

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FERTILIZANTES
ORGANOMINERAIS SÓLIDOS E FLUIDOS EM RELAÇÃO À
DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO**

NATÁLIA RODRIGUES FERREIRA

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

**BOTUCATU – SP
JANEIRO – 2014**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FERTILIZANTES
ORGANOMINERAIS SÓLIDOS E FLUIDOS EM RELAÇÃO À
DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO**

NATÁLIA RODRIGUES FERREIRA

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Theodoro Büll

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

BOTUCATU – SP

JANEIRO – 2014

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

F383e Ferreira, Natalia Rodrigues, 1988-
Eficiência agronômica de fertilizantes organominerais sólidos e fluidos em relação à disponibilidade de fósforo / Natalia Rodrigues Ferreira. - Botucatu : [s.n.], 2014 x , 67 f., il., color .grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2014
Orientador: Leonardo Theodoro Büll
Inclui bibliografia

1. Adsorção. 2. Fertilizantes fosfatados. 3. Adubos e fertilizantes. I. Büll, Leonardo Theodoro. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS
SÓLIDOS E FLUIDOS EM RELAÇÃO À DISPONIBILIDADE DE
FÓSFORO"

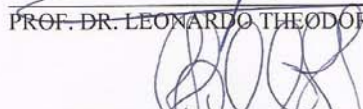
ALUNA: NATÁLIA RODRIGUES FERREIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. LEONARDO THEODORO BULL

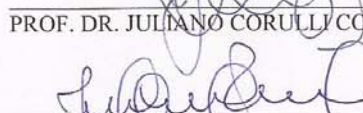
APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:



PROF. DR. LEONARDO THEODORO BULL



PROF. DR. JULIANO CORULLI CORREA



PROF. DR. JOSE CARLOS POLIDORO

Data da Realização: 28 de fevereiro de 2014.

*Aos meus pais,
Maria Aparecida Siqueira Ferreira e José de Assis Ferreira,
aos meus irmãos Pedro Emílio e Amália,
ao meu amor Daniel,
aos meus familiares, amigos,
e a meus professores.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus por conceder a vida e todos os recursos para a sua existência e me fornecer esta oportunidade como um dos maiores desafios.

Aos meus pais Maria Aparecida Siqueira Ferreira e José de Assis Ferreira, que por exemplos de vida, me ensinaram o caminho correto, me incentivando e apoiando, com muito esforço, e que por tantas vezes abdicaram de seus sonhos para realizarem o meu, além do amor, cumplicidade, carinho e compreensão. E meus irmãos Pedro Emílio e Amália por me proporcionarem grandes momentos juntos, sempre com diversão e descontração, motivação e confiança nos momentos de dificuldade e de alegria.

À todos os meus parentes e amigos por serem importantes coadjuvantes no incentivo e na busca dos ideais, das conversas, dos conselhos e de suas experiências.

Ao professor e orientador Leonardo Theodoro Büll pela valiosa orientação, ótima convivência, por todo apoio, atenção e paciência e ensinamentos fornecidos, para a superação das dificuldades na elaboração deste trabalho. Por ser também um grande amigo de trabalho, através de sugestões e conselhos de técnicos e de vida.

À EMBRAPA, através do Dr. Juliano Corulli Correa, pela oportunidade de parceria de trabalho por seu apoio na escolha das áreas de estudo, além das sugestões e auxílio técnico prestado na elaboração deste trabalho.

Ao Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo concedida;

À rede FertBrasil, através do Dr. José Carlos Polidoro pelo apoio e oportunidade de integrar no projeto.

Aos membros da banca Dr. Leonardo Theodoro Büll, Dr. Juliano Corulli Corrêa e Dr José Carlos Polidoro pelas valorosas sugestões e contribuições neste trabalho.

Aos amigos que me agregaram valor nessa caminhada, em especial a: Moniki Janegitz (grande companheira e colaboradora para minha formação na pós-graduação), Ana Cláudia Macedo, Renata Costa, Thais Botamede, Itainara Batista, Rodrigo Azevedo, Laís Lorena, Camila Abrahão, Aline Sandim, Luciana Garcia, Jesaelen Gizotti de Moraes, Fernanda de Souza Antônio, André de Oliveira Rodrigues, Renata Marques, Gustavo Brandão, Lívia Ribeiro, Jaime Ferrari Neto, Camilo Sanchez, Lizandra Jorgetto, Caio Moreira, Susiane Moura, Angélica de Deus, Débora Latorre, Marília Pereira, Thais Alves, Ana Kummer, Fábio Tanamati, Priscila Figueiredo, Aline Matoso,

Jader Nantes, Rodrigo Sereia, Wanderley Bieluczik, Rafael Pressoto, Fernando Coutinho, Rosilaine Araldi, entre tantos outros.

A todos os funcionários do Departamento de Solos e Recursos Ambientais na pessoa da Silvinha e Adriana, pelo apoio e atenção; Aos funcionários da Fazenda, na pessoa do Mário, por todo suporte disponibilizado para a realização deste. Ao funcionário da Faculdade de Ciências Agrônomicas Pedrinho, o qual foi de extrema importância no auxílio da montagem, condução e desmontagem do experimento, sem seu esforço meu trabalho não seria o mesmo.

A coordenação do curso de Pós-Graduação em Agricultura/Produção Vegetal, na pessoa dos professores Dr. Carlos Alexandre C. Crusciol e Rogério Peres Soratto;

Agradecimento especial à todos os professores e aos colegas de turma pelos seus ensinamentos e experiências compartilhadas.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e deste sonho.

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
1. RESUMO	1
2. SUMMARY	2
3. INTRODUÇÃO	3
4. REVISÃO DE LITERATURA	5
4.1 Fósforo no solo.....	5
4.2 Adsorção de Fósforo no Solo	8
4.3 Eficiência Agronômica de Fertilizantes Fosfatados Minerais e Organominerais	10
5. MATERIAL E MÉTODOS	15
5.1 Localização e caracterização dos experimentos	15
5.2 Delineamento experimental.....	20
5.3 Avaliações no solo	20
5.3.1 Determinações químicas nas amostras de solos	20
5.4 Avaliações na planta.....	20
5.4.1 Produção de massa seca e acúmulo de fósforo	20
5.4.2 Índice de Eficiência Agronômica	21
5.5 Análise estatística	21
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6.1 Análises químicas dos solos.....	22
6.1.1 pH, V% e MO.....	22
6.2 Fósforo no solo.....	33
6.4 Avaliação de atributos nas plantas de milho	37
6.4.1 Altura de planta e diâmetro de colmo	37
6.4.7 Matéria seca de raiz	39
6.4.2 Matéria seca da parte aérea	44
6.4.3 Índice de Eficiência Agronômica	46
7. CONCLUSÕES.....	50

8. REFERENCIAS 51

LISTA DE TABELAS

	Páginas
Tabela1. Características químicas e físicas dos solos estudados.....	17
..... Tabela2.Características do Calcário.	17
Tabela3.Valores da quantidade P_2O_5 ($Kg.ha^{-1}$).....	18
Tabela4.Análise Química dos fertilizantes.....	18
Tabela 5.Valores de pH em LatossoloVermelho Distroférrico (Lvd) em função da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho em quatro profundidades.....	24
Tabela 6. Valores de pH em Neossolo Quartzarênico distrófico (RQ) em função da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho em quatro profundidades.....	25
Tabela 7.Valores de V% para Latossolo Vermelho Distroférrico (Lvd) em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho nas quatro profundidades.....	28
Tabela 8.Valores de V% para Neossolo Quartzarênico distrófico (RQ) em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho nas quatro profundidades.....	30
Tabela 9.Teores de Matéria Orgânica para Latossolo Vermelho Distroférrico (Lvd)em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho nas quatro profundidades.....	31
Tabela10.Teores de Matéria Orgânica para NEOSSOLO QUARTZARÊNICO distrófico (RQ) em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho nas profundidades.....	32
Tabela11.Teores de P ($mg\ dm^{-3}$) para LatossoloVermelho Distroférrico (Lvd) em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho nas quatro profundidades.....	34
Tabela12. Teores de P ($mg\ dm^{-3}$) para Neossolo Quartzarênico distrófico (RQ) em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho nas quatro profundidades.....	35
Tabela 13.Índice de Eficiência Agronômica para Matéria Seca da Parte Aérea e Fósforo acumulado na planta para Latossolo Vermelho distroférrico (Lvd) e Neossolo Quartzarênico distrófico (RQ) em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho.....	47

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura1.Temperatura média, máxima (T _{máx}) e mínima (T _{mín}), registradas durante a condução do experimento dentro da casa de vegetação.	16
Figura2. Tubos de PVC.	17
Figura3.Coleta do solo em diferentes profundidades.....	19
Figura4.Separação e lavagem das raízes.	19
Figura5.Visão geral do experimento com 43 dias após semeadura (DAS), no dia da colheita.	20
Figura 6.Altura de plantas de milho em função da aplicação de fontes e doses de P em Argissolo Vermelho distroférico -Lvd e em Neossolo Quartzarêncio – RQ.....	38
Figura 7.Diâmetro do colmo de plantas de milho em função da aplicação de fontes e doses de P em Argissolo Vermelho distroférico -Lvd e em Neossolo Quartzarêncio – RQ.	39
Figura 8.Matéria Seca de Raiz de plantas de milho em função da aplicação de diferentes fontes e doses de P em Argissolo Vermelho distroférico -Lvd em quatro profundidades.	42
Figura 9.Matéria Seca de Raiz de plantas de milho em função da aplicação de diferentes fontes e doses de P em Neossolo Quartzarêncio - RQ em quatro profundidades.	43
Figura 10.Matéria Seca da Parte Aérea de plantas de milho em função da aplicação de fontes e doses de P em Argissolo Vermelho distroférico -Lvd (A) e em Neossolo Quartzarêncio – RQ (B).	46

1. RESUMO

O fósforo (P) é o nutriente que mais influencia o início do desenvolvimento e crescimento das plantas, sendo assim objetivou-se mensurar a eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados para fins de avaliação da fertilidade do solo, estado nutricional, crescimento e produtividade da cultura do milho. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em vasos de 20L no departamento de solos da UNESP/FCA de Botucatu, São Paulo, Brasil. Foram utilizadas duas classes de solo: Neossolo Quartzarenico distrófico e Latossolo Vermelho distroférico e efetuada a calagem visando elevar a 70% o valor de saturação por bases. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 4x5x1, com quatro repetições constituídos por quatro níveis de aplicação (50, 100, 200 e 300 mg dm⁻³), cinco fontes de fertilizantes fosfatados e um controle, totalizando 100 unidades experimentais para cada solo, e análises de solo avaliadas em 4 profundidades. As fontes fosfatadas foram compostas de três fertilizantes fosfatados minerais e dois organominerais, os minerais foram dois na forma sólida – MAP e Superfosfato triplo, e outro na forma líquida – MAP e os organominerais um na forma sólida a base de cama de aves +Fosforita e outro na forma líquida a base de esterco de suínos +MAP. As avaliações ocorreram aos 43 dias após a semeadura. Nos solos foram realizadas determinações químicas de P e índices de fertilidade. Na planta foram realizadas avaliações de produção de massa seca, acúmulo de nutrientes, e calculado o índice de eficiência agronômica (IEA). Verificou-se que não houve aporte de matéria orgânica para ambos os solos, independente do uso de fertilizante mineral ou organomineral, tanto na forma sólida quanto fluida. Os fertilizantes minerais sólidos, ST e MAP aumentaram os teores de fósforo no solo, quando comparados aos minerais. A fonte mineral MAP foi a que ocasionou maiores teores de P disponível no solo, maior acúmulo de P na planta e maior índice de eficiência agronômica. Não foi observado mobilidade do fósforo no perfil do solo.

Palavras-chave: Adsorção de fósforo, fertilizantes e eficiência de adubos fosfatados

AGRONOMIC EFFICIENCY IN SOLIDS AND FLUIDS OF FERTILIZERS ORGANOMINERAL IN RELATION TO THE AVAILABILITY OF PHOSPHORUS.

Botucatu, 2014. Number of sheets: 67p. Dissertation (Master in Agronomy / Agriculture) - Faculty of Agricultural Sciences, " Júlio de Mesquita Filho" State University.

Author: NATÁLIA RODRIGUES FERREIRA

Adviser: LEONARDO THEODORO BÜLL

2. SUMMARY

Phosphorus (P) is the nutrient that most influences early in development and growth of plants, aimed to measure the agronomic efficiency of phosphatic fertilizer for evaluation of soil fertility, nutritional status, growth and yield of maize. The experiment was conducted in a greenhouse in Soil Department at UNESP / FCA Botucatu , São Paulo , Brazil used pots of soil in 20L. Two classes of soil were used: PSAMENT and dystrophic Oxisol and liming performed aiming to raise to 70% the value of saturation bases. The experimental design was a randomized block design with four replications i four replications in a 4x5x1 factorial with four replicates consisting of four levels of application (50, 100, 200 and 300 mg dm⁻³), five sources of phosphatic fertilizers and a control, totaling 100 experimental units for each soil, and soil analyzes evaluated in 4 depths.. The experiment was conducted in a greenhouse in pots of 20L. The phosphorus sources were composed of three minerals and two organomineral phosphate fertilizers , minerals were two in solid form - MAP and triple superphosphate , and another in liquid form - MAP and organomineral one in solid form the basis poultry litter + phosphorite and another in liquid form the basis of pig manure + MAP . The crop was maize, which was harvested at 43 days after sowing. In soil chemical determinations of P and other nutrients were performed. Reviews of the plant dry matter production, nutrient accumulation were performed, and calculated the relative agronomic efficiency (RAE). It was found that there was no contribution of organic matter in both soils , regardless of mineral or organomineral fertilizer , either in solid form as fluid. The solid mineral fertilizers, ST and MAP increased levels of P in the soil compared to mineral. The mineral source MAP showed the highest levels of available P in the soil and more accumulated in the plant and with the highest agronomic efficiency. No P mobility in the soil profile was observed.

Keywords: Adsorption of phosphorus, fertilizers and efficiency of phosphatic fertilizers.

3. INTRODUÇÃO

A adubação é um dos fatores que afeta diretamente o custo de produção e é limitante da produtividade agrícola. O fósforo (P) é o nutriente que mais influencia o início do desenvolvimento e crescimento das plantas. Ao contrário dos demais nutrientes, a adubação com P assume a particularidade de aplicar uma quantidade várias vezes maior do que aquela exigida pelas plantas, pois se torna necessário satisfazer a exigência do solo, saturando os componentes responsáveis pela fixação do P (Furtini Neto et al., 2001). A expansão das áreas de cultivo, o esgotamento das reservas mundiais de P e a necessidade de aplicar quantidades maiores que a exigida pela planta são fatores que tendem a manter elevação constante de preço dos fertilizantes fosfatados. Esses fatores justificam a busca de maior eficiência nas adubações.

Ressalta-se, ainda, que as reservas mundiais de P são finitas, portanto a utilização do nutriente deve obedecer a uma filosofia de maximização da sua eficiência. Neste sentido, a ciência do solo vem estudando diferentes maneiras de melhorar a eficiência da adubação fosfatada e novas tecnologias de produção de fertilizantes vêm se destacando no cenário agrícola.

O uso de fertilizante organomineral é uma tecnologia que vem ganhando espaço, pois a produção de suínos e aves é intensificada em áreas concentradas, acarretando a necessidade de geração de novas tecnologias para destinar a produção de co-resíduos de forma segura, e desta forma, viabilizar a sustentabilidade deste setor produtivo. O uso desse fertilizante permite a reciclagem dos nutrientes contidos nos dejetos e associados ao enriquecimento de nutrientes na forma mineral, permite produzir fórmulas comerciais específicas para cada cultura, aumentando a uniformidade nas concentrações e

disponibilidade de nutrientes, influenciando em uma menor demanda nas taxas de aplicação no campo.

O Brasil se destaca pela grande representação econômica e tecnológica das agroindústrias de suínos e aves, principalmente a região Sul do país, sendo considerada uma região de alta concentração de dejetos animais, caracterizando alta carga poluidora para o solo, ar e água. Assim, é de extrema importância garantir que os dejetos de suínos e aves possam constituir fertilizantes eficientes e visando a proteção do ambiente e elevação da produtividade das culturas. A produção de organomineral agrega valor ao produto e permite que este seja transportado destas regiões de alta concentração para as demais localidades.

O fertilizante organomineral aumenta a concentração de nutrientes, minimizando as taxas de aplicação no campo e com a adição de material mineral ao material orgânico aumenta a uniformidade nas concentrações e disponibilidade de nutrientes no produto final. E pela presença da matéria orgânica favorece a mobilidade do fósforo no solo. Esse fertilizante possui vários atributos que possibilita o aumento na produção das culturas devido à ação da matéria orgânica favorecendo o melhor aproveitamento dos nutrientes minerais, além de possibilitar a mobilidade do fósforo no solo. Porém há uma carência de estudos e trabalhos sobre a dinâmica de reação do fertilizante organomineral nos solos.

