram realizadas as seguintes determinações: pH em CaCl₂, P, K, Ca, Mg e P extraídos pela Resina trocadora de íons, H+Al por acetato de cálcio, conforme Raij et al. (2001) e P extraído por Mehlich-1, conforme Tedesco et al. (1995).

5.7 Avaliações na planta

5.7.1 Matéria seca da parte aérea

Aos vinte e um dias após a emergência para cada cultivo foi realizado a colheita das plantas para a determinação da matéria seca da parte aérea. As plantas foram cortadas rente ao solo, acomodadas em sacos de papel devidamente identificados, colocadas para secar em estufa de ventilação forçada a 65°C até atingirem peso constante (4 dias), sendo posteriormente pesadas em balança de precisão.

5.7.2 Acúmulo de fósforo

Após a pesagem do material seco as amostras foram trituradas em moinho tipo Wiley e posteriormente realizada análise do teor de P no tecido conforme Malavolta et al. (1997). O teor de fósforo (g kg^{-1}) de cada amostra foi multiplicado pela produção de massa seca de cada amostra respectiva (g vaso^{-1}), obteve-se assim o acúmulo de P (mg vaso^{-1}) da parte aérea das plantas.

5.8 Análise Estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ao nível de significância de 5% de probabilidade de erro, considerando o delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial duplo, com avaliação do efeito de tratamentos e comparação de médias pelo teste tukey ($p < 0,05$) e, regressão para testar o efeito das doses de fósforo no solo, utilizando o pacote estatístico ASSISTAT, versão 7.7 beta.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Avaliações na Planta

6.1.1 Acúmulo de Massa Seca

Tanto para o experimento I como para o experimento II não houve interação significativa para o residual das fontes e as doses de fertilizante solúvel (Tabela 08).

O experimento I (com residual da calagem) obteve maiores médias para o acúmulo de massa seca em relação ao experimento II (condição original de acidez). Garcia (2014), Andreotti et al.(2001) e Melo et al. (2011) obtiveram resultados positivos no ganho de massa seca para a cultura do milho. Esse efeito de superioridade do experimento I em relação ao experimento II é explicado pela correção da acidez melhorar o ambiente radicular diminuindo assim os teores de elementos tóxicos, aumentando a saturação e a disponibilidade de nutrientes. A correção da acidez é de grande importância para melhorar o ambiente radicular e para um adequado desenvolvimento da cultura do milho (BULL, 1993).

As fontes FP1 e SFT foram as que obtiveram menor acúmulo de massa seca para os dois experimentos (Tabela 08). Fontes solúveis apresentam efeito superior em comparação a fontes de solubilidade intermediária no primeiro ano de cultivo (Harger et al.,2007) porém possibilitam uma rápida passagem do P da solução para formas menos disponíveis.

Mesmo não apresentando interação significativa entre as fontes e as doses de fosfato solúvel, as fontes FP1 e SFT, obtiveram comportamento linear para o efeito das doses de fertilizante solúvel no acúmulo na massa seca, o mesmo foi obtido por Bortolon et al. (2009) para a fonte superfosfato triplo utilizando o milho como planta teste (Figura 03)

Hernandes e Silveira (1998) obtiveram produção de matéria seca do milho influenciada positivamente pela saturação por bases e pelas doses de fósforo, porém nesse estudo os teores no solo apresentavam-se muito baixo. Santos e Kliemann (2005) trabalhando com cinco solos da região do cerrado, obtiveram ganho de massa seca

de plantas de milho com o aumento da dose de P_2O_5 , utilizando o superfosfato triplo e fosfatos naturais.

TABELA 8. Produção de massa seca de plantas de milho, em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) em resposta a aplicação de doses ($P \text{ mg dm}^{-3}$) de fertilizante solúvel sob efeito residual de resíduos fosfatados, fosfato reativo e superfosfato triplo com e sem efeito residual da calagem.

Residuais	Doses de SFT (mg dm^{-3})					Totais
	0	30	60	90	120	
	Residual da calagem					
FP1	32,92	34,11	36,9	37,44	39,64	36,20 b
FP2	39,15	38,98	41,72	40,24	39,78	39,97 a
FR	28,64	38,06	40,18	38,72	39,5	39,02 a
SFT	29,65	33,86	35,77	38,13	37,71	35,02 b
Totais	35,09 b	36,25 ab	38,64 a	38,63 a	39,15 a	--
CV% 8,78						
	Ausência da calagem					
FP1	11,82	12,03	13,85	13,84	16,62	13,63 bc
FP2	13,31	16,12	17,3	18,43	20,35	17,10 a
FR	13,67	12,92	15,8	15,14	17,44	14,99 b
SFT	11,00	11,65	12,81	12,9	12,97	12,28 c
Totais	12,47 c	13,18 bc	14,93b	15,07 ab	16,84 a	--
CV% = 13,21						

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

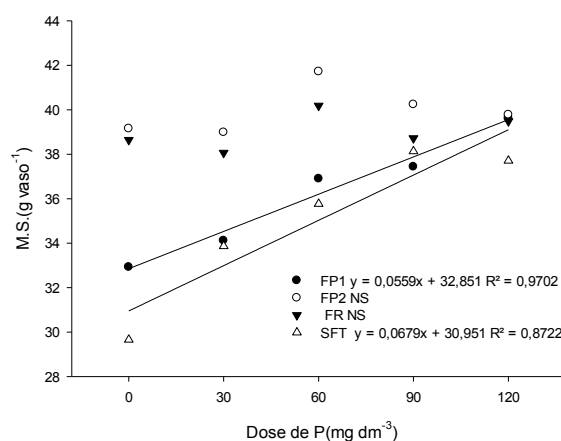


FIGURA 3. Efeito das fontes e doses de fósforo na produção de matéria seca de plantas de milho com o efeito residual do calcário

As Figuras 03 e 04 demonstram as médias para os residuais e efeito das doses, onde as fontes FP2 e FR não obtiveram diferença significativa quando o milho foi cultivado sob o residual da calagem, o que pode ser explicado pelo efeito ao longo do tempo para fontes menos reativas. Demonstrando que ainda apresentavam efeito de liberação de P, onde teores considerados médios ou altos, a resposta a adubação é

inexistente ou muito baixa, indicando que não se necessita utilizar altas doses nas condições deste estudo. O mesmo foi observado por Fontoura et al (2010), em condições de plantio direto. Mas essas fontes apresentaram maior acúmulo de massa seca com e sem o efeito residual da calagem.

Fosfatos naturais reativos apresentam maior efeito para a produção das culturas quando ao longo do tempo, pois apresenta solubilidade intermediária liberando os nutrientes em um tempo maior em comparação a fontes solúveis diminuindo as chances do P passar para formas menos lábeis ou indisponível. (NOVAIS; SMYTH, 1999; Sousa et al.,2010).

Mesmo não apresentando interação significativa entre as fontes e as doses de fosfato solúvel, as fontes FP1 e SFT (Figuras 03 e 04), obtiveram comportamento linear para o efeito das doses de fertilizante solúvel para acúmulo na massa seca, o mesmo foi obtido por Bortolon et al. (2009) para a fonte superfosfato triplo utilizando o milho como planta teste.

Para o experimento sem a presença da calagem, todas as fontes obtiveram comportamento linear para o efeito das doses nos residuais. A produção de massa seca segue a seguinte ordem decrescente $FP2 > FR > FP1 > SFT$ (figura 04), com maiores produções nas doses de 90 e 120 kg de P dm^{-3} .

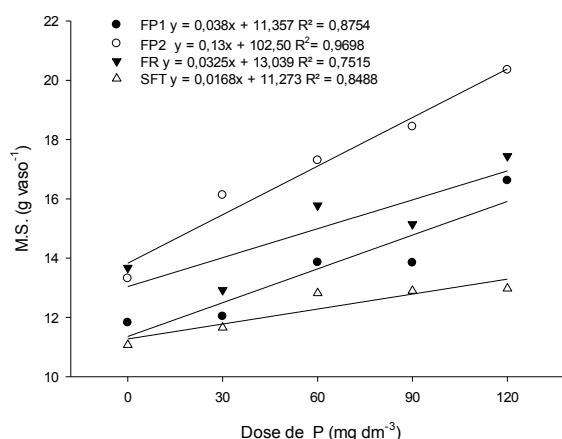


FIGURA 4. Efeito das fontes e doses de fósforo na produção de matéria seca de plantas de milho com a ausência do calcário.

6.1.2 Acúmulo de Fósforo

Obteve-se interação significativa entre o residual das fontes e as doses de fertilizante solúvel para o experimento com a presença do efeito residual da calagem (Tabela 09). Os tratamentos FP2 e FR não diferiram entre si apresentando as maiores médias para o acúmulo de P (Figura 05), as fontes FR, FP1 e SFT obtiveram efeito linear com o aumento das doses respondendo já com a menor dose utilizada neste experimento (Figura 05).

A fonte FP2 não apresentou efeito significativo para as doses empregadas (Figura05). Os tratamentos FP1 e SFT não diferiram entre si e obtiveram acúmulo total menor que as outras fontes. Os maiores acúmulos de P foram obtidos com doses acima de 30 mg com os maiores acúmulos para as doses maiores.

Horowitz & Meurer 2003, trabalhando com o SFT e um FNR, para a cultura do milho em um Latossolo Vermelho distrófico, obtiveram um maior acúmulo de P na parte para o SFT em 2 cultivos do milho, porem no segundo cultivo o P acumulado foi menor que as quantidades obtidas no 1 cultivo, o que foi atribuído as prováveis reações de adsorção do fósforo no solo, isso demonstra o menor efeito do SFT ao longo do tempo, o acúmulo de fósforo na parte aérea das plantas com os fosfato natural foi superior a testemunha e a eficiência agrônômica maior para o segundo cultivo. Isso demonstra que fosfatos de liberação intermediaria apresentam maior capacidade de suprir P as plantas ao longo do tempo. Esses resultados corroboram com os obtidos neste experimento.

O acúmulo de fósforo foi maior para a condição de efeito residual da calagem, o mesmo foi obtido por Quaggio et al, (1982) que avaliando o efeito da calagem para a cultura da soja em um Latossolo Roxo distrófico, obtiveram que os teores foliares de fósforo aumentaram proporcionalmente com as doses de calcário.

Ono et al. (2009) avaliando os efeitos de fontes e doses de P provenientes de fosfato natural de Arad e do superfosfato triplo sendo cultivado em sucessão soja e milho em um Latossolo Vermelho Distroférico, em casa-de-vegetação, observaram que os teores de P nas folhas foram superiores para o SFT na maior dose, em relação ao fosfato natural de Arad, porem para o milho, como cultura em sucessão a soja, o FNA tendeu a equiparar-se ao SFT.

TABELA 9. Acúmulo de P na parte aérea de plantas de milho, em um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) em resposta a aplicação de doses (P mg dm⁻³) de fertilizante solúvel sob efeito residual de resíduos fosfatados, fosfato reativo e superfosfato triplo com e sem efeito residual da calagem.

Residuais	Doses de SFT (mg de P)				
	0	30	60	90	120
Residual da calagem					
FP1	38 abA	38 abA	41bcA	45 abA	48 abA
FP2	48 aA	49 aA	54 aA	53 aA	55 abA
FR	45 aB	48 aAB	52 aAB	56 aAB	59 aA
SFT	33 bA	35 bA	37 cA	42 bA	45 bA
CV%= 13,21					
Sem calagem					
FP1	13	15	25	25	35
FP2	15	15	23	27	32
FR	14	15	23	25	29
SFT	13	15	22	25	24
Totais	13 c	15 c	23 b	25 ab	30 a
CV% =	25,22				

Médias seguidas por letras distintas (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

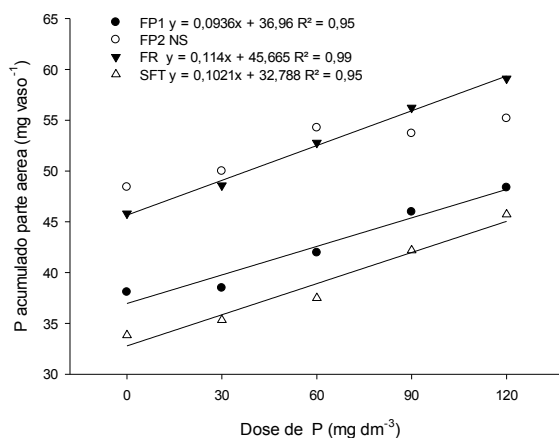


FIGURA 5. Efeito das fontes e doses de fósforo no acúmulo de P em plantas de milho com o efeito residual do calcário.