Com a finalidade de buscar conhecimentos científicos sobre a mobilidade fósforo nos diferentes tipos de solo, sua relação com a disponibilidade efetiva às plantas e o uso prático de fertilizantes organominerais sólidos e fluidos a base de dejetos de suínos e cama de aves, o presente trabalho teve como objetivo avaliar com uso de diferentes fontes de fertilizantes fosfatados mineral e organomineral a mobilidade de fósforo no solo e mensurar a eficiência agrônômica destes fertilizantes para fins de avaliação da fertilidade do solo, estado nutricional, crescimento da cultura do milho.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Fósforo no solo

O fósforo é um elemento, que no ambiente tem seu ciclo bem dinâmico e complexo, sendo muito vulnerável às transformações químicas. Esse elemento pode ser encontrado no solo em diversas formas como precipitado com alumínio, ferro ou cálcio, adsorvido aos óxidos de ferro e alumínio da fração argila, em solução, na forma orgânica ou fazendo parte de compostos de baixa solubilidade.

O solo pode comportar-se como fonte ou dreno de P. Quando este é capaz de suprir as necessidades de P que a planta demanda, comporta-se como fonte de P. Quando compete fortemente com as plantas fixando a maior parte do P adicionado ao solo, tem o comportamento de dreno de P. Solos menos intemperizados se comportam como fonte, e solos bem intemperizados tendem a comportar-se como dreno e competir com as plantas pela fixação do P adicionado via adubação (NOVAIS; SMYTH, 1999). A atuação de fatores e os processos de formação do solo sobre o material de origem alteram os minerais primários, produzindo novos compostos, e sua natureza depende do grau de intensidade de intemperismo (ANJOS et al., 1999), o solo tende a tornar-se mais eletropositivos e com elevada capacidade de adsorver ânions, como os fosfatos.

No solo o P é constituído por compostos derivados do ácido ortofosfórico e, menos comumente, dos pirofosfatos e pode ser encontrado, em função do pH, nas formas H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} , ou PO_4^{3-} (NOVAIS; KAMPRATH, 1979; BAHIA

FILHO, 1982; RAIJ, 1991).

Em solos tropicais, em função do pH normalmente encontrado que varia de 4,5 a 5,5, o fósforo ocorre quase que exclusivamente como ânion ortofosfato (H_2PO_4^-), derivado do ácido ortofosfórico (H_3PO_4), sendo que o P encontrado na solução do é muito pequena menos de 0,1% (FARDEAU, 1996), esse fator é devido à forte interação deste elemento com o solo (RAIJ, 1991). Em pH menor que 5,8 as espécies de ortofosfatos tendem a interagir com os minerais de Fe e Al e em pH acima deste valor, interagem com minerais de Ca e Mg (SHARPLEY et al., 1995). O P varia no solo de acordo com o pH, onde o pH é menor que 2, ocorre o predomínio da espécie H_3PO_4 , na faixa de pH entre 2 e 6,5 predomina a espécie H_2PO_4^- , HPO_4 entre pH 8 e 10, e acima de 12, a espécie PO_4 (BERKHEISER et al., 1980; PIERZYNSKI et al., 2000).

No solo o P é encontrado na forma inorgânica (Pi) e orgânica (Po). O Pi é constituído de P dos minerais primários ou estrutural, presente em alguns minerais do solo, e o P adsorvido, ocorre em todos os minerais do solo devido a sua capacidade de formar complexos de elevada energia de ligação, podendo ser encontrado ligado ao alumínio, cálcio, ferro, adsorvido a argilas silicatadas e a matéria orgânica do solo adsorvido a oxihidróxidos de ferro e alumínio (PARFITT, 1978; GATIBONI, 2003).

Os fosfatos inorgânicos adicionados ao solo são originários das rochas fosfáticas intemperizadas, principalmente as que contêm minerais de apatita. Também são oriundos dos fertilizantes e adubos animais adicionados como complementação nutricional e Pi corresponde a mais de 70% do P total.

Fósforo orgânico no solo é proveniente dos restos vegetais e animais, das células e resíduos de decomposição microbiana (PIERZYNSKI et al., 2005). Segundo Dalal, 1977, o Po corresponde de 20 a 80% do fósforo total (Pt) do solo e suas principais formas conhecidas são os fosfatos de inositol, 10 a 80% do Po total, fosfolipídios, de 0,5 a 7%, ácidos nucleicos, aproximadamente 3% e outros ésteres fosfato, que corresponde a mais de 5% (DALAL, 1977; RHEINHEIMER et al., 2002), sendo que sua estabilidade pode variar de acordo com a natureza do composto e sua interação com o material mineral. Os microorganismos fazem uso do carbono e elétrons destes compostos, mineralizando-os e disponibilizando o P, sendo que compostos de ácidos nucleicos e fosfolipídios com ligação diéster, pela estrutura química, a sua decomposição ocorre com maior facilidade, se tornado mais vulnerável à mineralização, ocasionando assim menor quantidade armazenada no solo (GATIBONI, 2003).

Os fosfatos com alta energia de ligação entre a estrutura química da molécula e alta carga residual possui maior facilidade de interação com os constituintes inorgânicos do solo, como os monoésteres, como o fosfato inositol, esse processo dificulta a mineralização, favorecendo seu acúmulo no solo (GATIBONI,2003), caracterizando pouca labilidade e disponibilidade às plantas (DALAL, 1977; TATE, 1984; STEWART; TIESSSEN, 1987), esse fato pode resultar que a maioria do Po do solo é encontrado na forma de fosfatos de inositol, seguido dos fosfolipídios e ácidos nucleicos (RHEINHEIMER, 2000). O Po atua ativamente na disponibilidade de fósforo às plantas por isso é considerado de grande importância nos solos tropicais (WALKER; SYERS, 1976; TIESSSEN et al., 1984; CROSS; SCHILESINGER, 1995).

Os fosfatos independentemente da sua natureza química, são classificados conforme a facilidade com que repõe a solução do solo, que de acordo com o maior ou menor grau de estabilidade, são enquadrados como fósforo lábil, moderadamente lábil e pouco lábil, onde a fração lábil é representada pelos compostos fosfatados capazes de repor rapidamente a solução do solo, quando ele é absorvido por plantas ou por microrganismos. Essas formas lábeis sofrem transformações, com o tempo, aumentando as formas não lábeis, principalmente as inorgânicas inativas sendo essas menos disponíveis, e ocorrem por meio de reações de compostos insolúveis precipitados ou pela difusão para o interior dos óxidos (ENGELSTAD; TERMAN, 1980; BARROW, 1985; RAIJ, 1991).

Para efetuar uma correta adubação fosfatada é necessário determinar o teor de P disponível no solo, sendo que as principais análises químicas para avaliação da fertilidade do solo e posterior recomendação da adubação quantificam a quantidade necessária para aplicação deste elemento. A disponibilidade do P é resultante da ação dos fatores Intensidade (I), Quantidade (Q) e Capacidade Tampão (FCP) desse nutriente no solo. O teor de P indicado nas análises químicas de solo feitas na maioria dos laboratórios de rotina do país fornece uma idéia apenas do valor Q, portanto para a correta interpretação da capacidade de suprimento de P para as plantas se faz necessário o conhecimento do fator de capacidade do P (FCP) do solo, que pode ser estimado a partir de características químicas e físicas do solo, como teor de argila e P remanescente. Segundo Sousa e Lobato (2003) o uso do teor do P remanescente (Prem), tem sido um bom estimador da capacidade de fixação e da capacidade tampão de fosfato (CTP) dos solos e tem sido útil na recomendação da adubação fosfatada.

4.2 Adsorção de Fósforo no Solo

O termo adsorção é complexo e indica tanto reações químicas quanto físicas que ocorrem em interfaces (superfícies de separação de duas fases). No solo, os óxidos são considerados superfície e denominados adsorventes. Os íons de fosfato, por exemplo, são considerados substância e denominados adsorvatos. As reações ocorrem pois a superfície geralmente possui porosidades, ou apresenta imperfeições ou microporos, facilitando a difusão do adsorvato para o interior (SANYAL; DE DATTA, 1991). O termo sorção abrange os fenômenos de adsorção e dessorção. O P inicialmente adsorvido a superfície de agregados do solo, com o tempo, é difundido para seu interior, esse processo é lento e pode levar anos para atingir o equilíbrio. Esse fenômeno é responsável pela diminuição da disponibilidade de P de um solo recém fertilizado, fator influenciado pelo o aumento do tempo de contato do P de um solo (BARROW, 1985).

Segundo McBride (1994) a adsorção é embasada na transferência de íons da solução do solo para a fase sólida, e esse processo consiste nas principais formas de interação dos fosfatos com a fase sólida do solo: óxidos, hidróxidos, argilominerais, carbonatos e matéria orgânica (PIERZYNSKI et al., 2000). Os diferentes mecanismos bem como os níveis energéticos em que ocorre esse processo determinam o grau de reversibilidade de suas reações (CAMARGO, 2001). Por ser um fenômeno de superfície o tamanho médio dos constituintes mineralógicos da fração argila do solo é destaque, segundo Souza (1991) sendo considerado como um dos principais fatores que influenciam essas reações. De acordo com Bahia Filho (1983) e Souza (1991) a adsorção de P é maior em solos onde ocorre alta incidência de goethita em relação à hematita, e isso pode ser explicado em parte pelo tamanho da goethita em relação à hematita.

Devido à elevada acidez e presença de grandes proporções de argila sexquioxídica nos solos tropicais, a deficiência de P é alta, pois ocorre o aumento da adsorção de fosfatos e a formação de precipitados com Fe e Al, diminuindo a disponibilidade de P para as plantas (SANCHEZ; SALINAS, 1981). Diversos autores demonstraram que, em solos ácidos, os óxidos de ferro da fração argila são os principais responsáveis pela adsorção de fósforo em detrimento de outros minerais, como a gibbsita e a caulinita (HINGSTON ET AL., 1972; PARFITT 1978; SANCHEZ; UEHARA, 1980; BAHIA FILHO, 1982; RESENDE, 1983; SANYAL; DE DATTA, 1991; SOUZA et al., 1991; CURI, 1993). O processo de troca de ligantes do complexo de superfície dos

minerais de argila, como óxidos de ferro e alumínio, em que hidroxilas e/ou moléculas de água previamente coordenadas aos cátions Fe^{+3} ou Al^{+3} são deslocadas pelos íons H_2PO_4^- , formando um novo complexo de superfície é denominado adsorção (HINGSTON et al., 1972).

Precipitação é a reação de P com as formas iônicas de Al e de Fe em solos ácidos ou a Ca^{2+} em solos neutros ou calcários, formando compostos de composição definida e pouco solúveis (SAMPLE et al., 1980), gerando uma nova fase ou composto definido. Sposito (1984) descreve como um processo tridimensional, diferente da adsorção que é bidimensional, e esses dois mecanismos de retenção de P pelo solo são de difícil distinção e ambos são descritos pelo mesmo modelo matemático.

A adição antropogênica de P no solo, por meio da adição de fertilizantes agrícolas pode elevar o grau de saturação da solução, favorecendo as reações de precipitação dos ortofosfatos com íons de Fe, Al e Ca com formação de minerais amorfos desses compostos (REDDY et al., 2005), com diferentes graus de solubilidade. As reações dos precipitados são menos estáveis que os complexos podendo ser reversíveis (PIERZYNSKI et al., 2000; McDOWELL et al., 2001) e de acordo com Reddy (2005) ao longo do tempo, devido ao “envelhecimento”, as formas podem se tornar cristalinas aumentando assim sua estabilidade, se tornando não lábil.

A distribuição das espécies químicas de ortofosfato na solução do solo, e sua constituição na fase sólida e biodisponibilidade estão relacionadas com o pH (BERKHEISER et al., 1980; PIERZYNSKI et al., 2000; REDDY et al., 2005) do meio e pela presença de espécies de ânions orgânicos ou inorgânicos que competem por alguns sítios de adsorção (SINGH; LAL, 2005). Solos onde o pH é menor que 5,8 as espécies de ortofosfatos tendem a interagir com os minerais de Fe e Al e acima desse valor com os minerais Ca e Mg (SHARPLEY et al., 1995), sendo que a biodisponibilidade e a movimentação deste elemento no solo ocorre, em valores de pH entre 6 e 7 (McDOWELL, 2004).

As formas orgânicas de fósforo agem como base de Lewis e podem ser adsorvidas aos grupos funcionais de superfície dos compostos inorgânicos do solo, como os argilominerais, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, com diferentes energias de ligação, ficando ou não disponíveis ou não à mineralização (PELLEGRINI, 2005).. A biodegradação das espécies orgânicas de P libera P orgânico dissolvido, o qual, com o tempo é convertido em formas inorgânicas (PIERZYNSKI et al. 2000). O fósforo

inorgânico pode, então, ser imobilizado ou absorvido pelos microrganismos e plantas, o que reduz temporariamente sua disponibilidade no meio (SINGH; LAL, 2005) e posteriormente, ser liberado para a solução com a morte desses organismos (PIERZYNSKI, 2000), ou ainda ser adsorvido à matéria inorgânica e orgânica do solo.

A matéria orgânica do solo possui caráter aniônico, e a adsorção do ortofosfato quando ocorre é por intermédio de cátions como Ca, Al, e Fe que estão retidos em sua superfície (McBRIDE, 1994; GUPPY et al., 2005). Devido essa característica a adição de material orgânico em solos ácidos pode contribuir para reduzir a adsorção do fósforo, pois a decomposição desse material favorece a produção de OH⁻, que compete com os íons fosfatos pelos sítios de adsorção; os íons hidroxilas contribuem para aumentar o pH do meio e nestas condições a interação do fosfato com os íons metálicos Fe e Al diminui; a mineralização da matéria orgânica libera SO₄²⁻ e F⁻, compostos estes que apresentam alta afinidade com Al e Fe e dessa forma contribuem para liberação do fosfato para o meio; os ácidos orgânicos liberados na decomposição da matéria orgânica solubilizam o fosfato de formas lábeis, deixando-o disponível (NOVAIS; SMYTH, 1999; IYAMUREMYE, 1996).

A quantificação da relação P na solução por P na fase sólida pode ser obtida, em laboratório, por meio de isotermas de adsorção. Segundo Sousa e Lobato (2003), em geral, quanto maior o teor de argila, maior a quantidade de P retida na fase sólida e, conseqüentemente, o teor de P na solução do solo será menor.

4.3 Eficiência Agronômica de Fertilizantes Fosfatados Minerai s e Organominerai s

A eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados é influenciada por características intrínsecas do solo, que destacam a capacidade de adsorção, quantidade e tipo de argila, pH, teor de matéria orgânica e teores totais e biodisponíveis de P (LARSEN, 1967; SANCHEZ; UEHARA, 1980. CHIEN, HAMMOND, 1989). Por isso a eficiência da adubação fosfatada em solos tropicais normalmente é muito baixa, caracterizada pela forte tendência do P aplicado ao solo de reagir com substâncias formando compostos de baixa solubilidade principalmente em solos onde há predomínio de minerais sesquióxidos (BÜLL et al., 1998; NOVAIS; SMYTH, 1999). Esses fatores implicam no aumento da quantidade de P aplicado ao solo, em geral, maior que a necessidade da cultura, pois é fundamental saturar os compostos responsáveis pela fixação

do P para que este possa ter uma concentração que atenda as demandas da cultura (FURTINI NETO, 2001).

Além das características intrínsecas do solo os fatores relacionados à natureza do fertilizante também influenciam na eficiência agronômica. Esses fatores estão relacionados a composição, mineralogia/cristalografia da rocha fosfática, grau de acidulação, solubilidade, granulometria dos fertilizantes (SAMPLE, SOPER; RACZ, 1980). Portanto a eficiência agronômica dos adubos fosfatados é influenciada pelas fontes de fosfato, propriedades do solo, modos de aplicação e espécies vegetais (CHIEN; MENON, 1995). Quando estes são adicionados ao solo, ocorre a dissolução e grande parte fica retida na fase sólida, gerando compostos menos solúveis, sendo apenas uma parte disponível e aproveitada pelas plantas (Sousa et al, 2004), ocasionando a baixa eficiência da adubação. Além disso, a dose, a fonte, a granulometria e a forma de aplicação do fertilizante fosfatado também influenciam nesse processo (SOUZA et al., 2004).

O fósforo no solo, como fonte antropogênica, pode ser adicionado na forma de adubos minerais (BOLAN et al., 2005) ou por resíduos orgânicos, que agregam quantidades significativas de P solúvel para o sistema (SCHERER; SHARMA, 2002; Verma et al., 2005), sendo necessária a identificação do P destes, forma orgânica ou inorgânica, para compreender a dinâmica deste no solo e seus mecanismos de liberação, pelas formas potencialmente biodisponíveis de P ao longo do tempo (KWABIAH et al., 2003a).

Existem poucas reservas fosfáticas no mundo que ainda são classificadas como de elevada qualidade (GILVERT, 2008), sendo necessário utilizar fontes de menor qualidade, com maior nível de impurezas, como por exemplo, aqueles associados a Fe_2O_3 e Al_2O_3 . Estes fosfatos consomem parte do ácido empregado no processo de acidulação da rocha, diminuindo a solubilidade e a disponibilidade de P às plantas devido à formação de compostos de baixa solubilidade, e com presença de impurezas insolúveis no produto final, mesmo sofrendo a acidulação (FRZIER; LEHR, 1966).

Devido às reservas de fertilizantes serem finitas e pela necessidade do uso da adubação fosfatada em alta escala, na legislação na União Européia, o fator de solubilidade foi reduzido de “fi” (solubilidade em água) 93% para 85%. No Brasil houve criação de uma nova categoria, na qual os fertilizantes podem apresentar menor solubilidade do que os 85% até 92%, geralmente exigido e dependendo da fonte nos

fertilizantes tradicionais, mas o “fi” não pode ser inferior a 60% (BRASIL, 2007; 2008). O fosfato acidulado sulfúrico (FAS) que sofre o mesmo processo de obtenção que o superfosfato simples (SSP) e o fosfato acidulado fosfórico (FAF), cuja obtenção é semelhante ao Superfosfato triplo (TSP) são exemplos de fertilizantes com estas características que se englobam nessa nova categoria.

Novas tecnologias para produção de fertilizantes estão sendo desenvolvidas para suprir a demanda nacional quanto à redução de importação de nutrientes. Alternativas como o aproveitamento de nutrientes provenientes da pecuária, como a tecnologia de produção de fertilizantes orgânicos e organominerais estão sendo testadas e propostas para uso nos sistemas de produção agrícola. Principalmente em relação a formas sólidas com fontes solúveis de P que estão relacionadas à tecnologia de desenvolvimento dos organominerais nas formas sólida e fluida que vem se destacando no mercado.

Na pecuária nacional são abatidos atualmente 8 bilhões de aves de corte e 42 milhões de cabeças de suínos ao ano com previsão de 1,7 e 3,2% ao ano até 2020 (AGE/MAPA 2010). Diante dessa perspectiva de crescimento da produção de carne aumenta-se a responsabilidade de reutilizar seus co-produtos, com a finalidade de preservar a qualidade ambiental, aliada a obtenção de maiores produtividades. Perante este desafio, a alternativa tecnológica que vem ganhando mercado, em razão de seus resultados agronômicos, são os fertilizantes organominerais tanto na forma sólida, quanto fluida.

A adubação orgânica interfere na disponibilidade de P para as plantas, pois tende a aumentar o teor de P no solo, conseqüência da diminuição da fixação deste pelos óxidos amorfos, como cristais de óxido de ferro e alumínio, pois interferem no bloqueio dos sítios de fixação nesses minerais, resultando na maior disponibilidade de P as plantas (BEAUCLAIR, 1984; TEIXEIRA, 2013), além de melhorar a qualidade do solo pelo efeito condicionador da matéria orgânica (SILVA; 2008). O P provenientes de fontes orgânicas como cama de aves e dejetos de suínos, é dependente da espécie, fisiologia animal, composição nutricional, faixa etária, duração de armazenagem, teor de umidade e tipo de material de origem (ATIA; MALLARINO, 2002; MCDOWELL; STEWART, 2005; HANSEN et al., 2004).

O Fertilizante organomineral é definido como: “produto resultante da mistura física ou combinação e fertilizantes minerais e orgânicos”, por meio da INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 23, DE 31 DE AGOSTO DE 2005, na legislação

brasileira E no CAPÍTULO III da INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 25, DE 23 DE JULHO DE 2009, SEÇÃO V, Art. 8º, § 1º, são estabelecidas as especificações, características e garantias dos fertilizantes organominerais sólidos para aplicação no solo, e estes devem apresentar, no mínimo: carbono orgânico: 8%; CTC: 80 mmolc kg⁻¹; macronutrientes primários isolados (N, P, K) ou em misturas (NP, NK, PK ou NPK): 10%; macronutrientes secundários: 5% e umidade máxima de 30%.

Os fertilizantes organominerais podem melhorar a eficiência agronômica e apresentam vantagens como a melhoria da interação da planta com o mineral através da redução de adsorção de fósforo no sistema coloidal do solo (CHAABANE, 1994; PARENT et al, 2003), minimizando a transformação de P₂O₅ em formas indisponíveis para as plantas (IYAMUREMYE et al, 1996;. KHIARI; PARENT, 2005), melhorando o sistema radicular na planta jovem (LEE; BARTLETT, 1976), e modificando a oxiredução no solo (TISHKOVITCH et al., 1983).

A aplicação de fertilizantes orgânicos e organominerais formam durante a sua mineralização ácidos húmicos e ácidos orgânicos que podem ser adsorvidos em superfícies do solo diminuindo o potencial de adsorção de P por bloqueio de sítios para a formação de complexos com Al, Fe e Ca, (LYAMUREMYE et al., 1996b; HAYNES E MOKOLOBATE, 2001;. AKHTAR et al, 2002; MKHABELA WARMAN, 2005), ânions orgânicos como ácido cítrico, ácido acético málico, malônico, maleico, succínico, ácido fórmico, podem competir com ortofosfato por sítios de cargas e também substituir P ligado às argilas, aumentando a disponibilidade (PYPERS et al., 2005).

Ácidos orgânicos de baixo peso molecular aumentam a biodisponibilidade de P devido a mobilização de nutrientes, principalmente P insolúvel (BOLAN et al, 1994;. STROM et al., 2002), auxiliando na dissolução de compostos de P insolúveis, ligados a Ca, Fe e Al (BOLAN et al, 1994;. GEELHOED et al, 1999;. JONES et al, 2003.). A concentração de ácidos orgânicos contidos em fertilizantes orgânicos e organominerais, varia com a origem da matéria prima que irá compor o biofertilizante.

Fertilizante organomineral se caracteriza por apresentar potencial químico reativo relativamente inferior ao fertilizante mineral, porém sua solubilização é gradativa no decorrer do período de desenvolvimento da cultura, assim, sua eficiência agronômica pode se tornar maior se comparado às fontes minerais solúveis (KIEHL, 2008). E sua aplicação ao solo é efetuada sob duas formas: como uma formulação

organomineral e como uma mistura de fertilizante mineral associada ao orgânico (TEJADA; BENITEZ; GONZALEZ, 2005).

É necessária a avaliação agronômica desta categoria de fertilizantes com solubilidade variada nas mais distintas condições de solo para avaliar o desempenho agronômico, ou seja, a eficiência destes no sistema solo-planta.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização dos experimentos

O experimento foi realizado em casa de vegetação na área experimental do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas / UNESP / FCA, no município de Botucatu, SP, a aproximadamente 786 m de altitude, apresentando coordenadas geográficas: 22°52'55'' S e 48°26'22'' W.

O município de Botucatu-SP apresenta clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno (Cwa - Koppen), e a temperatura média mais quente superior a 22°C (CUNHA et al., 1999).

No período da condução do experimento as temperaturas média mínima registradas dentro da casa de vegetação foi de 16,95 °C e a máxima de 41,45 °C. Os dados diários referentes às temperaturas durante o período de condução do experimento com média a cada sete dias estão contidos na (Figura 1).

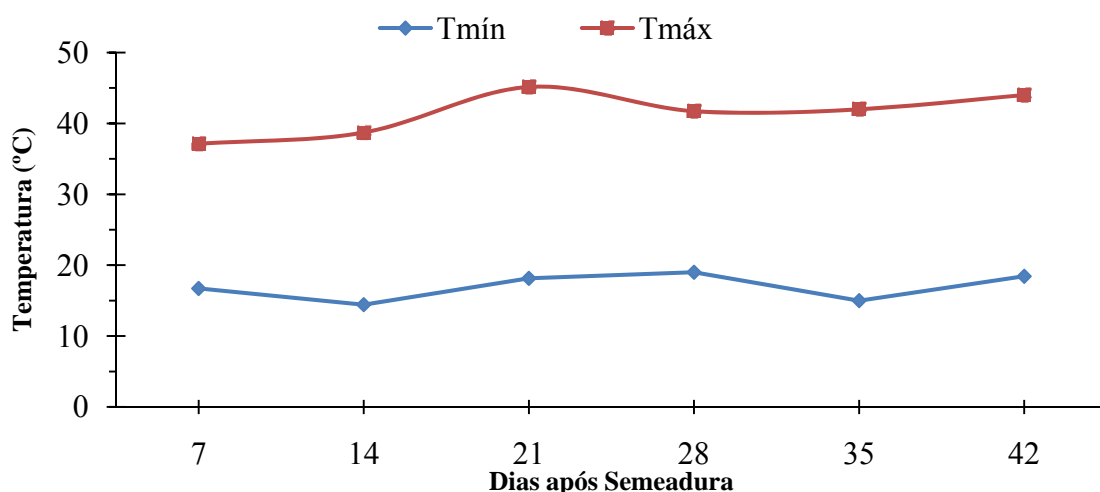


Figura 1. Temperatura média, máxima (Tmáx) e mínima (Tmín), registradas durante a condução do experimento dentro da casa de vegetação.

Foram selecionadas duas classes de solos oxídicos, que apresentaram variações texturais, ambos ácidos, com baixos teores de P lábil, baixos teores de matéria orgânica e de fósforo. Foram coletadas amostras superficiais (0-20 cm) destinadas a análise química para determinação das características da fertilidade do solo (RAIJ, 1996), sendo um da Fazenda Experimental Lageado e outro da Fazenda Experimental de São Manuel FCA, classificados, de acordo com EMBRAPA (2006): como Neossolo Quartzarênico distrófico, (RQ) e Latossolo Vermelho Distroférico (Lvd), textura arenosa e argilosa, respectivamente. (Tabela 1).

Após estes procedimentos, foi realizada a aplicação de corretivo de acidez (especificações na tabela 2), onde doses foram calculadas visando elevar a 70% o valor de saturação por bases (Raij et al., 1996). Após a aplicação e incorporação do calcário nos solos, estes foram umedecidos a 70% da capacidade máxima de retenção de água, incubados por mais 35 dias.

As amostras dos solos foram acondicionado em tubos de PVC de 8” seccionados em 4 frações, totalizando 40 cm de altura, com volume de 20 L (Figura 2).



Figura2. Tubos de PVC.

Tabela1. Características químicas e físicas dos solos estudados.

Características	Solos	
	Lvd (argiloso)	RQ (arenoso)
pH (CaCl ₂)	4,1	4,6
M.O. (g DM ⁻³)	31	14
P _{resina} (mg dm ⁻³)	5,0	2,5
Al ³⁺ (mmoldm ⁻³)	11	2,0
H+Al (mmoldm ⁻³)	84	20
K (mmoldm ⁻³)	1,0	0,9
Ca (mmoldm ⁻³)	7	13
Mg (mmol dm ⁻³)	4	4
SB (mmoldm ⁻³)	11	17
CTC (mmoldm ⁻³)	95	38
V%	12	46,2
S (mg dm ⁻³)	29	9,3
B (mg dm ⁻³)	0,29	0,2
Cu (mg DM ⁻³)	11,34	2,0
Fe (mg dm ⁻³)	4,40	25,9
Mn (mg DM ⁻³)	4,49	17,58
Zn (mg dm ⁻³)	0,58	0,48
Areia (g Kg ⁻¹)	163	802
Silte (g Kg ⁻¹)	253	63
Argila (g Kg ⁻¹)	584	135

Tabela2. Características do Calcário.

		Resultado em %			
CaO	MgO	RE	PN	PRNT	Umidade
35,08	29,50	100,00	109	109	1,6

O experimento foi conduzido usando fontes de adubação líquidas e sólidas fosfatadas organomineral e mineral para avaliar a eficiência agrônômica em cinco doses (0, 50, 100, 200 e 300 mg dm³) de fósforo. (Tabela3)

Tabela3. Valores da quantidade P₂O₅ (Kg.ha⁻¹)

Doses (P ₂ O ₅)	Quantidade(Kg ha ⁻¹)
50	333
100	666
200	1.332
300	1.998

Os fertilizantes fosfatados corresponderam a fórmula 03-15-00. Foram compostos de três minerais, sendo dois na forma sólida – MAP e Superfosfato triplo, e outro na forma fluída – MAP diluído em água, e dois organominerais, sendo um na forma sólida de grânulos e o outro na forma fluída. O fertilizante organomineral na forma sólida, a fonte de P utilizada foi a fosforita oriunda de Registro granulada com Cama de aves, o fertilizante na forma fluída foi constituído de dejetos de suínos e a fonte de P foi o MAP (Tabela4).

Tabela4. Análise Química dos fertilizantes

FERTILIZANTES	N	P ₂ O ₅ Total %	P ₂ O ₅ AC
CAMAL+FOSFORITA	2	16	5
MAP +H ₂ O	3	14	---
MAP+DEJETO	3	14	---

Os adubos fosfatados foram aplicados no dia do plantio, em linha simulando uma linha de plantio. O nitrogênio, potássio e micronutrientes foram aplicados na forma mineral, na mesma quantidade para todos os tratamentos. O potássio, aplicado na forma de KCl (120 mg dm⁻³/vaso), nitrogênio aplicado na forma de uréia (60 mg dm⁻³ /vaso) e dos micronutrientes como Fritas FTE BR5 (2 g vaso⁻¹). Para os tratamentos com fertilizantes orgânicos a quantidade aplicada foi calculada levando-se em consideração estes nutrientes já presentes em suas composições químicas.

A cultura utilizada foi o milho por ser altamente responsiva à adubação fosfatada. Foram realizadas duas semeaduras, ambas com sete sementes por vaso. Na primeira utilizou-se semente do híbrido triplo 2B512 HX que apresentaram falhas de germinação, optando-se pela remoção total das plântulas e sementes ainda não germinadas, 10 dias após a

semeadura. Na segunda sementeira foram utilizadas sementes da cultivar 2B655 HX, cuja germinação ocorreu de forma adequada, sendo que quinze dias após a emergência foi realizado o desbaste deixando-se duas plantas por vaso. Durante o crescimento da cultura foram efetuadas irrigações diárias mantendo a umidade do solo 70% da capacidade de campo e vinte dias após emergência foi realizada uma aplicação de 20 mg dm^{-3} de N em solução. Aos quarenta e três dias após plantio foi realizada a colheita.

Para a coleta do solo, foi utilizado um cabo de aço de 1,44mm no fracionamento dos anéis (Figura 3). Após a secção o solo de cada anel foi peneirado, separando-se as raízes que foram lavadas com água corrente e colocadas para secagem a 60°C em estufa de circulação forçada de ar para posterior pesagem da Massa Seca de raiz (Figura 4 e 5). Em seguida o solo foi passado em peneirado em malha de 2mm, retirando-se uma amostra para análises químicas de fertilidade do solo.



Figura3. Coleta do solo em diferentes profundidades.



Figura4. Separação e lavagem das raízes.

5.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4x5x1, com quatro repetições constituídos por quatro níveis de aplicação, cinco fontes de fertilizantes fosfatados e um controle, totalizando 100 unidades experimentais para cada solo. Cada unidade experimental foi constituída de tubo de PVC 8” contendo 20 dm³ de solo, com quatro profundidades, cada profundidade com 10 cm de altura, totalizando 40 cm e duas plantas de milho (Figura 6). As profundidades foram de: 0-10cm; 10-20cm; 20-30cm e 30-40cm, totalizando 200 unidades experimentais e quatro profundidades, o que corresponde a 800 amostras de solo.



Figura5. Visão geral do experimento com 43 dias após semeadura (DAS), no dia da colheita.

5.3 Avaliações no solo

5.3.1 Determinações químicas nas amostras de solos

Nas amostras de solo foram realizadas as determinados de: pH em CaCl₂ e P extraído pela resina trocadora de íons (RAIJ et al., 2001).

5.4 Avaliações na planta

5.4.1 Produção de massa seca e acúmulo de fósforo

Aos 43 dias após a semeadura foi efetuada as medidas de altura das plantas e diâmetro do colmo. O diâmetro do colmo foi medido na altura de 1 cm do solo com o auxílio de um paquímetro digital e a altura foi medida com uma régua milimetrada.

As plantas de milho foram colhidas e separadas a raiz e parte aérea. Posteriormente foram lavadas em água e com detergente neutro e depois com água deionizada. O material vegetal foi seco em estufa com circulação de ar forçada com temperatura entre de 60 - 70 °C, até massa constante, para obtenção da massa de matéria seca da parte aérea. Depois de pesada, a material vegetal foi triturado em moinho tipo Wiley e mineralizada por digestão sulfúrica (TEDESCO et al., 1995) para determinar a concentração de P, pelo método descrito por Malavolta et al. (1997).