Ono et al. (2009) avaliando os efeitos de fontes e doses de P provenientes de fosfato natural de Arad e do superfosfato triplo sendo cultivado em sucessão soja e milho em um Latossolo Vermelho Distroférico, em casa-de-vegetação, observaram que os teores de P nas folhas foram superiores para o SFT na maior dose, em relação ao fosfato natural de Arad, porém para o milho, como cultura em sucessão a soja, o FNA tendeu a equiparar-se ao SFT.

A condição a qual o presente estudo foi imposto possibilitou a maior solubilização dos fosfatos menos solúveis, obtendo maiores acúmulos para a condição deste estudo. Provavelmente a fonte FP2 apresenta uma solubilidade intermediária pois apresentou comportamento próximo ao FR.

Para o experimento com ausência da calagem não foi observado diferença significativa entre a interação das fontes com as doses de fertilizante solúvel (Tabela 9), porém todas as fontes apresentaram comportamento linear com a adição das doses (Figura 10).

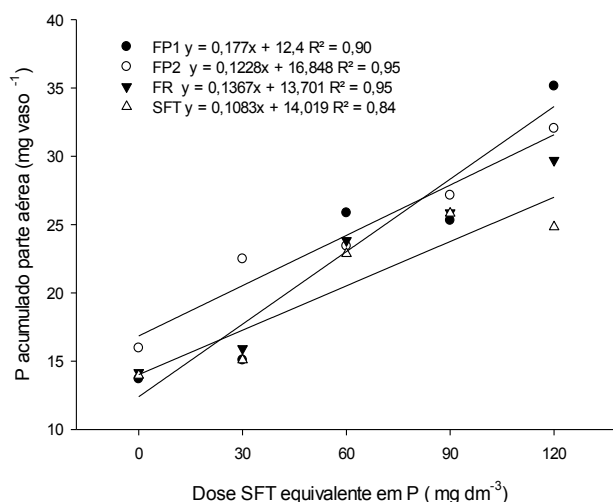


FIGURA 06. Efeito das fontes e doses de fósforo no acúmulo de P em plantas de milho em condição original de acidez.

6.2 Avaliação no Solo

6.2.1 P resina

Para os dois experimentos não houve interação significativa dos residuais das fontes e das doses de fertilizante solúvel para o teor de fósforo extraído pela resina (Tabela 10).

No experimento sem residual da calagem o efeito das doses para os residuais do FP2, FR e SFT foi linear, e para a fonte FP1 não foi obtido efeito significativo para as doses (Figura 08). As fontes FP2 e FR obtiveram os maiores valores para a extração de P e as fontes FP1 e SFT não diferiram entre si e da fonte FR, ficando abaixo das demais (Tabela 10). Esse efeito é explicado devido fontes de menor reatividade apresentarem efeito residual maior e tem as reações de disponibilidade do fósforo aumentada quanto maior é a concentração dos íons H^+ (Horowitz et al., 2003).

Garcia (2014) estudando o efeito das mesmas fontes utilizadas neste estudo em um Latossolo Vermelho Distrófico com ausência e presença da calagem obteve aumento no teor de P disponível com o aumento das doses de fertilizantes, porém os valores obtidos por esse autor para as fontes FP2 e FR foram inferiores aos obtidos neste estudo, indicando que a fonte FP2 apresenta uma reação mais lenta no solo apresentando efeito residual ao longo do tempo.

A interpretação dos resultados da análise de solo para o estado de São Paulo descritas em Raij et al. (1996), indicam que os teores de P disponível no solo obtidos neste estudo sob condição do residual da calagem, para todas as fontes quando utilizados fertilizante solúvel obtiveram valores classificados como médio a alto. Para o experimento sem calagem as doses zero obtiveram valores classificados como baixo e médio, e para as demais doses de médio a alto.

TABELA 10. Teor de fósforo extraído pela resina (mg dm^{-3}) em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) em resposta a aplicação de doses (P mg dm^{-3}) de fertilizante solúvel sob efeito residual de resíduos fosfatados, fosfato reativo e superfosfato triplo com e sem efeito residual da calagem.

Residuais	Doses de SFT (mg dm^{-3} de P)					Totais
	0	30	60	90	120	
Residual da calagem						
FP1	38	27	31	45	52	32 b
FP2	32	42	54	51	64	46 a
FR	28	36	47	42	56	43 a
SFT	27	32	38	41	57	29 b
Totais	21 d	30 c	40 b	45 ab	51 a	--
CV%= 21,01						
Sem calagem						
FP1	12	24	29	47	49	39 b
FP2	31	35	53	57	57	49 a
FR	24	39	43	47	61	42 ab
SFT	17	23	35	30	38	39 b
Totais	31 c	34 bc	43 b	45 b	57 a	--
CV%=26,02						

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A extração de fósforo pela resina indica efeito semelhante das fontes de fósforo quanto ao teor de P, em relação às doses de fósforo e as condições de acidez do solo, observando-se incremento do teor de fósforo com o aumento das doses de fertilizante solúvel (Figura 07 e 08).

No experimento com efeito residual da calagem mesmo não tendo interação significativa o efeito das doses em todas as fontes utilizadas, foi linear. O teor de P

extraído pela resina foi maior para as fontes FP2 e FR, e quando foi empregado as maiores doses para todos os resíduos (Figura 07).

Brasil e Muraoka (1997), obtiveram correlação forte, em cinco solos ácidos e de baixa fertilidade natural da região Amazônica, para o fósforo acumulado e produção de plantas de feijão-caupi e arroz para quatro fontes de fósforo utilizada, o que demonstra boa capacidade de extração de fósforo pelo método da Resina mesmo com diferentes tipos de solo.

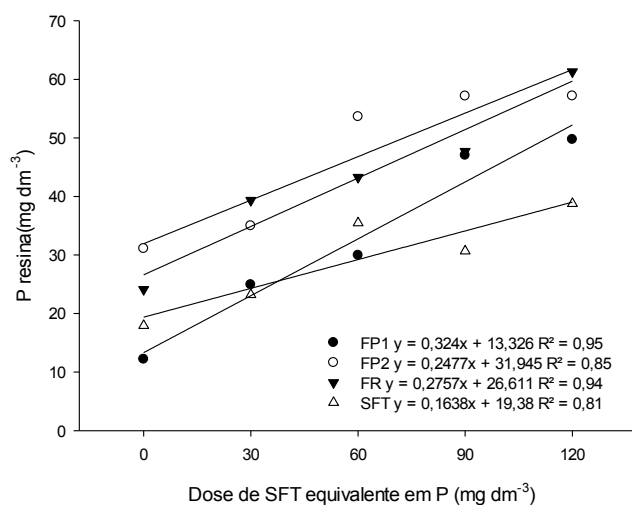


FIGURA 07. Efeito das fontes e doses de fósforo no P-resina em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) sob efeito residual do calcário.

Com o residual das determinadas fontes, mesmo após um período de incubação e condução de duas espécies, apresentaram teores extraídos pela resina satisfatórios, independente da condição de pH do solo.

O método da resina, é indicado para solos com amplas variações de textura e não exerce influência nas propriedades químicas do solo, por isso é indicado para solos que foram fertilizados com fosfatos de baixa solubilidade (Sousa et al. 2010).

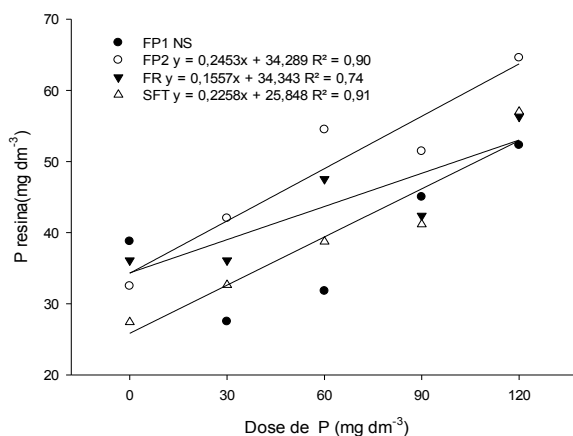


FIGURA 08. Efeito das fontes e doses de fósforo no P-resina em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) sob ausência de calagem.

6.2.2 P Mehlich 1

O valor de fósforo disponível aumentou com as doses de fertilizante solúvel aplicado no solo independente do residual das fontes e condição de acidez (Figuras 09 e 10). O mesmo foi obtido por Rossi et al. (1999) trabalhando com o efeito residual de fosfatos, onde obtiveram aumento do fósforo disponível com o aumento das doses para a cultura do arroz.

No experimento com efeito residual da calagem mesmo não ocorrendo interação significativa o efeito das doses para as fontes FP2, FR e SFT foi linear enquanto a fonte FP1 se ajustou a uma equação cúbica (Figura 09). O teor de P extraído pelo método foi maior para as fontes FP2 e FR, e quando foi empregado as maiores doses para todos os resíduos (Figuras 9 e 10). Esse extrator por ter pH em torno de 2 e 3 pode apresentar problema quando o solo foi adubado com fosfatos naturais, superestimando assim a disponibilidade em solos previamente adubados com fosfatos naturais (GATIBONI et al., 2003).

Segundo Sousa et al. (2010) esse extrator tem preferência por extrair fósforo de compostos de cálcio, que levam a valores de fósforo extraíveis superestimando em solos com condições menos ácidas que possuem fosfatos de cálcio, ou em solos originalmente ácidos que receberam adubação com fosfatos naturais.

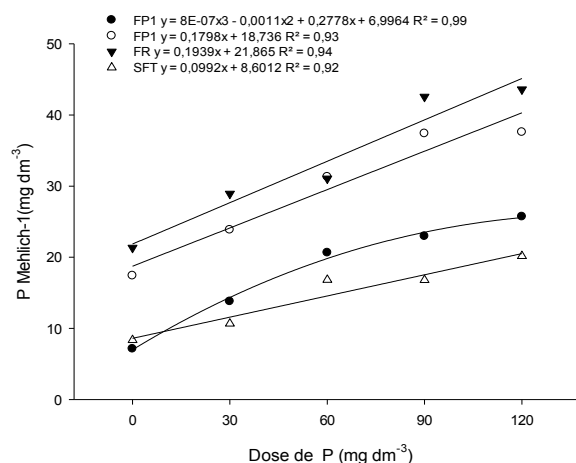


FIGURA 09. Efeito das fontes e doses de fósforo no P Mehlich-1 em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) sob efeito residual do calcário.

Nos dois experimentos não houve diferença na interação dos residuais das fontes e das doses de fertilizante solúvel para o teor de fósforo extraído por mehlich 1 (Tabela 11). No experimento com a ausência da calagem todas as fontes apresentaram efeito linear em relação as doses de fertilizante solúvel empregado (Figura 10). O teor de P extraído pelo método foi maior para as fontes FP2 e FR, e quando foi empregado a maior dose para todos os resíduos (Figura 10).

Brasil e Muraoka (1997), trabalhando com cinco solos da região Amazônica, que eram solos ácidos, com baixa fertilidade natural, que foram adubados com quatro fontes de fósforo, obtiveram que o extrator Mehlich-1 extraiu grandes quantidades de fósforo nos tratamentos com fosfato natural da Carolina do Norte, obtendo fracas correlações com o fósforo acumulado por plantas de arroz e feijão caupi, em relação a fontes solúveis, o mesmo foi observado neste estudo (Figura 10). O mesmo foi obtido por Freire e Nascimento (2008).

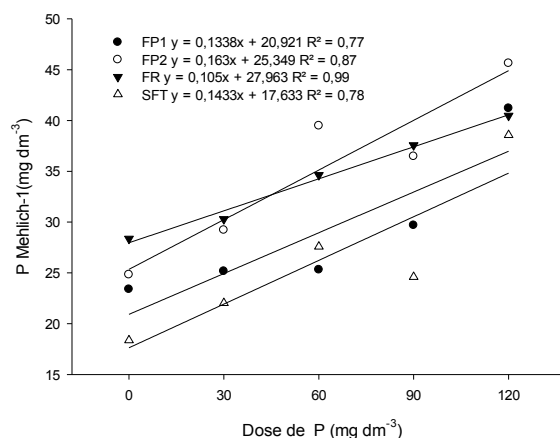


FIGURA 10. Efeito das fontes e doses de fósforo no P Mehlich-1 em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) sob ausência de calcário.