Com os dados do teor de P na planta e a massa da matéria seca, foi calculado o acúmulo de P na parte aérea das plantas.

5.4.2 Índice de Eficiência Agronômica

A eficiência dos fertilizantes fosfatados foi avaliada por meio do Índice de Eficiência Agronômica (IEA), calculado com base no diferencial de produção obtido entre os fosfatos em teste e o superfosfato triplo, considerando-se tanto a produção média de matéria seca da parte aérea como a quantidade média de fósforo acumulado pela parte aérea (BÜLL et al., 1997). Conforme a seguinte fórmula:

$$IEA = \left(\frac{\text{Produção com fosfato testado} - \text{produção sem P}}{\text{Produção com super triplo} - \text{produção sem P}} \right) \times 100$$

5.5 Análise estatística

Os dados foram analisados através da análise de variância (ANOVA), testando-se os efeitos de tratamentos (4 fertilizantes e o Controle), solos e a interação entre eles. As médias dos fertilizantes foram comparadas pelo t de Student, protegido pela significância do teste F global, ao nível de 5 % de probabilidade, para realizar essa análise foi usado o procedimento GLM do programa estatístico SAS (SAS, 2008). Também foi realizada análise de regressão para identificar o comportamento das variáveis doses de fósforo no, dentro de cada fertilizante para cada tipo de solo. Todas as análises foram realizadas com $\alpha = 0,05$ como valor de significância. Os gráficos foram construídos no programa SIGMAPLOT (2010).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análises químicas dos solos

6.1.1 pH, V% e MO

Os resultados apresentados mostram que ocorreu acidificação nas camadas superficiais do solo. Na profundidade de 0-10 cm ocorreu acidificação do solo com o aumento das doses dos fertilizantes. Doses superiores a 100 mg dm^{-3} de ST, na forma sólida, permite que esta fonte apresente pH do solo superior as formas fluidas de MAD+DEJ e MAP+H₂O, bem como as doses acima de 200 mg dm^{-3} nesta mesma tecnologia (ST) permite menor acidificação do solo quando comparado a CAMA+FOSFORITA para camada de 0-10 cm em Latossolo. Para maiores profundidades há diferença apenas entre mineral, ST, e organominerais, CAMA+FOSFORITA e MAP+DEJ na dose de 100 mg dm^{-3} na camada de 10-20cm. Nas camadas inferiores a 20 cm foi possível caracterizar valores maiores de pH do solo para todos os tratamentos sem haver significância entre eles. (Tabela 3).

Das fontes fosfatadas testadas, apenas o MAP+DEJ apresentou consistência na acidificação em ambos os solos e o Cama+Fosforita acidificou apenas no argiloso. Na profundidade de 10-20 cm, a dose de 100 foi a que obteve diferença no pH, sendo que os fertilizantes minerais apresentaram maiores valores para pH. Já menores valores de pH foram observados nos fertilizantes organominerais oque pode ser devido a oxidação da matéria orgânica, oque possivelmente resultaria neste comportamento (TEIXEIRA, 2013).

Valores de pH para Neossolo Quartzarênico distrófico (RQ) nas profundidades de 0-10 e 10-20 (Tabela 4) não houve diferença para os fertilizantes testados, ocorrendo efeito de dose linear no fertilizante mineral sólido MAP e quadrático no MAP+DEJ. Na segunda profundidade, efeitos de dose foram quadráticos para MAP, que teve seu maior crescimento na dose de 100 mg dm⁻³ e o mineral líquido, MAP+H₂O na dose de 200 mg dm⁻³ de P. O fertilizante MAP+DEJ teve características de crescimento linear no mesmo nível de significância que os demais.

Na profundidade de 20-30 cm o pH na dose 0 e 300 mg dm⁻³ de P ocorreu uma elevação do pH quando comparado com as camadas superiores e nas demais doses ele manteve-se mais ácido. Na dose de 100 mg dm⁻³ o fertilizante que teve menor pH quando comparado aos demais foi o organomineral sólido (Cama+fosforita), na dose de 200 mg dm⁻³ os organominerais sólido e líquido, Cama+Fosforita e MAP+DEJ são os fertilizantes com menor valor de pH. Essa característica pode ser influenciada pela transformação do N-NH₄⁺ do dejetos a N-NO₃⁻ no processo de nitrificação, segundo Paul et al (1997 b) é muito rápida, podendo fazer com que já a partir de 20 dias da aplicação do dejetos de suíno possa predominar N-NO₃⁻ no solo (ALMEIDA, 2000), porém como os fertilizantes organominerais tem adição do mineral, esta diminuição do pH, quando comparado a demais fontes, pode ser associada pelo fato do fertilizante ser composto tanto pela parte mineral quanto orgânica.

Teixeira (2013) em experimento de vaso utilizando organomineral, oriundo de torta de filtro, na adubação da cultura de cana de açúcar, observou que a oxidação da matéria orgânica possivelmente resultou em redução do pH, acidificando o solo. O efeito de dose quadrático foi observado nos fertilizantes organominerais tanto sólido quanto líquido, sendo que os níveis de significância foram 1% com expressão do valor na dose de 200 mg dm⁻³ e 5% com expressão na dose de 50 mg dm⁻³ respectivamente.

Na profundidade de 30-40 cm não houve diferença de pH entre os fertilizantes aplicados. Porém houve efeito de dose para o fertilizante mineral líquido, MAP+H₂O, linear e para o fertilizante organomineral sólido, Cama+Fosforita o efeito foi quadrático, com maior valor de pH na dose de 100 mg dm⁻³ de P, ambos com níveis de significância 5%.

Tabela 5. Valores de pH em Latossolo Vermelho Distroférrico (Lvd) em função da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho em quatro profundidades

Doses	Fertilizantes				
	Cama+Fosforita	MAP	MAP+DEJ	MAP+H2O	ST
pH(CaCl ₂) 0-10 cm profundidade					
0	4,8	4,9	4,8	4,8	4,8
50	4,5	4,7	4,4	4,5	4,4
100	4,6 ab ⁽¹⁾	4,8 a	4,5 b	4,5 b	4,8 a
200	4,4 c	4,7 ab	4,6 bc	4,6 bc	4,9 a
300	4,6 b	4,7 ab	4,7 ab	4,5 b	4,8 a
Ef. de doses	Q*	N.S	Q*	N.S	L*
pH (CaCl ₂) 10-20 cm profundidade					
0	4,8	4,9	4,8	4,8	4,9
50	4,7	4,8	4,8	4,6	4,8
100	4,7 b	4,9 a	4,7 b	4,7 ab	4,8 a
200	4,8	4,9	4,7	4,7	4,9
300	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9
Ef. de doses	N.S	N.S	N.S	Q*	N.S
pH (CaCl ₂) 20-30 cm profundidade					
0	5,3	5,3	5,3	5,7	5,3
50	5,3	5,3	5,3	5,2	5,3
100	5,3	5,3	5,2	5,3	5,3
200	5,3	5,3	5,2	5,3	5,4
300	5,3	5,3	5,3	5,2	5,3
Ef. de doses	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
pH (CaCl ₂) 30-40 cm profundidade					
0	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
50	5,3	5,3	5,3	5,3	5,2
100	5,3	5,3	5,3	5,3	5,4
200	5,4	5,3	5,3	5,3	5,3
300	5,3	5,4	5,4	5,3	5,3
Ef. de doses	N.S	N.S	Q** ⁽²⁾	N.S	N.S

(1) Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de T de Student a 5%. (2) L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S – não significativo. * P<0,05; ** P<0,01

Para ambos os solos estudados os valores de pH tiveram comportamento semelhante, pois os valores de pH na superfície 0-10 e 10-20 cm foram inferiores aos valores em profundidade 20-30 e 30-40 cm sendo que este fator pode ser explicado devido à dissolução dos fertilizantes fosfatados, nas doses que receberam quantidades destes fertilizantes, e a nitrificação dos nitrogenados amoniacais. Todas as doses receberam fertilizante nitrogenado no plantio e também na adubação de cobertura, sendo assim

pode haver acidificação da camada superficial do solo (BLEVINS et al., 1983; Ernani et al., 2001), a aplicação de fertilizantes nitrogenados provoca acidez no solo (SÁ, 1999; Silva et al., 2001; TEIXEIRA et al., 2001; PURQUERIO; CECÍLIO FILHO, 2005; SOUZA et al., 2006). Esses resultados são concordantes com Freire et al. (2001), Amaral e Anghinoni (2001) e Sá (1999), principalmente porque na análise inicial dos solos, as características como saturação de bases e pH são muito baixas (Tabela 1).

Tabela 6. Valores de pH em Neossolo Quartzarênico distrófico (RQ) em função da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho em quatro profundidades.

Doses	pH (CaCl ₂) 0-10 cm profundidade				
	Fertilizantes				
	Cama+Fosforita	MAP	MAP+DEJ	MAP+H ₂ O	ST
0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
50	4,6	4,7	4,6	4,8	4,6
100	4,8	4,7	4,7	4,6	5,0
200	4,8	4,6	4,6	4,8	4,9
300	4,8	4,6	4,7	4,8	5,0
Ef. de doses	N.S	L*	Q*	N.S	N.S
pH 10-20 (CaCl ₂) cm profundidade					
0	4,9	5,1	5,1	4,9	4,9
50	4,5	4,6	4,5	4,8	4,6
100	4,6	4,7	4,5	4,8	4,8
200	4,7	4,5	4,7	4,7	4,8
300	4,5	4,7	4,6	4,7	4,7
Ef. de doses	N.S	Q*	Q*	L*	N.S
pH 20-30 (CaCl ₂) cm profundidade					
0	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
50	4,9	5,0	4,9	4,9	5,1
100	4,4 b ⁽¹⁾	5,1 a	5,0 a	4,8 a	5,0 a
200	4,6 b	5,1 a	4,9 ab	4,7 b	5,1 a
300	5,2	5,2	5,0	5,0	5,2
Ef. de doses	Q** ⁽²⁾	N.S	N.S	Q*	N.S
pH (CaCl ₂) 30-40 cm profundidade					
0	5,3	5,1	5,1	4,9	5,1
50	5,0	5,3	5,3	5,0	5,2
100	5,2	5,4	5,1	5,2	5,2
200	4,9	5,3	5,0	5,2	5,2
300	5,3	5,3	5,1	5,2	5,3
Ef. de doses	Q** ⁽²⁾	N.S	N.S	L*	N.S

(1) Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de T de Student a 5%. (2) L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S – não significativo.* P<0,05; ** P<0,01

Ciotta et al. (2002) encontraram efeitos de acidificação em profundidade, em um Latossolo Bruno Alumínico câmbico, na camada superficial provavelmente relacionada com o aumento da concentração eletrolítica, e com a aplicação de fertilizantes de reação ácida, que não foram incorporados, concentrando-se na superfície do solo o efeito ácido da nitrificação do amônio (BLEVINS et al., 1983) e da dissolução dos fosfatos solúveis de cálcio (ERNANI et al., 2001) como no caso deste experimento onde foram aplicados 80 mg dm^{-3} /vaso os fertilizantes foram aplicados no vaso simulando linha de plantio, na adubação de plantio e em solução na adubação de cobertura.

Os fertilizantes minerais são constituídos por fontes distintas de N podendo ser nítrica, amoniacal e amídica, sendo que cada forma tem efeito diferenciado sobre a dinâmica do N e acidificação do solo. Já os fertilizantes orgânicos podem apresentar todas estas formas em sua composição, além da orgânica, sendo que a fração mineral solúvel em água é considerada prontamente disponível às plantas, enquanto que a forma orgânica necessita ser transformada por meio do processo de mineralização (TEDESCO et al., 1999) podendo explicar os resultados obtidos por menores valores de pH encontrados nas fontes organomineral.

A hidrólise da uréia produz hidroxilas e bicarbonatos, que reagem com o H^+ nas regiões adjacentes aos grânulos, elevando inicialmente o pH do solo em contato com a respectiva solução. Pelo processo da nitrificação, ocorre a diminuição do pH, e isso ocorreu a partir do décimo-sexto dia após a mistura dos fertilizantes com o solo (ERNANI et al., 2001). A dissociação do DAP também consome H^+ inicialmente (ERNANI; BARBER, 1990; 1991), pois algumas moléculas de HPO_4^{2-} transformam-se em H_2PO_4^- nos valores de pH comumente encontrados em solos. Com o SFT, ocorre o contrário, pois sua dissolução libera íons H^+ a partir do H_2PO_4^- (FIGUEIREDO, 1985).

A maioria dos experimentos montados em vaso, estudam o efeito do pH como um todo, pois para a análise do solo utilizam uma amostra composta do total do vaso, diferente do caso deste experimento onde foi analisado em diferentes profundidades e que encontra maior acidificação na superfície, assim não relatam a acidificação causada pelos fertilizantes (GILKES; LIM-NUNEZ, 1980). A acidificação do solo é mais pronunciada onde a relação volume solo:grânulo é menor (SILVA, 2012), à medida que aumenta a distância do grânulo, a acidificação pode ser dissipada e não causar alteração de pH corroborando resultados de Gilkes e Lim-Nunez (1980).

Silva (2012) avaliando pH do solo em secções de placa de petri utilizando fertilizantes fosfatados, avaliou que todos os fertilizantes testados provocaram diminuição no pH do solo, resultado esperado pois a composição química dos fertilizantes era a mesma. Ele observa que a redução do pH foi observada principalmente nas primeiras secções da placa de petri (0-7,75 e 7,76-13,5 mm), o solo na condição natural, a redução do pH foi de aproximadamente 2 unidade. As alterações de pH no raio próximo do grânulo são causados pela troca entre cátions dos fertilizantes e H^+ dos colóides do solo devido ao processo de nitrificação e/ou pela acidez do próprio fertilizante (LINDSAY; FRAZIER; STEPHENSON, 1962). Como as camadas superficiais, para ambos os solos apresentaram baixos valores de pH pode ser explicado pela acidez gerada pelos fertilizantes usados, em ambos os solos.

Ernani et al. (2001) estudando valores de pH do solo em experimento sem plantas, simulou o efeito dos fertilizantes sobre o pH do solo das regiões adjacentes aos grânulos, em diferentes épocas após a mistura de uma alta dose (20% em peso) de superfosfato triplo (SFT), diamônio fosfato (DAP), ou uréia em um Latossolo Bruno, verificou que a aplicação de uma alta dose de fertilizantes alterou o pH do solo. A uréia e o DAP elevaram o pH de 5,2 para 7,0 e 6,8, respectivamente, e o SFT baixou o pH para 4,0, na média das seis determinações, realizadas nos 32 primeiros dias após a mistura dos fertilizantes com o solo.

Valores de pH menores encontrados nas camadas superiores podem estar relacionado com o maior volume de raiz (Figuras 8 e 9) encontrado nessas camadas quando comparada as demais, em ambos os solos estudados e estar associado a mudanças de pH da rizosfera, que são atribuídas à extrusão e absorção de H^+ ou de HCO_3^- , respiração da raiz, liberação de exsudatos como ácidos orgânicos, açúcares, fenóis, de baixa massa molecular. Essas mudanças de pH esta relacionada com a absorção de cátions e a de ânions (Hinsinger et al., 2003; Taiz & Zeiger, 2004).

A planta absorve mais cátions que ânions, para cada cátion absorvido, uma quantidade equivalente de hidrogênio é liberada para a solução do solo, e mesmo que absorva um ânion a raiz da planta libera uma hidroxila (OH^-), sempre ocorrerá maior liberação de H^+ que acidificará o solo. Além disso, é bem conhecido o sistema de extrusão de H^+ pelas raízes das plantas (Camargo et al., 2001).

Os efeitos na saturação de bases foram semelhantes aos do pH em ambos os solos, encontrando coerência nas relações entre os índices analíticos. As profundidades superiores apresentaram valores inferiores às camadas mais profundas, esse comportamento pode ser explicado conforme o pH, devido a nitrificação das fontes de

fertilizantes adicionados. Inclusive pelo fato das amostragens não serem homogêneas, como a maioria dos trabalhos que utilizam vazo o fazem, mascarando este efeito de acidez e baixo V% em superfície.

Tabela 7. Valores de V% para Latossolo Vermelho Distroférico (Lvd) em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho nas quatro profundidades.