TABELA 11. Teor de fósforo extraído pelo mehlich 1 em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) em resposta a aplicação de doses (P mg dm⁻³) de fertilizante solúvel sob efeito residual de resíduos fosfatados, fosfato reativo e superfosfato triplo com e sem efeito residual da calagem.

Residuais	Doses de SFT (mg dm ⁻³ de P)					Total
	0	30	60	90	120	
Residual da calagem						
FP1	23,39	25,16	25,30	29,67	41,20	18 c
FP2	24,82	29,21	39,48	36,47	45,64	29 b
FR	28,35	30,29	34,63	37,56	40,47	33 a
SFT	18,36	22,02	27,58	24,59	38,56	14 c
Total	13 d	19 c	24 b	29 a	31 a	--
CV%= 19,67						
Sem calagem						
FP1	7,13	13,8	20,63	22,97	25,72	28 b
FP2	17,40	23,87	31,32	37,41	37,59	35 a
FR	21,32	28,93	31,06	42,57	43,59	34 a
SFT	8,4	10,66	16,81	16,78	20,16	26 b
Total	23 c	26 bc	31 b	32 b	41 a	--
CV% = 19,30						

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Miranda et al. (2002) trabalhando com doses de superfosfato triplo em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, obteve que os métodos de Mehlich-1, Mehlich-3 e Resina apresentam boa capacidade de predição da disponibilidade de fósforo no solo para o milho e o feijão.

Segundo Rossi et al. (1999) é de grande importância se estimar a disponibilidade de fósforo a planta, além de se considerarem os diversos extratores de fósforo no solo, é necessário considerar a fonte utilizada.

6.2.3 V% e pH

Com a presença do efeito residual da calagem não foi observado diferença significativa na interação entre as fontes e doses (Tabela 12).

A saturação por bases deste estudo sob a condição residual do calcário ainda apresenta níveis satisfatório para a produção da cultura do milho, demonstrando a importância da correção do solo para o cultivo do milho (Tabela 12). Segundo Prado (2001), estudando o efeito de níveis de saturação por bases em um Latossolo Vermelho Distrófico típico, para híbridos de milho a saturação por bases de aproximadamente 65% foi a que mais contribuiu para os incrementos nos componentes do rendimento e nos rendimentos de grãos.

Na ausência da calagem foi obtido interação significativa para as doses e efeito residual das fontes (Tabela 12). A fonte FP2 foi superior para o efeito das doses, aumentando a saturação de bases quanto maior a doses, essa fonte tem cálcio na sua composição e tem reatividade lenta no solo, o que pode explicar essa maior saturação, o mesmo foi obtido por Garcia (2014). A ordem de maiores valores de saturação de bases para as fontes foi FP2 > FR > FP1 > SFT (Figura 21).

Na condição de ausência da calagem, foi obtido efeito das doses sob o efeito residual das fontes, não sendo significativo para a fonte FP1 e obtendo efeito linear para a fonte FP2, efeito cubico para a fonte FR e quadrático para o SFT (Figura 20). Cabe dizer que mesmo ocorrendo interação significativa, esses valores de V% não são indicados para o cultivo da cultura do milho. Neste caso opta-se por efetuar a calagem prévia antes da aplicação das fontes (PRADO, 2001; FANCELLI, 2010; BULL, 1993; Andreotti et al., 2001; Caires et al., 1999).

Apenas a fonte FP2 que se enquadrou com significância em uma regressão linear (Figura 11). Essa fonte também apresentou a maior porcentagem de saturação por bases, isso pode ser explicado devido essa fonte apresentar um bom teor de Ca^{+2} . Essa fonte após a condução do experimento ainda mantinha a saturação de bases próxima ao que é recomendado para a cultura (FANCELLI, 2010), demonstrando uma liberação mais lenta dos nutrientes presentes na sua composição.

Como a calagem foi feita com a mesma dose, o mesmo tempo de reação e o corretivo empregado para a calagem foi o mesmo para cada vaso no momento da implantação da braquiária não se obteve diferença. O mesmo foi obtido por estudo de Garcia (2014), onde a calagem aumentou de forma homogênea a saturação por bases e não apresentou diferença significativa para as fontes fosfatadas testadas, apenas um ligeiro aumento na V% para o FP2.

TABELA 12. Saturação por bases (V%) do solo em resposta a aplicação de doses (P mg dm⁻³) de fertilizante solúvel sob efeito residual de resíduos fosfatados, fosfato reativo e superfosfato triplo com e sem efeito residual da calagem.

Residuais	Doses de SFT (em mg dm ⁻³ de P)				
	0	30	60	90	120
Residual da calagem (NS)					
FP1	46	50	49	47	52
FP2	63	65	67	68	69
FR	55	55	52	53	53
SFT	40	41	42	44	43
CV%= 7,52					
Sem calagem					
FP1	12, bcA	10 bA	9, bA	10 bA	11 bcA
FP2	19 aB	24 aA	25 aA	24 aAB	27 aA
FR	14 bA	11 bA	11 bA	11 bA	14 bA
SFT	8 cA	8 bA	7 bA	8 Ba	8 cA
CV% = 18,99					

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. (Coluna letras minúsculas e linha letras maiúsculas).

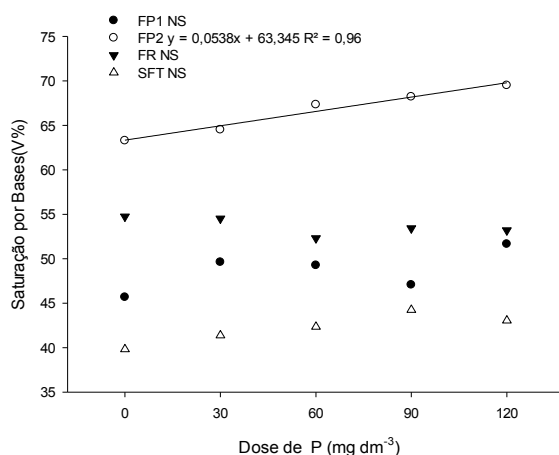


FIGURA 11. Efeito das fontes e doses de fósforo no pH em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) sob efeito residual do calcário.

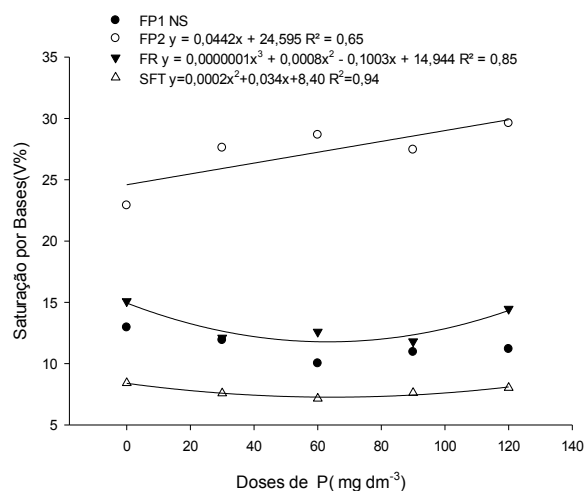


FIGURA 12. Efeito das fontes e doses de fósforo no pH em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) sob ausência de calagem.

Não foi obtido efeito significativo da interação dose x fonte para o valor pH do solo, na condição de presença de calcário e ausência de calagem (Tabela 13).

TABELA 13. Valores de pH em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) em resposta a aplicação de doses (P mg dm⁻³) de fertilizante solúvel sob efeito residual de resíduos fosfatados, fosfato reativo e superfosfato triplo com e sem efeito residual da calagem.

Residuais	Doses de SFT (mg dm ³ de P)					Efeito das Doses
	0	30	60	90	120	
Residual da calagem						
FP1	4,7	4,9	4,9	4,8	4,8	NS
FP2	5,2	5,3	5,3	5,4	5,4	L*
FR	4,9	5,0	5,0	4,9	5,0	NS
SFT	4,6	4,7	4,7	4,7	4,7	NS
CV%=2,34						
Sem calagem						
FP1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	NS
FP2	4,3	4,4	4,4	4,4	4,4	NS
FR	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	NS
SFT	4,0	3,9	3,9	3,9	3,9	NS
CV%=1,31						

Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo (* significativo a 1%)

Com a presença da calagem a fonte FP2 obteve os maiores valores de pH, ficando o SFT com os menores valores. O FP2 ajustou-se a uma equação de regressão linear (Tabela 13).

Moreira et al., (2001) estudaram o efeito residual de doses de calcário dolomítico, aplicado em superfície em um Latossolo Vermelho que foi conduzido sob sistema plantio direto, obtiveram valores de pH após 9 anos de experimento próximo aos obtidos neste estudo com a dose utilizada, variando em torno de 4,9 a 5,4. O mesmo foi

observado por Tissi et al. (2004) onde após 22 meses da aplicação da calagem os valores de pH solos apresentava-se em torno de 4,8.

A calagem é a forma mais prática e comumente utilizada para neutralizar a acidez, aumentar a disponibilidade de nutrientes, diminuir o teor de elementos tóxicos, melhorar o ambiente radicular e restaurar a capacidade produtiva dos solos (CAIRES,2005; Tissi et al.,2004).

Com a ausência da calagem não foi obtido efeito das doses no pH, exceto pela fonte FP1 que se ajustou a uma equação linear para o efeito das doses de fertilizante solúvel (Tabela 13). A fonte FP2 apresentou os maiores valores de pH, demonstrando que possivelmente essa fonte não apresenta uma reação ácida quando libera nutrientes (Figuras 13 e 14).

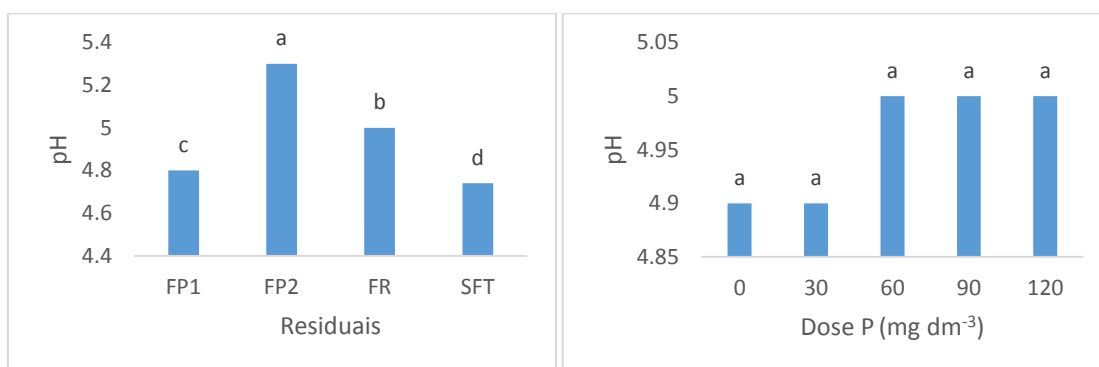


FIGURA 13. Médias do pH sob residual da calagem. (FP1: fosfato precipitado 01; FP2: fosfato precipitado 02; FR: fosfato reativo e SFT: superfosfato triplo).



FIGURA 14. Médias do pH sob ausência da calagem. (FP1: fosfato precipitado 01; FP2: fosfato precipitado 02; FR: fosfato reativo e SFT: superfosfato triplo).

7. CONCLUSÃO

1. Nas condições deste experimento quanto maior a solubilidade da fonte de P, aplicada para a adubação de correção nos três cortes sucessivos de Urochloa, maior é a influencia da adubação de manutenção de P para a cultura do milho.
2. Na dose utilizada neste estudo a fonte FP2 obteve maior efeito residual que as outras fontes, onde as doses de SFT não influenciaram a produção de biomassa e o acúmulo de P nas plantas de milho para esta fonte nas condições de residual da calagem.
3. O residual das fontes FP2 e FR obtiveram os maiores valores de P disponível extraído pela resina e pelo Mehlich 1 com o uso das doses de SFT.
4. Mesmo ocorrendo interação significativa entre as fontes e a ausência da calagem para a V%, o experimento II apresentou teores de V% muito abaixo do recomendado para a cultura do milho.

8. REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. Os adubos e a eficiência das adubações. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1991. 35 p.

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. Os Adubos e a eficiência das Adubações. Boletim Técnico ANDA, São Paulo, p. 35, 1998. 3.ed.

ANDREOTTI, M ; SOUZA, E. C. A DE ; CRUSCIOL, C. A. C. ; RODRIGUES, J. D. ; BÜLL, L. T. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (1977. Impressa), Brasília, v. 35, n.12, p. 2437-2446, 2000.