Doses	V% 0-10cm profundidade				
	Fertilizantes				
	Cama+Fosforita	MAP	MAP+DEJ	MAP+H2O	ST
0	46	47	46	46	47
50	40	42	44	41	39
100	44	42	45	41	46
200	43	43	44	41	47
300	44	40	41	41	46
Ef. de doses	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
V%10-20cm profundidade					
0	51	52	51	51	51
50	51	49	51	46	48
100	47	50	47	52	52
200	50	49	47	47	51
300	49	50	53	48	50
Ef. de doses	N.S	N.S	Q*(2)	N.S	N.S
V% 20-30cm profundidade					
0	61	62	61	61	62
50	59	61	58	57	59
100	61	57	61	61	60
200	61	57	59	61	58
300	60	56	58	58	55
Ef. de doses	N.S	L*(2)	N.S	N.S	L*
V% 30-40cm profundidade					
0	61	61	61	61	61
50	60	56	61	55	54
100	55	58	52	58	56
200	61	57	58	56	55
300	53	59	61	57	58
Ef. de doses	L*(2)	N.S	Q*	N.S	Q**

(1) Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de T de Student a 5%. (2) L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S – não significativo.* P<0,05; ** P<0,01

O V% inicial do Lvd era muito baixo e este (Tabela 1) e com a calagem houve elevação considerável, mesmo assim não atingiu o valor de V% indicado para cultura do milho, nas camadas superficiais, ate 20 cm (Tabela 5). No solo RQ (Tabela 6) para todos os tratamentos os valores de V% são maiores que os do Lvd, pois na análise inicial antes da

incubação do solo este já possuía um valor de V% superior quando comparado ao Lvd. O valor de saturação de base atingiu o esperado nas maiores profundidades, pois nas primeiras profundidades ocorreu maior presença de raiz e estas influenciam na absorção de bases e liberação de H⁺ diminuindo o valor de saturação por base

No Lvd na camada superficial de 0-10 cm não houve diferença significativa entre os fertilizantes testados. Na profundidade de 10-20 cm o fertilizante MAP+DEJ apresentou efeito quadrático de dose, sendo que seu pico é notado na menor dose, 50 mg dm⁻³ de fósforo. Os demais fertilizantes não proporcionaram efeito significativo de doses.

Na profundidade de 20-30 cm o valor de V% dos fertilizantes minerais sólidos, MAP e ST, tiveram crescimento linear, com 1% nível de significância. Na camada mais profunda de solo, de 30-40 cm, os fertilizantes não diferiram entre si, mas observa-se que os valores de ambos estão mais elevados que nas camadas superiores, sendo que no tratamento nos quais não houve adição de fertilizante fosfatado o V% atingiu valor de 61,45% sendo superiores aos demais tratamentos.

No solo RQ os valores de saturação por bases na superfície de 0-10 cm não diferiram entre os tratamentos nas diferentes doses. Para efeito de dose, na profundidade de 0-10 cm, os fertilizantes minerais sólidos apresentaram comportamento quadráticos. O efeito de dose no fertilizante MAP+H₂O ocorreu crescimento linear, com o mesmo nível de significância que os demais (Tabela 8).

Na profundidade de 10-20 cm na dose de 200 mg dm⁻³ de ocorreu diferença significativa entre os fertilizantes sendo que, o que apresentou menor valor de saturação de base foi o MAP. Na dose de 300 mg dm⁻³ de P o ST foi o que apresentou maior valor de V%, esse efeito pode ser associado pela presença de Ca em sua composição (SILVA, 2012), e o menor valor foi verificado no MAP sólido, podendo ser relacionado ao processo de nitrificação principalmente por ter em sua constituição N amoniacal (LINDSAY; FRAZIER; STEPHENSON, 1962). Quanto ao efeito de dose no fertilizante MAP é quadrático e no MAP+H₂O apresenta efeito linear, ambos com 5% de significância. De acordo com Terman (1971) a nitrificação dos fertilizantes NH₄-N em MAP para NO₃-N ocasiona aumento dos níveis de acidez em volta dos grânulos de fertilizantes no solo e a absorção pela raiz de NH₄-N aumenta a acidez da rizosfera, acarretando na maior dissolução do Ca-P e aumentando a disponibilidade de P do SSP (super fosfato simples) ou TSP (super fosfato triplo).

O fertilizante MAP na profundidade de 20-30 cm foi o que apresentou menor valor de saturação de bases na dose de 200 mg dm⁻³ de P e comportamento quadrático para o efeito de doses. Já na profundidade de 30-40, na mesma dose o efeito de dose linear ocorre no MAP+DEJ a 5% de significância e este quando comparado com os demais tratamentos é o que apresenta menor valor de saturação de bases.

Tabela 8. Valores de V% para Neossolo Quartzarênico distrófico (RQ) em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho nas quatro profundidades.

Doses	V% 0-10cm profundidade				
	Fertilizantes				
	Cama+Fosforita	MAP	MAP+DEJ	MAP+H2O	ST
0	66	66	66	66	66
50	53	53	52	62	54
100	60	50	49	56	58
200	59	40	54	60	55
300	57	46	48	55	61
Ef. de doses	N.S	Q* ⁽²⁾	L*	N.S	Q*
V% 10-20cm profundidade					
0	64	65	65	64	64
50	49	56	49	60	54
100	50	53	57	62	57
200	56 a ⁽¹⁾	49 b	60 a	56 a	55 a
300	53 ab	56 c	51 bc	55 abc	54 a
Ef. de doses	N.S	Q* ⁽²⁾	N.S	L*	N.S
V% 20-30cm profundidade					
0	66	66	66	66	66
50	68	61	69	63	63
100	58	57	63	64	58
200	62 ab	54 b	63 a	67 a	59 ab
300	62	63	64	56	62
Ef. de doses	N.S	Q*(2)	N.S	N.S	N.S
V% 30-40cm profundidade					
0	67	67	67	66	66
50	68	64	67	63	62
100	68	60	62	67	59
200	64 a	58 ab	52 b	66 a	61 ab
300	70	61	58	63	63
Ef. de doses	N.S	N.S	L*	N.S	N.S

(1) Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de T de Student a 5%. (2) L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S – não significativo.* P<0,05; ** P<0,01

Para ambos os solos os teores de MO não mostraram variação entre os tratamentos, ou seja pela aplicação de fertilizantes organominerais, indicando que estes fertilizantes não contribuíram para o aumento de compostos orgânicos no solo, o que pode ser

atribuído às pequenas quantidades aplicadas desses fertilizantes, calculadas para atingir os níveis de fósforo desejado (BULL et al.,1999) (Tabelas 9 e 10). Apenas no solo RQ na profundidade de 10-20 cm com a aplicação da maior dose houve diferença entre os fertilizantes no teor de MO, sendo que o que apresentou maior valor foi o mineral líquido, seguido do organomineral sólido, efeito semelhante na profundidade de 20-30 cm porém na dose de 100 mg dm⁻³ (Tabela 10). Porém valores que não são relevantes quanto ao teor de MO.

Tabela 9. Teores de Matéria Orgânica para Latossolo Vermelho Distroférico (Lvd) em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e líquido para a cultura do milho nas quatro profundidades.

Doses	MO (g dm ⁻³) 0-10cm profundidade				
	Fertilizantes				
	Cama+Fosforita	MAP	MAP+DEJ	MAP+H2O	ST
0	26	28	26	26	26
50	22	27	27	25	26
100	25	25	25	24	25
200	27	23	26	25	26
300	23	27	23	24	25
Ef. de doses	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
MO (g dm ⁻³) 10-20 cm profundidade					
0	25	25	24	25	25
50	23	25	25	25	23
100	25	29	31	24	26
200	24	25	26	20	25
300	25	26	28	21	25
Ef. de doses	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
MO (g dm ⁻³) 20-30 cm profundidade					
0	23	23	23	23	23
50	25	24	24	27	27
100	27	24	26	23	24
200	24	24	26	24	26
300	24 bc ⁽¹⁾	29 a	21 c	27 ab	26 abc
Ef. de doses	N.S	L*(2)	Q*	N.S	N.S
MO (g dm ⁻³) 30-40cm profundidade					
0	24	24	24	24	24
50	26	22	25	23	24
100	23	25	24	26	25
200	25	22	24	24	25
300	21	25	25	22	25
Ef. de doses	N.S	N.S	Q*(2)	N.S	N.S

(1) Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de T de Student a 5%. (2) L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S – não significativo.* P<0,05; ** P<0,01

Tabela 10. Teores de Matéria Orgânica para NEOSSOLO QUARTZARÊNICO distrófico (RQ) em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho nas profundidades.

Doses	MO 0-10cm profundidade				
	Fertilizantes				
	Cama+Fosforita	MAP	MAP+DEJ	MAP+H2O	ST
0	10	10	10	10	10
50	10	11	10	12	10
100	13	12	10	11	9
200	12	12	10	10	11
300	12	12	10	12	11
Ef. de doses	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
Doses	MO 10-20 cm profundidade				
	Cama+Fosforita	MAP	MAP+DEJ	MAP+H2O	ST
	0	10	10	10	10
50	10	9	11	11	12
100	12	10	10	10	12
200	11	12	11	10	10
300	12 ab ⁽¹⁾	11 bc	10 c	13 a	11 bc
Ef. de doses	L ⁽²⁾	N.S	N.S	L*	N.S
Doses	MO 20-30 cm profundidade				
	Cama+Fosforita	MAP	MAP+DEJ	MAP+H2O	ST
	0	9	11	13	9
50	9	12	9	11	10
100	9 ab	11 c	11 bc	11 c	11,04 a
200	9	13	9	11	10
300	9	12	13	13	11
Ef. de doses	N.S	N.S	N.S	N.S	Q* ⁽²⁾
Doses	MO 30-40cm profundidade				
	Cama+Fosforita	MAP	MAP+DEJ	MAP+H2O	ST
	0	11	11	11	11
50	10	11	10	10	11
100	11	11	10	10	12
200	13	11	11	11	11
300	12	11	10	10	11
Ef. de doses	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

(1) Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de T de Student a 5%. (2) L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S – não significativo.* P<0,05; ** P<0,01

Rebelatto (2013), trabalhando com fertilizantes minerais e organominerais sólidos e fluidos, em condição de sistema de plantio direto e em solos classificados com o Nitossolo e Cambissolo, ambos com padrão de fertilidade elevado tanto para fósforo quanto nitrogênio, verificou o aporte de C-orgânico em profundidade, quando a cultura implantada foi a aveia preta houve maior aporte nas profundidades de 20-40cm para Cambissolo ocasionado pelos tratamentos mineral sólido e organomineral fluido. Para a cultura do milho houve aporte de C-orgânico apenas no Cambissolo na profundidade de 40-60 cm, e os maiores teores pôde ser observado nos tratamentos onde foi aplicado fertilizante mineral

solido, organomineral sólido e mineral fluido, sendo que os menores valores obtidos foram observados pelo tratamento controle e organomineral fluido, diferente deste trabalho que não ocorreu alteração nos teores de MO.

Arruda et al.(2010) observaram que os teores de carbono orgânico no solo não foram influenciados pela adição do dejetto de suíno, assim como no presente trabalho. Este comportamento pode ter sido resultado do aumento na atividade microbiana e em maior intensidade de mineralização da matéria orgânica do solo (N'DAYEGAMIYE; CÔTÉ, 1989). Outros autores observam o aumento do C-orgânico no solo pelo uso de fertilizante orgânico (CERETTA et al., 2003; BARILLI, 2005; HATI et al.,2006; GONG et al., 2009).

6.2 Fósforo no solo

Os teores de P no solo foram alterados de acordo com as profundidades em razão da aplicação de fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas. (Tabelas 11 e 12). Estudando-se o efeito do fósforo isoladamente na profundidade de 0-10 cm, verificou-se que as doses desse nutriente aumentaram o teor de fósforo disponível em todos os solos estudados, porém em profundidade ocorre a diminuição destes teores.

Analisando a Tabela 11, observa-se que a fonte de fósforo que mais disponibilizou P ao sistema foi o MAP, que apresentou efeito linear; O ST mostrou comportamento semelhante. Na dose de 200 mg dm^{-3} de P os fertilizantes fluidos tanto organomineral quanto mineral os teores de P não diferiram entre si, e o MAP+DEJ apresentou efeito de dose linear. A Cama+Fosforita foi a fonte que menos disponibilizou P ao sistema independente da dose utilizada e não apresentou efeito de dose significativo assim como o MAP+H₂O para o efeito de dose, que difere de Rebellatto (2013) em sistema de plantio direto e em solo com boa constituição de fertilidade, onde o organomineral solido adicionado ao solo apresentou maiores valores de P em Cambissolo na camada de 40-60 cm.

Este mesmo autor ressalta que os fertilizantes fluidos, tanto mineral quanto organomineral, apresentaram valores mais altos de P disponível para a camada de 10-20 cm, diferente deste trabalho que nesta camada para ambas as fontes estudadas houve diminuição dos valores. O efeito de dose não foi significativo para a maioria das fontes, exceto para o MAP que apresentou efeito linear. Na profundidade de 20-30 cm apresentaram diferença apenas na maior dose e a fonte mineral MAP foi a que melhor disponibilizou P, os efeitos de doses foram linear para esta fonte, para o ST e Cama+Fosforita. A fonte MAP+DEJ apresentou efeito quadrático, apresentando maior valor de P disponível na dose de 100 mg dm^{-3} de P. Na

camada de 30-40 cm não houve diferença significativa entre as fontes independente das doses assim como para efeito de doses.

Tabela 11. Teores de P (mg dm^{-3}) para Latossolo Vermelho Distroférico (Lvd) em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho nas quatro profundidades.

Doses P mg dm^{-3}	0-10cm profundidade				
	Fertilizantes				
	Cama+Fosforita	MAP	MAP+DEJ	MAP+H ₂ O	ST
0	6,0	5,9	6,0	6,0	6,4
50	7,3	35,3	10,9	13,1	17,4
100	15,0	43,2	16,9	18,7	38,1
200	10,0 c ⁽¹⁾	78,2 a	39,7 bc	32,7 bc	56,3 ab
300	7,8 b	111,0 a	31,2 b	28,7 b	102,0 a
Ef. de doses	N.S	L* ⁽²⁾	L*	N.S	L**
10-20cm profundidade					
0	4,8	5,0	5,0	4,8	5,0
50	5,1	5,1	5,4	6,1	5,1
100	5,3	5,8	5,5	5,4	5,0
200	5,2 b	24,1 a	5,9 b	5,2 b	7,3 b
300	7,5 b	31,3 a	5,1 b	5,2 b	8,8 b
Ef. de doses	N.S	L**	N.S	N.S	N.S
20-30cm profundidade					
0	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
50	4,7	4,9	4,8	4,8	5,0
100	5,2	5,4	5,4	4,9	5,0
200	5,0	5,4	5,2	5,2	5,0
300	5,5 ab	5,9 a	4,6 c	5 bc	5,6 ab
Ef. de doses	L*	L* ⁽²⁾	Q*	N.S	L*
30-40cm profundidade					
0	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
50	5,2	5,0	5,4	5,4	5,3
100	4,9	5,1	5,1	5,1	4,8
200	5,2	5,1	5,1	5,2	5,5
300	5,2	5,4	5,7	5,4	5,0
Ef. de doses	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

(1) Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de T de Student a 5%. (2) L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S – não significativo.* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Analisando a Tabela 12, observa-se na camada de 0-10 cm que a fonte de fósforo que mais disponibilizou P ao sistema foi o MAP, que apresentou efeito linear para dose. Na menor dose não houve efeito significativo entre as fontes aplicadas. Tanto na dose de 100 e 200 mg dm^{-3} de P os fertilizantes minerais sólidos apresentaram alta disponibilidade de P seguido das demais fontes. Na maior dose o MAP disponibilizou maiores valores de P, seguido de ST; Os demais não diferiram entre si. Testando efeito de doses houve significância

apenas para os fertilizantes minerais sólidos e no mineral líquido, sendo efeito crescente. Na camada de 10-20 as fontes diferiram entre si apenas na maior dose, sendo que o MAP apresentou maior valor de P disponível 28,08 mg dm⁻³. Para efeito de doses MAP e ST apresentaram efeito de crescimento linear.

Tabela12. Teores de P (mg dm⁻³) para Neossolo Quartzarênico distrófico (RQ) em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho nas quatro profundidades.

Doses P mg dm ⁻³	0-10cm profundidade				
	Fertilizantes				
	Cama+Fosforita	MAP	MAP+DEJ	MAP+H2O	ST
0	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
50	5,0	28,1	7,7	5,9	36,6
100	3,8 b ⁽¹⁾	60,6 a	20,3 b	17,5 b	62,4 a
200	4,7 b	92,9 a	20,4 b	23,9 b	65,1 a
300	13,1 c	175,0 a	28,8 c	37,3 c	122,0 b
Ef. de doses	N.S	L** ⁽²⁾	N.S	L*	L**
10-20cm profundidade					
0	2,2	2,1	2,1	2,2	2,2
50	6,5	5,2	3,8	2,4	3,5
100	17,1	5,0	2,8	2,5	6,8
200	11,8	12,7	2,6	2,60	7,0
300	10,2 b	28,1 a	5,7 b	5,0 b	15,3 b
Ef. de doses	N.S	L** ⁽²⁾	N.S	N.S	L*
20-30cm profundidade					
0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
50	2,2	2,6	2,1	2,3	2,4
100	2,5	2,5	2,0	1,5	2,2
200	2,1	2,8	3,0	2,2	2,4
300	3,1 a	2,3 b	2,4 b	2,2 b	2,5 b
Ef. de doses	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
30-40cm profundidade					
0	2,0	1,9	1,9	1,8	2,3
50	2,3	2,5	2,4	2,6	2,9
100	2,3	2,6	2,3	2,2	3,2
200	2,3	2,6	2,3	2,3	2,8
300	2,1 c	3,1 ab	2,50 bc	3,60 a	2,6 bc
Ef. de doses	N.S	L*(2)	N.S	L*	N.S

(1) Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de T de Student a 5%. (2) L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S – não significativo.* P<0,05; ** P<0,01

O fertilizante organomineral na maior dose, na profundidade de 20-30 cm foi o que apresentou maior valor de P disponível 3,10 mg dm⁻³ se destacando dos demais que apresentaram valores médios entre 2,16 a 2,50 mg dm⁻³, para efeito de doses não houve significância para as fontes testadas. Na profundidade de 30-40 cm ocorreu diferença entre os

fertilizantes apenas na maior dose, sendo que o MAP+H₂O apresentou maior valor de P disponível 3,6 mg dm⁻³ e o organomineral sólido apresentou o menor valor 2,07 mg dm⁻³ dentre as fontes testadas. Efeito de dose nesta profundidade foi linear e verificado nos fertilizantes sólido e líquido na fonte MAP.