ANDREOTTI, M ; SOUZA, E. C. A DE ; CRUSCIOL, C. A. C. . Componentes morfológicos e produção de matéria seca de milho em função da aplicação de calcário e zinco. **Scientia Agrícola** (USP. Impresso), Piracicaba, v. 58, n.2, p. 321-327, 2001.

AQUINO, B. F. Conceitos fundamentais em fertilidade do solo. Fortaleza: UFC, 2004. 182 p. Apostilas didáticas.

BAHIA FILHO, A.F.C.; BRAGA, J.M.; RIBEIRO, A.C.; NOVAIS, R.F. Sensibilidade de extratores químicos à capacidade-tampão de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.243-249, 1983.

BARNES, J.S.; KAMPRATH, E.J. Availability of North Carolina rock phosphate applied to soils. Raleigh: North Carolina State University, 1975. 23p. (Agricultural Experiment Station. Technical bulletin, 229).

BASTOS, A.L. et al. Resposta do milho a doses de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.5, p.485-491, 2010.

BONFIM, E. M. S.; FREIRE, F. J.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, T. J. A.; FREIRE, M. B. G. S. Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* e suas relações com características físicas e químicas em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 281-288, 2004.

BORTOLON, L. ; GIANELLO, C ; SCHLINDWEIN, J. A. AVALIAÇÃO DA disponibilidade de fósforo no solo para o milho pelos métodos Mehlich-1 e Mehlich-3. **Scientia Agraria** (UFPR), v. 10, p. 305-312, 2009.

BRASIL, E. C; MURAOKA, T. . Extratores de fósforo em solos da Amazônia tratados com fertilizantes fosfatados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 599-606, 1997.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (Eds.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p.63-145.

CAIONE, G.; FERNANDES, F. M.; LANGE, A. Efeito residual de fontes de fósforo nos atributos químicos do solo, nutrição e produtividade de biomassa da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, v. 8, n2, p189-196,2013.

CAIRES, E.F. et al. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, p.791-798, 2005.

CAIRES, E. F.; BARTH, G. ; GARBUIO, F. J. ; KUSMAN, M. T. . Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n.4, p. 1011-1022, 2002.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), Viçosa, v. 24, n.1, p. 161-169, 2000.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), Viçosa, v. 23, n.2, p. 315-327, 1999.

CAMARGO, A. P.; RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; ROCHA, T.; NAGAI, V.; MASCARENHAS, H. A. A. Efeito da calagem nas produções de cinco cultivos de milho, seguidos de algodão e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n.3, p. 1007-1012, 1982.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V. ; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de um Latossolo bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 317-326, 2004.

CHIEN S. H. et al. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: an update review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 89, p. 229–255, 2011.

CORRÊA, L. A.; HAAG, H. P. Disponibilidade de fósforo pelos extratores de Mehlich1 e Resina em Latossolo Vermelho Amarelo Álico, cultivado com três gramíneas forrageiras. **Sci. Agric.**, Piracicaba, 50(2):287-294, jun./set.,1993.

CORRÊA, R. M. ; NASCIMENTO, C. W. A. ; FREIRE, F. J. ; SOUZA, S. K. C. S. ; SILVA, G. B. . Disponibilidade e níveis críticos de fósforo em milho e solos fertilizados com fontes fosfatadas. **Agrária** (Recife. Online), v. 3, p. 218/243-224, 2008.

CORRÊA, R. M., NASCIMENTO, C.W.A., ROCHA, A. T. Adsorção de fósforo em dez solos do Estado de Pernambuco e suas relações com parâmetros físicos e químicos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v.33, n. 1, p.153-159, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira/grãos**: décimo levantamento. Brasília, 2015. p. 67-75.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11,2009. <http://200.145.140.50/ojs1/viewarticle.php?id=396&layout=abstract>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 2006. 306 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2 ed. Londrina: Editora Planta, 2006.404 p.

ERNANI, P. R. Química do solo e disponibilidade de nutrientes. Lages:Ed. doAutor,2008, 230p.

ERNANI, P. R et al. Decréscimo da retenção de fósforo pelo aumento do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 20, p. 59-162, 1996.

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

FAGERIA, N. K. . Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n.11, p. 1419-1424, 2001.

FILHO, F. D. **Manual da cultura do milho**. FUNEP, Jaboticabal, 2007, 576p.

FONTOURA, S. M. V.; VIEIRA, R. C. B.; BAYER, C.; ERNANI, P. R. ; MORAES, R P de . Eficiência técnica de fertilizantes fosfatados em Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), v. 34, p. 1907-1914, 2010.

FREIRE, F. M.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B. Manejo da fertilidade do solo em pastagens. **Informe Agropecuário**, v.26, n.226, p.44-53, 2005.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA, 2001. 252 p.

GARCIA, L. A. Eficiência agrônômica de rejeitos da indústria de fertilizantes fosfatados. Botucatu, 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

GATIBONI, L.C. et al. Quantificação do fósforo disponível por extrações sucessivas com diferentes extratores em latossolo vermelho distroférrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.4, p.1023-1029, 2002.

GATIBONI, L. C. ; KAMINSKI, J. ; RHEINHEIMER, D. S. ; FLORES, J. P. C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 691-699, 2007.

GATIBONI, L.C. et al. Superphosphate and rock phosphates as Phosphorus sources for grass-clover pasture on a limed acid soil in Southern Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.34, n.17/18, p.2503-2514, 2003.

GOEDERT, W. J.; LOBATO, E. Eficiência agrônômica de fosfatos em solo do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 15, n.3, p. 311-318, 1980.

GOEDERT, W. J.; REIN, T. A.; SOUZA, D. M. G. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais parcialmente acidulados e termofosfatos em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n.4, p. 521-530, 1990.

GOEDERT, W. J. Efeito residual de fosfatos naturais em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n.5, p. 499-506, 1984.

GONÇALVES, J. L. M.; FIRME, D. J.; NOVAIS, R.F.&RIBEIRO, A. C. Cinética de adsorção de fósforo em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 9:107-111, 1985.

HAMMOND. L.L. Research on direct application of phosphate rock in the Agro-Economic Division. IFDC, Florence, Alabama. 15p. (Memorandum), 1977.