Para as condições deste experimento conduzido em vasos e ambos os solos de baixa fertilidade não houve deslocamento do P em profundidade como encontrado por Rebellato (2013) e Kovar (2006). O P proveniente dos fertilizantes minerais cuja fonte de fósforo é ST e MAP, tiveram maior liberação quando adicionado aos solos, e com isso as diferenças entre os fertilizantes minerais e organominerais foram atenuadas. Fosfatos solúveis adicionados ao solo, reagem com maior intensidade, aumentando rapidamente a fração de P disponível. Para os fertilizantes organominerais a liberação de P ocorre lentamente, pelo fato da decomposição da matéria orgânica, que necessita ser mineralizada para fornecer o nutriente da forma orgânica para a inorgânica, sendo que a fonte solúvel de P presente nos organominerais não tiveram efeito de solubilidade significativo em comparação aos minerais, principalmente verificada na fonte do organomineral sólido, Cama+Fosforita devido a fonte de P ser oriunda de fosforita.

Era esperado que ocorresse maior movimentação do P pela aplicação de fertilizantes fluidos, devido a forma solúvel que se difunde instantaneamente na solução do solo permitindo menor tempo de contato com os colóides do solo, acarretando em menor fixação, permitindo que parte deste P possa ser transportado pela percolação da água (LOMBI et al., 2004; HETTIARACHCHI et al., 2006; REBELLATTO, 2013). Porém neste estudo não ocorreu devido à ambos os solos serem pobres em fertilidade quando comparado com os trabalhos na literatura, e por ser conduzido em vaso, a colheita do milho foi antecipada, devido ao grande crescimento radicular que poderia mascarar o efeito do deslocamento do P em profundidade (REBELLATTO, 2013; KOVAR, 2006)

Teixeira (2013) adicionando fertilizante fosfatado organomineral em vaso utilizando a cultura de cana, na amostragem aos 133 dias após a adição dos fertilizantes não encontrou diferença entre as fontes minerais e orgânicas, comprovando o efeito de liberação gradual dos nutrientes proporcionado pela decomposição da MO, sendo que o P oriundo da fonte organomineral, oriundo da fração mineral, MAP, logo após aplicação do fertilizante no solo. Os fosfatos orgânicos contribuem na liberação gradativa deste nutriente ao longo tempo (CHIEN et al., 2009).

6.4 Avaliação de atributos nas plantas de milho

6.4.1 Altura de planta e diâmetro de colmo

Os valores médios de altura de planta foram diretamente influenciados pela aplicação das fontes e doses de P. Observa-se na Figura 6, no Lvd que para o solo argiloso as fontes minerais sólidas, ST e MAP as doses de P apresentaram comportamento quadrático sendo o pico na dose de 200 mg dm^{-3} de P para ambas e apresentando 29,16 e 29,78 cm respectivamente, a fonte líquida de fósforo o MAP+H₂O e as fontes organominerais, tanto líquida quanto sólida apresentaram comportamento linear e interação significativa com as fontes.

No solo arenoso RQ a fonte organomineral sólida, Cama+Fosforita, não apresentou diferença significativa. Os demais fertilizantes tanto os minerais sólidos e líquido e o organomineral líquido, as doses de P apresentaram comportamento quadrático sendo o pico na dose de 200 mg dm^{-3} de P, apresentando valores de 37,08cm para o fertilizante MAP, 25,57cm para MAPDEJ, 25,44cm para MAPLIQ e 32,92cm para ST.

Maiores valores de altura em ambos os solos foram encontrados nos tratamentos onde as fontes minerais, MAP e ST foram usadas, isso possivelmente pois estes fertilizantes são classificados como solúveis, portanto solubilizou o P mais rapidamente, conseqüentemente maior disponibilidade de P solos para as plantas de milho, justificando o maior crescimento das mesmas. Gomes et al. (2012) avaliando altura em plantas de milho aos 30 dias após emergência discorrem que o MAP na dose de 140 kg/ha foi o fertilizante mais eficaz na altura da planta.

Lucena et al. (2000) e Alves et al (2002) observaram mediante a aplicação de doses de P incrementos na produção como altura, diâmetro, produção de grãos. Gutierrez et al. (2008) cultivando milho em Latossolo Vermelho Distroférico, fertilizadas com fosfato e escória de indústria siderúrgica, observaram que a fertilização fosfatada proporcionou efeito positivo no diâmetro de caule e altura de plantas da parte aérea do milho. Trabalhos de campo, utilizando mamona, também verificaram resposta a adubação fosfatada nas características de crescimento como altura e diâmetro do caule Severino et al. (2006).

Para os valores médios de diâmetro do colmo houve efeito significativo e interação entre as doses de P e fontes de fósforo (Figura 7).

Observa-se que no solo argiloso, na Figura 7, no Lvd o fertilizante organomineral sólido e o mineral líquido apresentam crescimento linear e as demais fontes de

fósforo o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou em relação as doses de P. Nota-se que que na dose de 200 mg dm⁻³ de P os fertilizantes que foram adequados ao modelo quadrático o diâmetro foi maior. O Fertilizante MAP e ST foram os que apresentaram valores de diâmetro maiores na dose de 200 mg dm⁻³ apresentando valores de 19,24 e 18,17 respectivamente.

Na Figura 7, no RQ as fontes fluidas: mineral e orgânica, e o mineral MAP o efeito de dose se ajustou ao modelo quadrático, sendo que na dose de 200 mg dm⁻³ todos estes tiveram maiores valores de diâmetro e apresentaram valores de 15,23;14,61 e 22,59 mm respectivamente, e entre eles o MAP apresentou melhor eficiência em relação ao maior diâmetro do colmo, apresentando valores. A fonte organomineral sólida e o ST se ajustaram ao modelo de crescimento linear.

Carmo et al. (2010) avaliando o efeito de doses de fósforo no diâmetro do caule de plantas de mamona, aplicando como fonte o superfosfato simples, observaram que o aumento das doses de fósforo proporcionaram acréscimos no diâmetro de caule. Sandim (2012) avaliando doses de fósforo e diferentes fontes de corretivos da acidez do solo, relata que o aumento das doses de fósforo proporciona maior diâmetro do colmo das plantas do milho corroborando os resultados do presente estudo.

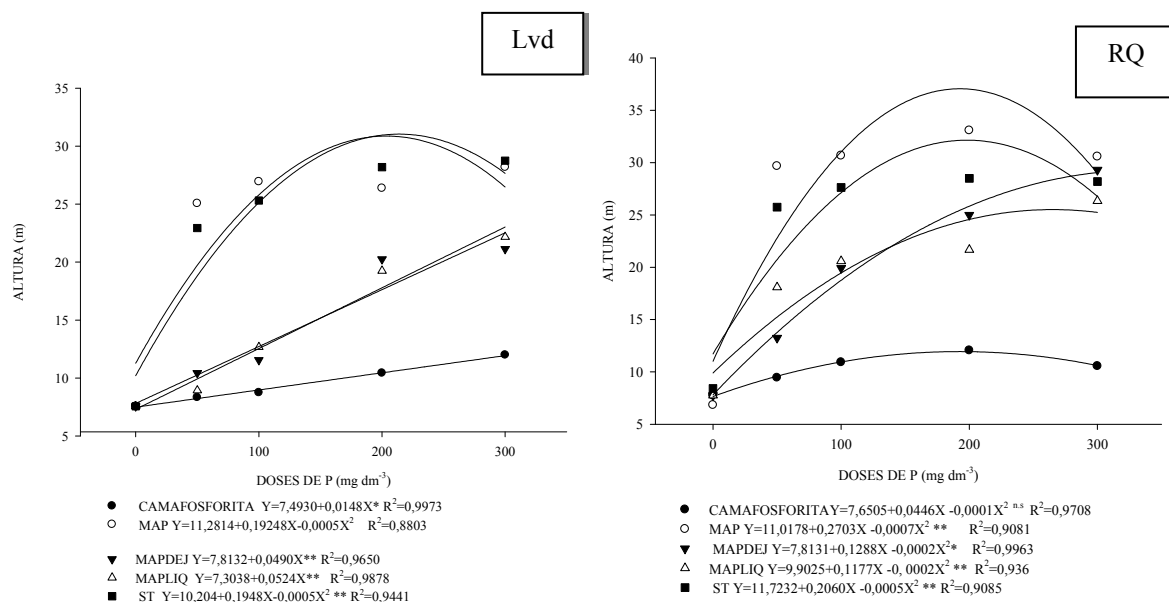


Figura 6. Altura de plantas de milho em função da aplicação de fontes e doses de P em Argissolo Vermelho distroférico -Lvd e em Neossolo Quartzarêncio – RQ.

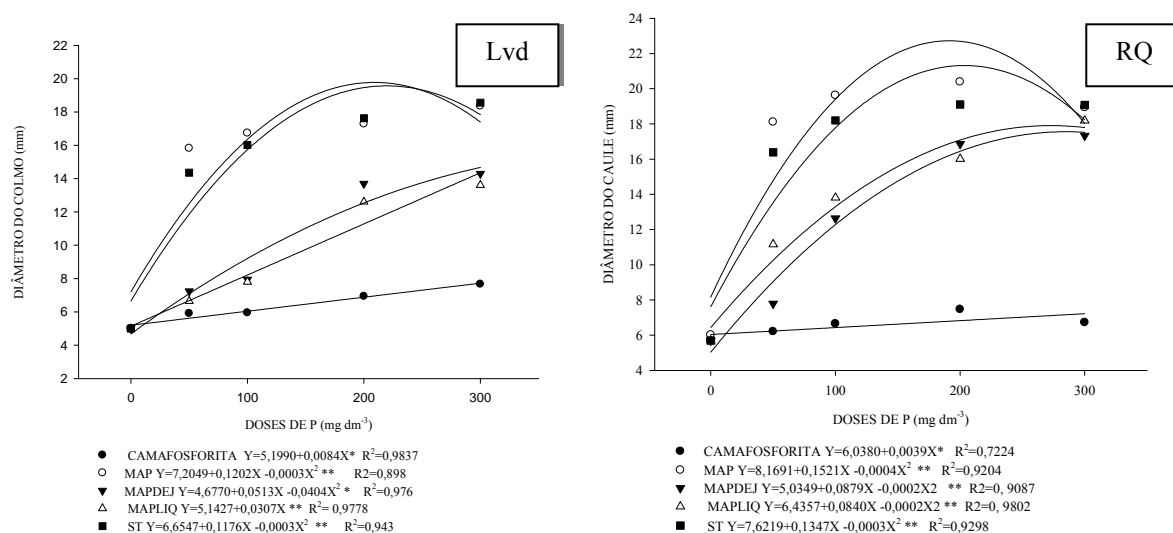


Figura 7. Diâmetro do colmo de plantas de milho em função da aplicação de fontes e doses de P em Argissolo Vermelho distroférrico -Lvd e em Neossolo Quartzarêncio – RQ.

6.4.7 Matéria seca de raiz

Ocorreu efeito da interação doses x fontes de P na produção de matéria seca das raízes das plantas de milho nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. Pode-se notar que no solo argiloso e a aplicação de P influenciou significativamente a produção de matéria seca de raiz e maiores valores podem ser encontrados nas camadas superficiais (Figuras 8 e 9), o que explica a maior acidez encontrada nestas camadas devido a maior liberação de H⁺ acarretada pela absorção dos nutrientes.

Observando-se a Figura 8, na profundidade de 0-10cm que a fonte organomineral sólida, Cama+Fosforita, e as fontes líquidas mineral e organomineral, apresentaram efeito crescente linear. Os fertilizantes minerais sólidos, MAP e ST, se ajustaram melhor ao efeito polinomial quadrático sendo que para ambos encontrou-se maior valor na dose de 200 mg dm⁻³ de P, 32,79 e 17,49 g respectivamente. Nas demais profundidades não houve efeito significativo para a fonte organomineral sólida, devido a menor disponibilidade de P originado dessa fonte. Na profundidade de 10-20 cm para o solo argiloso as fontes minerais sólidas MAP e ST, e a fonte mineral líquida MAPLIQ melhor se ajustaram no modelo polinomial quadrático, sendo expresso na dose de 200 mg dm⁻³ de P nos valores de 13,02; 6,2 e 2,52 respectivamente. O organomineral líquido se ajustou ao modelo linear.

Na profundidade de 20-30 cm os fertilizantes minerais sólidos, MAP e ST e o organomineral líquido, MAP+DEJ, apresentaram efeito quadrático, sendo o pico encontrado na dose de 200 mg dm^{-3} com valores de 6,42 e 4,21 e 3,04g respectivamente. O mineral líquido, MAP+H₂O, se ajustou ao modelo linear. Na profundidade de 30-40 cm o fertilizante MAP se ajustou ao modelo quadrático sendo seu maior valor de 4,82 g expresso na dose de 200 mg dm^{-3} de P. Os demais fertilizantes, exceto o organomineral sólido, expressaram efeito linear.

No solo arenoso (Figura 9), para todas as profundidades estudadas não houve efeito significativo para a fonte organomineral sólida, ocasionada menor disponibilidade de P devido a fonte utilizada para compor este fertilizante, a fostorita, onde não ocorreu solubilização da fonte mineral que compunha este fertilizante. Para a profundidade de 0-10 e as demais fontes usadas se ajustaram ao modelo polinomial quadrático, expressando maiores valores médios na dose de 200 mg dm^{-3} , com valores de 22,9;10,8;13,39 e 22,17g respectivamente para MAP, MAPDEJ, MAPLIQ e ST. E na profundidade de 10-20 apresentaram maiores valores na dose de 200 mg dm^{-3} , com valores de 10,08 e 13,58 para MAP e ST respectivamente. Na profundidade de 20-30 a fonte mineral líquida, MAP+H₂O não apresentou efeito significativo. As fontes minerais sólidas, MAP e ST, e a fonte organomineral líquida se ajustaram ao efeito quadrático, com valores de 9,07; 7,36 e 12,72 respectivamente. Para a profundidade de 30-40 cm observa-se efeito quadrático para todas as fontes, exceto o organomineral sólido, com máxima eficiência na dose de 200 mg dm^{-3} , apresentando valores de 8,09; 7,47; 6,02 e 6,02 para MAP, MAPDEJ, MAPLIQ e ST, respectivamente.

A fonte organomineral sólida é composta de fosforita e cama de aves, e disponibilizou menor teor de P. Estudos desenvolvidos por Klepker e Anghinoni (1996) e Rosolem (1995) citados por Crusciol et al. (2005) permitem inferir que o crescimento de raízes é maior devido a maior disponibilidade de P para as plantas, o que foi verificado no presente trabalho, onde as fontes que mais disponibilizaram fósforo como o MAP e ST são as que apresentam maiores quantidades de raízes.

Ao comparar as produções máximas de matéria seca de raízes em cada solo, observa-se que no solo arenoso, assim como ocorreu com o acúmulo de matéria seca da parte aérea, houve maior produção de matéria seca de raiz, quando comparado aos solos de textura argilosa. Esse fato pode ser atribuído devido a ocorrência de maior disponibilidade de fósforo neste solo, pois este é caracterizado com menor poder de fixação, possibilitando assim maior crescimento e acúmulo de massa de raiz.

Souza et al. (2000), também demonstraram resultados significativos da adubação fosfatada sobre a produção de massa seca do sistema radicular de *Stylosanthes guianensis*. Porém, Carneiro et al. (1999) não observaram efeito de doses de P sobre esse mesmo parâmetro.

Corrêa et al. (2008) demonstraram maior crescimento da parte aérea e sistema radicular da aveia preta em razão do incremento dos teores de P no solo, lembrando que o maior crescimento radicular em profundidade permite aumentar aquisição de água e nutrientes em razão da maior exploração de área, e quando estes nutrientes são absorvidos em maiores profundidades confere melhor distribuição do P no perfil, pois são translocados e armazenados para tecidos de raízes mais superficiais e parte aérea, sendo posteriormente mineralização em diferentes profundidades.

Plantas de *Arabidopsis* cultivadas em condições de P mineral repleto com suplementos de DNA, estimulam a proliferação de raízes quanto a maior ramificação e comprimento de raízes (PAUNGFOO- LONHIENNE et al. 2010a), além do papel de afetar a morfogênese da raiz (FORDE; WALCH- LIU 2009). Já Paungfoo-Lonhienne et al. (2008) acrescentaram proteínas ao meio de crescimento e observaram maior comprimento das raízes de *Arabidopsis*. E o maior crescimento da raiz de *Arabidopsis* e *Lobelia* foi observado na presença de glutamina (CAMBUI et al. 2011; SOPER et al. 2011), ilustrando que, as raízes apresentam respostas mensuráveis quando comparamos nutrientes inorgânicos e orgânicos e o contexto histórico mostra que o recente debate sobre nutrientes orgânicos tem longa história (ZHANG et al., 2012).

Estudos de Borie e Rubio (2003) indicaram que, em solo agrícola, os ácidos nucleicos e fosfolípidos são de origem microbiana e estão presentes em pequenas quantidades, o baixo nível possivelmente indica que estes compostos são fontes de P de ciclo rápido, entretanto pode constituir compostos importantes para nutrição de microrganismos e plantas (MAKAROV et al., 2005). A disponibilidade de P para as plantas cultivadas em solos ácidos depende em grande parte do grau com que os íons fosfato formam complexos solúveis ou são lentamente adsorvidos pelas superfícies minerais (MORA et al., 2004), o papel da fosfatase do solo é catalisar a hidrólise das ligações de éster de fosfato, o que permite ao ortofosfato ser libertado a partir de compostos orgânicos e aumentar o P biodisponível. (THIEN; MYERS, 1992; DENG; TABATABAI, 1997; RAO et al., 2000).

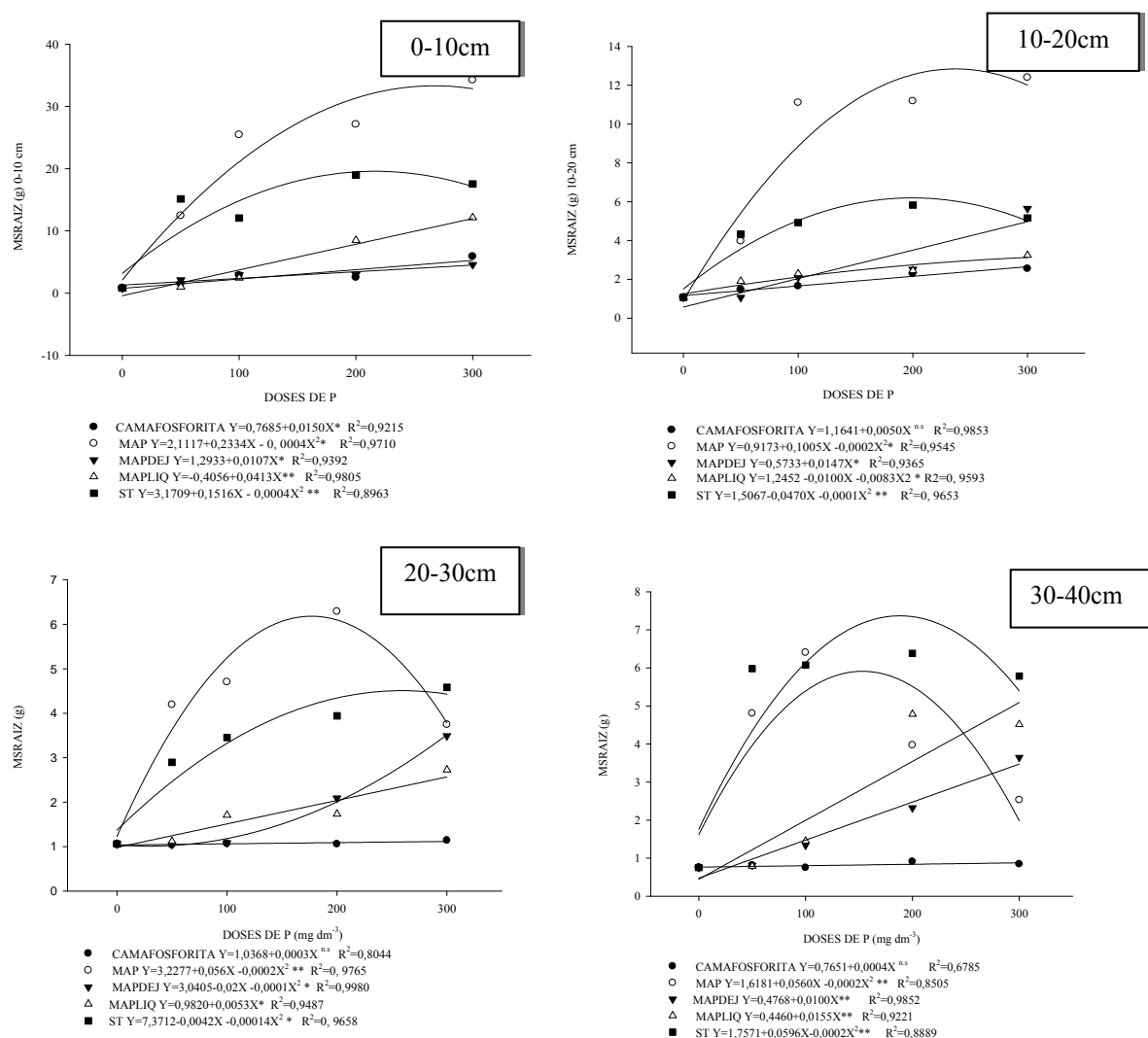


Figura 8. Matéria Seca de Raiz de plantas de milho em função da aplicação de diferentes fontes e doses de P em Argissolo Vermelho distroférrico -Lvd em quatro profundidades.

Os principais fatores que afetam a absorção de P pelas plantas são a taxa de crescimento radicular, a concentração do P na solução do solo e raio médio das raízes (ROSOLEM et al., 1994). Dessa forma, conclui-se que o maior acúmulo de P para as fontes minerais ST e MAP foi devido à maior disponibilização desse nutriente no solo, devido a sua solubilidade alta e pronta disposição do elemento as plantas de milho, o que possibilitou maior desenvolvimento do sistema radicular, aumentando a capacidade exploratória das raízes e a capacidade de aquisição de nutrientes.

Shenk e Barber (1977) baixa concentração de P no solo provoca diminuição no raio médio da raiz, Barber (1984) observou aumento no crescimento radicular

de cultivares de milho com o suprimento de P no solo esse efeito é relacionado com as cultivares (SHENK; BARBER, 1980).

Crusciol et al. (2005) cita que elementos com baixa taxa de difusão no solo, como os fosfatos, plantas com maior superfície radicular possuem maior capacidade para absorção dos nutrientes do solo (TEO et al., 1995), em virtude da proximidade entre a superfície absorviva da raiz e o nutriente ser muito importante (HARPER et al., 1991; ROSOLEM, 1995).

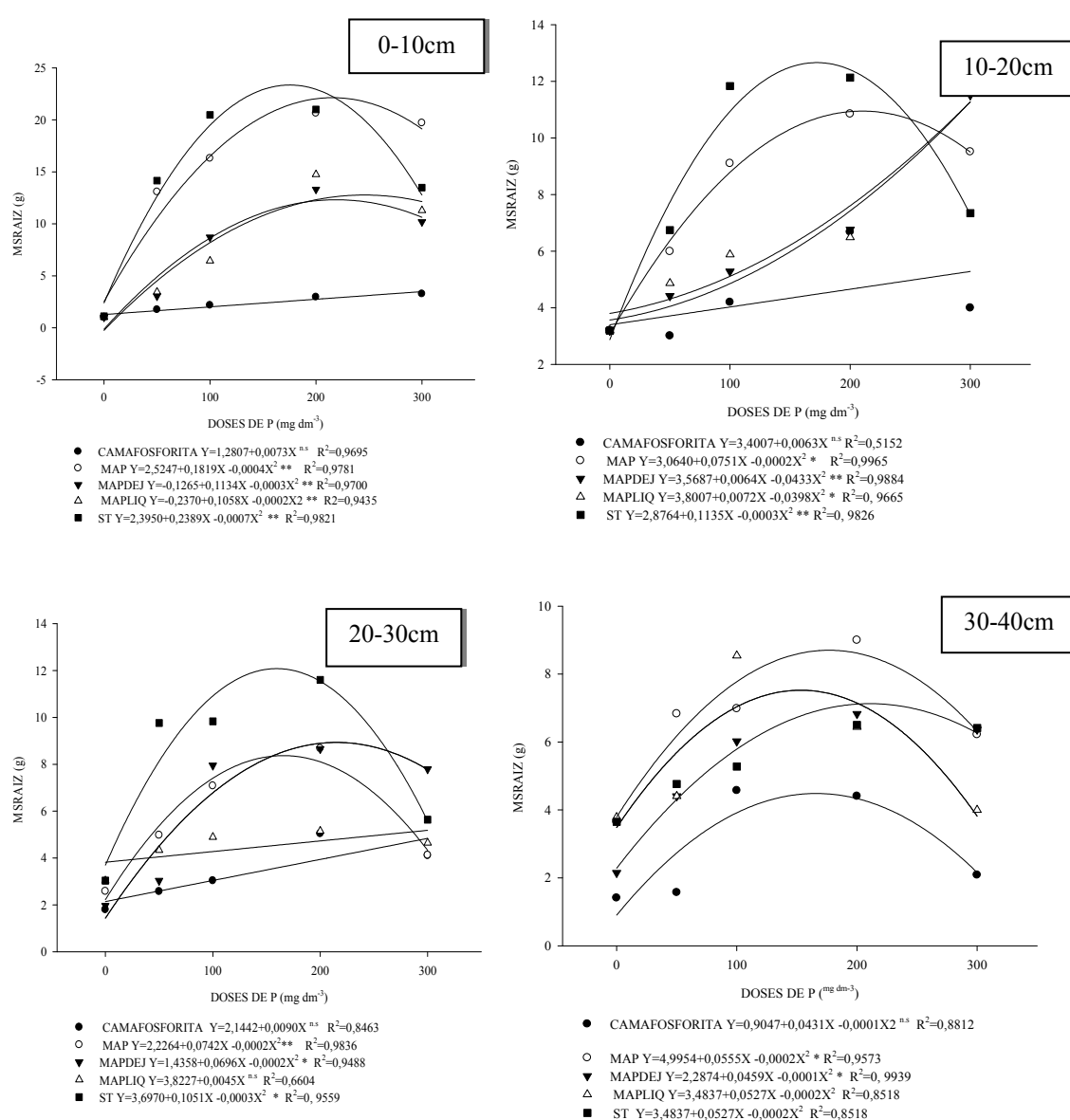


Figura 9. Matéria Seca de Raiz de plantas de milho em função da aplicação de diferentes fontes e doses de P em Neossolo Quartzarênico - RQ em quatro profundidades.

6.4.2 Matéria seca da parte aérea

A matéria seca da parte aérea foi influenciada pela interação doses de P x Fonte variando em função do solo (Figura 10) e para ambos os solos estudados a fonte organomineral sólida não houve efeito significativo entre as doses aplicadas, este efeito pode ser explicado pela baixíssima disponibilidade de P avaliado no solo em decorrência da aplicação desta fonte. O componente mineral que constitui este fertilizante orgânico é a fosforita, constituindo num fosfato tricálcio de origem sedimentar e é criptocristalina, portanto a liberação de fósforo é lenta e gradual (ARAÚJO, 2011) assim, não houve liberação de fósforo suficiente para suprir a demanda da planta. Pode-se notar que no solo argiloso, Lvd, as fontes MAP e ST apresentaram efeito de dose polinomial quadrático, sendo que na dose de 200 mg dm⁻³ ocorreu maior acúmulo de matéria seca da parte aérea (MSPA) para estas fontes, com valores de 148,2 e 144,8 g respectivamente. As fontes de fertilizantes fluidos os efeitos foram linear, sendo que quando compara as médias a fonte organomineral tem maior produção de MSPA com 69,41 g planta⁻¹ e a mineral com 60,35 g planta⁻¹.

No solo RQ o efeito de dose para a fonte organomineral fluida, MAP+DEJ se ajusta ao modelo de crescimento linear, o acúmulo da MSPA foi 127 g, na dose de 300 mg dm⁻³ de P. Os demais fertilizantes tiveram comportamento quadrático, sendo o maior acúmulo na dose de 200 mg dm⁻³ de P para as fontes minerais sólidas, MAP e ST, e fluída MAP+H₂O com valores respectivos de 213,94; 190 e 117,2 g.

As plantas que não receberam adubação fosfatada apresentaram sintomas visuais típicos de deficiência como folhas novas com coloração roxa intensa, crescimento reduzido das plantas, e se o ciclo completasse poderia haver morte completa da planta, devido a falta de P no solo. Podendo ser observado resposta na produção de matéria seca em função das doses de P. Tratando-se de solos com baixos teores de P, era de se esperar que a adubação fosfatada promovesse aumentos significativos na produção de matéria seca corroborando resultados de Sandim (2012).

Em relação às fontes de Fósforo, MAP e ST em ambos os solos estudados, proporcionaram resultados maiores que as demais e semelhantes entre eles, observando-se maior acúmulo de matéria seca da parte aérea 192 g e 165 g, respectivamente, para o solo arenoso ao acúmulo foi para a fonte MAP de 123 g e para ST de 132 g.

Avaliando os efeitos do fósforo na cultura do milho, comparando o adubo organomineral Biofós e Superfosfato Simples Tiritan et al., 2010 verificaram que a dose

que apresentou o maior rendimento na produção de matéria seca foi a de 80 mg dm⁻³ para o Superfosfato Simples e 40 mg dm⁻³ para Biofós.

Ao avaliar a alteração na disponibilidade de fósforo, através das aplicações de fosfato Corrêa (1991) verificou resposta acentuada do capim marandu em um Latossolo Vermelho-Amarelo álico, quanto à produção de massa seca, com o aumento das doses de fósforo, até o equivalente a 140 mg dm⁻³. Rossi (1995) também observou respostas na produção de massa seca desse mesmo capim até a dose de 300 mg dm⁻³ e até 700 mg dm⁻³, respectivamente para o superfosfato triplo e para o fosfato de Araxá.

Corrêa et al. (2008) relataram maior crescimento da parte aérea e sistema radicular da aveia preta em pela adição de doses de P no solo, pois maior crescimento radicular em profundidade aumentar aquisição de água e nutrientes em razão da maior exploração de área, e quando estes nutrientes são absorvidos em maiores profundidades confere melhor distribuição do P no perfil, pois são translocados e armazenados para tecidos de raízes mais superficiais e parte aérea.

Rebellatto (2012) em experimento com sistema de plantio direto obteve produções para a cultura de aveia preta, Organomineral líquido (OF) e mineral líquido (MF) em relação ao controle foram de 1982 e 951 kg ha⁻¹ em Nitossolo e de 1563 kg ha⁻¹ em Cambissolo apenas para OF, mesmo o solo estando com fertilidade construída para fósforo. Somando os dois anos agrícolas o ganho de MSPA da aveia preta para OF em Cambissolo e MF e OF em Nitossolo em relação ao controle representaram 3927, 3961 e 4782 kg ha⁻¹. Para a cultura do milho não apresentou diferença entre fertilizantes para ambos os solos, sendo que o OS e o MF, também não diferem do controle, estando o OS na condição de Cambissolo e o MF em Nitossolo.

Os trabalhos que demonstram ganhos de produtividade para a cultura do milho envolvem apenas fertilizantes orgânicos, envolvendo dejetos e suínos e cama de aves em relação ao mineral (SCHERER; NESI, 2009; SCHERER et al., 2010; CASSOL et al., 2012) onde a justificativa está relacionada ao aumento nos teores de P, K, Ca, Mg, Zn e Cu no solo, principalmente na camada de 0-10 cm em sistema plantio direto. Situação que difere do presente trabalho, em que o experimento foi conduzido em vaso, por um período curto, onde o fósforo disponível para absorção foi das fontes mais solúveis, admitindo-se assim maiores acúmulos de MSPA nas fontes MAP e ST.