HARGER, N.; BRITO, O. R.; RALISCH, Ricardo; ORTIZ, F. R.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho. *Semina. Ciências Agrárias*, v. 28, p. 39-44, 2007.

HINSINGER, P. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 237, n. 2, p. 173–195, 2001.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência agrônômica dos fosfatos naturais, In: YAMADA, T., ABDALLA, S. R. S. (Editores). Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba-SP. **Potafos**, 2004. cap. 24, p. 665-682.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência de dois fosfatos naturais farelados em função do tamanho da partícula. **Ciência Rural**, Santa Maria, RGS, v.33, n.1, p.41-47, jan./fev. 2003.

KAMINSKI, J.; PERUZZO, G. **Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo**. Santa Maria: SBCS/NRS, 1997. 31 p. (Boletim Técnico, 3).

KLIEMANN, H. J. 1995. Efeitos da calagem e de fontes de fósforo no rendimento da soja em dois solos de Cerrado. **Anais Esc. Agron. e Vet.**, 25 (2) :129- 39.

LELES, E. P. Corretivos de acidez e fontes de fósforo na disponibilidade de p no solo, nutrição e produção do amendoim e do capim marandu. Botucatu, 2012. 154 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

LOPES, A. S.; VASCONCELLOS, C. A.; NOVAIS, R. F. Adubação fosfatada em algumas culturas nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio Janeiro. In: OLIVEIRA, A. J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W. J. **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília, DF: EMBRAPADID, 1982. p. 137-200. (Documentos, 21).

LOPES, A.S. **Solos sob "cerrado"**: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Potafós, 1984. 162p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**: adubos e adubação. 3. Ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**; princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 d. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants, San Diego. Academic Press,2002. 889p.

MIRANDA, L. N.; AZEVEDO, J. A. de; MIRANDA, J. C. C.; GOMES, A. C. Calibração de métodos de análise de fósforo e resposta do feijão ao fósforo no sulco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.11, p. 1621-1627, 2002

MIOLA, G. R.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O. ; GIANELLO, C. Avaliação da disponibilidade de fósforo no solo para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (1977. Impressa), Brasília - DF, v. 34, p. 813-819, 1999

MOREIRA, S. G.; KIEHL, J. C.; PROCHNOW, L. I.; PAULETTI, V. Calagem em Sistema de Semeadura Direta e Efeitos sobre a Acidez do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n.1, p. 71-82, 2001.

MOTOMIYA, W. R. et al. Método de aplicação de fosfato na soja em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.307-312, abr. 2004

NAHAS, E. **Ciclo do fósforo: Transformações microbianas**. Jaboticabal, FUNEP, 1991. 67p.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NOVAIS, R.F., SMYTH, T.J.;NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ V., V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. p.471-550.

ONO, F. B. et al. Eficiência agrônômica de superfosfato triplo e fosfato natural de Arad em cultivos sucessivos de soja e milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 33, n. 3, p. 727-734, 2009.

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**, Viçosa, v. 25, p. 83-90, 2001.

QUAGGIO, J. A.; MASCARENHAS, H. A. A.; BATAGLIA, O. C. Resposta da soja à aplicação de doses crescente de calcário em latossolo roxo distrófico de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, n.2, p. 113-118, 1982.

RAIJ, B.VAN et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285p.

RAIJ, B. VAN et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Boletim técnico 100. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo; Fundação IAC, 1996, 285 p.

RAIJ, B.van & QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas, IAC, 1983. p.1-31. (Boletim Técnico, 81).

RAIJ, B. V. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMANDA, T., ABDALLA, S. R. S. (editores). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba-SP. Potafos, 2004. cap. 4, p. 107-114.

RAIJ, B. van; FEITOSA, C.T.; SILVA, N.M. Comparação de quatro extratores de fósforo de solos. **Bragantia**, Campinas, v.43, n.1, p.17-29, 1984.

RAJI, B. V. Métodos de diagnose de fósforo no solo em uso no Brasil, In: YAMADA, T., ABDALLA, S. R. S. (Editores). Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba-SP. **Potafos**, 2004. cap. 21, p.563-582 .

ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G.R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M.M.; FERNANDES FILHO, E. I & IBRAIMO, M.M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba(MG). **R. Bras. Ci. Solo**, 28: 953-964, 2004.

RESENDE, A. V. et al. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 30:453-466, 2006.

SANDIM, A. S. Disponibilidade de fósforo em função da aplicação de calcário e silicatos em solos oxídicos. Botucatu, 2012, 111f . Dissertação (Mestrado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

SANTOS, I. O.; FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V.; de ANDRADE, A.T. Phosphorous critical levels and availability in lowland soils cultivated with flooded rice.. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 113-120, 2002.

SANTOS, G. A.; DIAS JUNIOR, M. S.; FURTINI NETO, A. E.; GUIMARÃES, P. T. G. Diferentes graus de compactação e fornecimento de fósforo influenciado no crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.) cultivadas em solos distintos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 740-752, 2005.

SOUSA, D.M.G. et al. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010. v. 2. p. 71-126.

SILVA, F.C.; RAIJ, B. van. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, p.267-288,1999.

SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C.; ROCHA A.T.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S.; NASCIMENTO C.W.A. Níveis críticos de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar em Pernambuco. **Revista Ceres (Online)**, v. 58, p. 802-810, 2011.

STAUFFER, M. D., SULEWSKI, G. Fósforo - essencial para a vida, In: YAMADA, T., ABDALLA, S. R. S. (Editores). Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba-SP. **Potafos**, 2004. cap. 1, p. 1-11.

TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. O.; HAVLIN, J. L. Soil fertility and fertilizers, 5 ed. New York : Macmillan, 1993. 634 p.

TISSI, J. A.; CAIRES, E. F.; PAULETTI, V. Efeitos da calagem em semeadura direta de milho. **Bragantia** (São Paulo, SP. Impresso), Campinas, v. 63, n.3, p. 405-413, 2004.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia** (São Paulo), Brasil, v. 62, p. 111-118, 2003.

VIVIANI, C. A. A.; MARCHETTI, M. E.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; GONÇALVES, M. C. Disponibilidade de fósforo em dois latossolos argilosos e seu acúmulo em plantas de soja, em função do aumento do pH. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 34, p. 61-67, 2010.

VOLKWEISS, S. J.; RAIJ, B. van. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1977, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Itatiaia, 1977. p. 317-332.