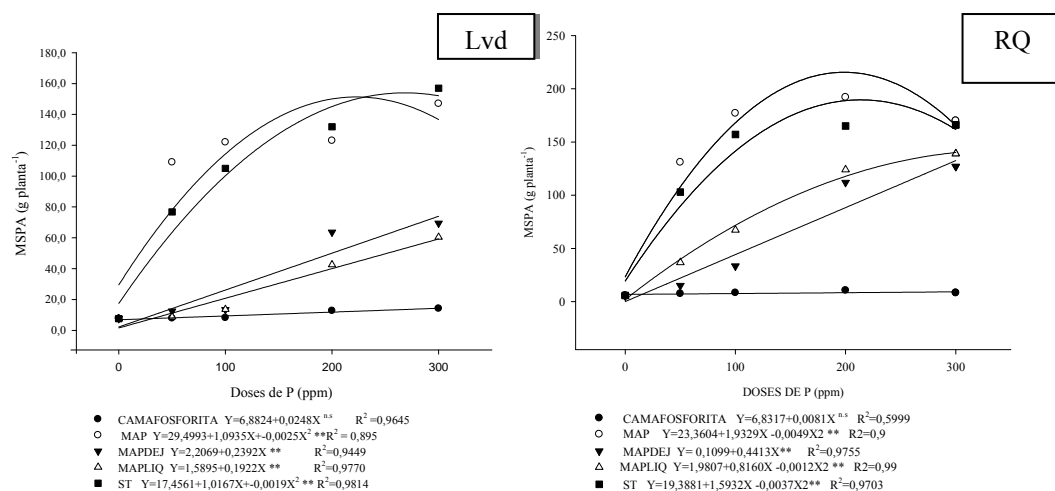


Figura 10. Matéria Seca da Parte Aérea de plantas de milho em função da aplicação de fontes e doses de P em Argissolo Vermelho distroférico -Lvd (A) e em Neossolo Quartzarênico – RQ (B).

6.4.3 Índice de Eficiência Agrônômica

Na Tabela 13 observa-se que as fontes de fósforo e as doses influenciaram o índice de eficiência agrônômica. Em ambos os solos a fonte menos eficaz tanto no acúmulo de fósforo pela planta como na produção total de biomassa foi o fertilizante organomineral sólido, o que pode ser atribuído aos baixos valores de P disponível no solo com esta fonte. Esse fertilizante é oriundo da fosforita que tem solubilidade lenta e gradual, sendo que apresenta efeito residual (SCHOLEFIELD et al., 1999; MOREIRA et al., 2002; RESENDE et al., 2006).

No solo argiloso o MAP já é eficiente na dose de 50 mg dm^{-3} de P, apresentando maior acúmulo de P nessa dose. O fertilizante organomineral líquido foi mais eficiente na dose de 200 mg dm^{-3} de P e apresentou maior acúmulo de P na maior dose. A fonte mineral líquida apresentou-se mais eficiente e maior acúmulo de fósforo na maior dose. Quando comparada as fontes líquidas o fertilizante organomineral foi mais eficiente que o mineral e em menor dose.

Resultados no solo de textura arenosa a fonte mais eficiente também e maior acúmulo de fósforo foi o MAP, assim como no argiloso na menor dose estudada. O fertilizante mineral líquido foi mais eficiente na maior dose e apresentou maior acúmulo de fósforo na dose de 200 mg dm^{-3} . O fertilizante organomineral líquido neste solo foi mais eficiente para a maior dose sendo seu maior acúmulo também nesta dose. Neste solo, quando

comparado os fertilizantes fluidos, o mineral é mais eficiente que o orgânico. Lana et al (2009) aplicando o fertilizante MAP a resposta em matéria seca da parte aérea foi maior atingindo ponto de máximo de 17,7 g/vaso com a dose de 102 kg ha⁻¹.

Dentre os solos estudados neste trabalho observam-se maiores respostas ao acúmulo de P em no solo de textura argilosa quando comparado com arenoso, corroborando resultados de Sandim (2012).

Observa-se no solo arenoso que os teores de P nas plantas de milho foram menores quando comparados ao outro solos estudado, com diminuição na concentração do nutriente na planta na maior dose de P. Isso provavelmente aconteceu devido ao efeito diluição do elemento na planta, já que este solo proporcionou maior crescimento das plantas.

Tabela 13. Índice de Eficiência Agronômica para Matéria Seca da Parte Aérea e Fósforo acumulado na planta para Latossolo Vermelho distroférico (Lvd) e Neossolo Quartzarênico distrófico (RQ) em razão da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólido e fluido para a cultura do milho.

Doses	Índice de Eficiência Agronômica (%)				
	Solo textura argilosa				
	Fertilizantes				
	Cama+Fosforita	MAP	MAP+DEJ	MAP+H2O	ST
	Matéria Seca da Parte Aérea				
50	0,4	146,5	7,0	1,7	100,0
100	0,6	117,5	6,0	6,2	100,0
200	4,1	92,8	45,0	28,2	100,0
300	4,4	93,3	41,4	35,3	100,0
	Fósforo Acumulado				
50	1,1	162,1	7,2	1,5	100,0
100	0,6	104,1	4,7	5,6	100,0
200	2,7	87,9	33,9	24,3	100,0
300	3,6	105,7	36,6	28,7	100,0
Doses	Índice de Eficiência Agronômica				
	Solo textura arenosa				
	Fertilizantes				
	Cama+Fosforita	MAP	MAP+DEJ	MAP+H2O	ST
	Matéria Seca da Parte Aérea				
50	2,3	128,8	10,1	32,3	100,0
100	2,0	128,8	10,1	32,3	100,0
200	3,4	117,0	66,8	74,3	100,0
300	1,9	102,5	75,7	83,2	100,0
	Fósforo Acumulado				
50	1,7	129,6	11,8	27,2	100,0
100	1,0	123,5	12,7	28,3	100,0
200	1,8	128,5	42,1	53,6	100,0
300	1,3	105,4	43,0	44,7	100,0

A eficiência agronômica dos fertilizantes fosfatados é influenciada pelos fatores como: solubilidade deste em água e citrato; composição química do P sólido e solúvel em água; das formas fluidas e sólidas; das reações químicas dos fertilizantes fosfatados nos solos (CHIEN et al. 2009). Já o fertilizante que apresenta melhor eficiência agronômica e acúmulo de fósforo na planta foi o MAP, sendo justificado pelo maior valor de fósforo disponível em ambos os solos estudados neste trabalho.

Os principais fatores que afetam a absorção de P pelas plantas são a taxa de crescimento radicular, a concentração do P na solução do solo e raio médio das raízes (ROSOLEM et al., 1994). Dessa forma, conclui-se que o maior acúmulo de P para as fontes minerais ST e MAP foi devido a maior disponibilização desse nutriente no solo, devido a sua solubilidade alta e pronta disposição do elemento as plantas de milho, o que possibilitou maior desenvolvimento do sistema radicular, aumentando a capacidade exploratória das raízes e a capacidade de aquisição de nutrientes.

Fontoura et al (2010) estudando aplicação de diferentes fontes de fósforo, ST, Fosfato natural em sistema de plantio direto verificaram que o ST (mais solúvel em água) é mais eficiente do que os fosfatos naturais reativos em solos tanto no efeito imediato quanto na fase residual. Corroborando com este estudo que o efeito imediato das fontes solúveis como ST e MAP foram os que tiveram melhor eficiência. A superioridade inicial do fosfato solúvel (SFT) em relação aos FNR é relatada por Oliveira Junior et al. (2008) e Scholefield et al. (1999). Entretanto, com o passar do tempo, seria esperado menor efeito residual desta fonte em comparação aos FNR, os quais apresentam solubilização lenta e gradual (SCHOLEFIELD et al., 1999; MOREIRA et al., 2002; RESENDE et al., 2006). Esse comportamento não se confirmou, pois o SFT apresentou maior efeito residual nos cultivos de trigo e cevada e não diferiu dos FNR no cultivo de milho e nas duas safras de soja.

Rebellatto verificou que os tratamentos OS, MF e OF obtiveram eficiência de 7, 7 e 1 % superior ao mineral convencional (MS) em Nitossolo para cultura do milho no ano de 2011, e em condição de Cambissolo estes mesmos tratamentos foram inferiores a forma sólida com fontes solúveis (MS), alegando que essa resposta foi devido a este solo apresentar menor profundidade efetiva (60 cm), acarretando em menor perda dos nutrientes solúveis por lixiviação, disponibilizando os nutrientes no sistema por mais tempo, assim a planta pode ter melhor aproveitamento desde que ocorra disponibilidade de água. E em 2012, o OF apresentou eficiência de 14 e 4% para Cambissolo e Nitossolo superior a

tecnologia com fertilizante na forma sólida com fontes solúveis (MS), e tratamento OS apresenta eficiência de 12% em Nitossolo, e a forma de aplicação convencional (MS) apresentou maior IEA em relação ao MF para ambos os solos e para OS na condição de no Cambissolo. Estes valores refletem os maiores teores de P encontrado em ambos os solos.

7. CONCLUSÕES

Não há aporte de matéria orgânica em ambos os solos, independente do uso de fertilizante mineral ou organomineral, tanto na forma sólida quanto fluida até a dose 300 mg dm^{-3} .

Não ocorreu a mobilidade do fósforo em profundidade.

O MAP mineral foi a fonte que apresentou maiores teores de P disponível no solo e conseqüentemente maior acúmulo na planta e maior índice de eficiência agrônômica, enquanto o organomineral sólido foi o que apresentou menores teores de fósforo no solo, menor teor acumulado na planta e menor índice de eficiência agrônômica.

A recomendação de adubação usando fertilizante organomineral com base em fosfato de rocha, fosforita, não deve ser baseada em fósforo total.

Houve efeito da classe textural do solo na eficiência agrônômica dos fertilizantes fosfatados testados..

8. REFERENCIAS

AKHTAR, M. MCCALLISTER, D. L. AND ESKRIDGE, K. M. Availability and fractionation of phosphorus in sewage sludgeamended soils. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 33(13&14): 2057-2068. 2002.

ALMEIDA, A.C.R. Uso associado de dejetos líquidos de suínos e plantas de cobertura de solo na cultura do milho. 2000, 114f. **Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.** 2000.

ALVAREZ, V. H. et al. Determinação e uso do fósforo remanescente. Boletim Informativo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.** v. 25, p. 27-32. Viçosa, 2000.

ALVES, W. A. et al. Manejo da água disponível no solo e adubação fosfatada: efeito sobre a cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande,** v. 6, n. 2, p. 247-251. 2002.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.36, n.4, p.936-941, 2001.

ANDA - **Associação Nacional para Difusão de Adubos. Estatísticas.** Disponível em: <http://www.anda.org.br/index.php?mpg=03.01.00&ver=por>. Acessado em: 10/09/2013.

ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; RAMOS, D. P. Matéria orgânica e pedogênese. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e sub-tropicais.** Porto Alegre: Gênese. p. 91-116. 1999.

ARAUJO, F. F. de Disponibilização de fósforo, correção do solo, teores foliares e rendimento de milho após a incorporação de fosfatos e lodo de curtume natural e compostado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 355-360, 2011.

ARRUDA, C.A.O.; ALVES, M.V.; MAFRA, A.L.; CASSOL, P.C.; ALBUQUERQUE, J.A. & SANTOS, J.C.P. Aplicação de dejetos suínos e estrutura de um Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ci. Agrotec.**, 34:804-809, 2010.

ASSESSORIA DE GESTÃO ESTRATÉGICA - AGE/ MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, **Projeção do agronegócio 2009/2010 a 2019/2020**. disponível em < <http://www.agricultura.gov.br/>> acesso em 10 de novembro de 2010. (agemapa)

ATIA, A.M. & MALLARINO, A.P. Agronomic and environmental soil phosphorus testing in soils receiving liquid swine manure. *SoilSci. Soc. Am.*, J. 66:1696–1705, 2002.

BAHIA FILHO, A. F. C. Índice de disponibilidade e fósforo em latossolos do Planalto Central com diferentes características texturais e mineralógicas. 1982. 178 f. **Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, MG, 1982.

BAHIA FILHO, A. F. C. et al. Relação entre adsorção de fósforo e componentes mineralógicos da fração argila de latossolo do planalto central com diferentes características texturais e mineralógicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas**, v. 7, p. 221-226, 1983.

BARILLI, J. Atributos de dejetos suínos e estrutura de um latossolo vermelho sob semeadura direta. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 4, p. 804-809, 2010.

BARBER, S.A. Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. New York: **Wiley Interscience**, 1984. p.

BARROW, N. J. Reaction of anions and cations with variable-charge soils. **Advances in Agronomy**, New York, v. 38, p. 183-230, 1985.

BERKHEISER, V. E. et al. Partitioning of inorganic orthophosphate in soil-water systems. **Critical Reviews in Environmental Control**, Gainesville, v. 10, n. 3, p. 179-224, 1980.

BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; SMITH, M.S.; FRYE, W.W. & CORNELIUS, P.L. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. **Soil Till. Res.**, 3:135-146, 1983.

BORIE, F. & RUBIO, R. Total and organic phosphorus in Chilean volcanic soils. *Gayana Bot.* 60(1): 69-78. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº05, de 23 de fevereiro de 2007. Coordenação de fertilizantes, inoculantes e corretivos (CFIC). Brasília, 43p. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Legislação de Fertilizantes, corretivos, inoculantes, substratos e contaminantes.** Coordenação de Fertilizantes, inoculantes e corretivos (CFIC). Brasília, 317p. 2008.

BÜLL, L.T.; CORRÊA, J.C.; TECCHIO, M.A. Eficiência agrônômica de fertilizante fosfatado organo-mineral obtido através de compostagem com lixo urbano. **Cultura Agrícola**, v. 5, p. 1-15, 1999.

BÜLL, L.T.; FORLI, F.; TECCHIO, M.A. & CORRÊA, J.C. Relação entre fósforo extraído por resina e resposta da cultura do alho vernalizado à adubação fosfatada em cinco solos com e sem adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2: 459-470, 1998.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.1, p.65-68, 2001.

CAMBUI, C.A.; SVENNERSTAM, H.; GRUFFMAN, L.; NORDIN, A.; GANETEG, U.; NÄSHOLM, T. Patterns of plant biomass partitioning depend on nitrogen source. **PLOS ONE** 6(4), e19211. (2011).

CASSOL, P.C.; COSTA, A.C.; CIPRANDI, O.; PANDOLFO, C.M.; ERNANI, P.R. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em Latossolo fertilizado com dejetos suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n. 6, p. 1911-1923, 2012.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S. Efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e da aplicação de fósforo no estabelecimento de forrageiras em solo degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.9, p.1669-1677, 1999.

CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R.; VIEIRA, F.C.B. Características químicas de solo sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.6, p.729-735, 2003.

CHAABANE, A. Nitrogen transfert in peatammoniacsoilplant system [Transfert de l'azotedanslesystemetourbeammoniacsolplante]. **Unpublished PhD. thesis. Quebec, Canada: Universite Laval**, Quebec. 1994.

CHIEN, S. H.; PROCHNOW, L. I.; CANTARELLA, H. Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. **Advances in Agronomy**, v. 102, p. 261-316, 2009.

CHIEN, S.H. & MENON, R.G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. **FertilizerResearch**, 41:227-234, 1995

CHIEN, S.H.; HAMMOND, L.L. Agronomic effectiveness of partially acidulated phosphate rocks as influenced by soil phosphorus-fixing capacity. **Plant and Soil**, v.120, p.159-164, 1989.

CIOTTA, M. N., BAYER, C., ERNANI, P. R., FONTOURA, S. M. V., ALBUQUERQUE, J. A. & WOBETO, C. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:1055-1064, 2002.

CORREA, J. C.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; FERNANDES, D. M.; PERES, M. G. M. Aplicacao superficial de diferentes fontes de corretivos no crescimento radicular e produtividade da aveia preta. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1583-1590, 2008.

CORREA, L. A.. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de *Brachiaria decumbens* Stapf. *Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf. Cv. marandu e *Panicum maximum* Jacq. em latossolo vermelho-amarelo. **Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Univer-sidade de São Paulo**. Piracicaba, SP. 83p. 1991.

COSTA, J. P. V.; BASTOS, A. L.; REIS, L. S.; MARTINS, G. O.; SANTOS, A. F. Difusão de fósforo em solos de Alagoas influenciada por fontes do elemento e pela umidade. **R. Ca.** 22:229-235, 2009.

CROSS, A. F.; SCHLESINGER, W. H. Aliterature review and evaluation of the Hedley fractionation: applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. **Geoderma**, Amsterdam, v. 64, n. 3/4, p. 197-214, 1995.

CRUSCIOL, C.A.C.; MAUAD, M.; ALVAREZ, R. DE C. F.; LIMA, E. DO V.; TIRITAN, C. S. Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas. **Bragantia** 64: 1-9. (2005).

CURI, N. (Coord.) Vocabulário de ciência do solo. **Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1993.

DALAL, R.C. Soil organic phosphorus. **Adv. Agron.**, 29:83-117, 1977.

DENG, S. P. AND TABATABAI, M. A. 1997. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils: III. Phosphatases and arylsulfatase. **Biol. Fertil Soils**. 24: 141-146.

EBERHARDT, D.N.; VENDRAME, P.R.S.; BECQER, T. & GUIMARÃES, M.F. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em Latossolos sob pastagens no Cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1009-1016, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. **2.ed. Rio de Janeiro**, 2006. 306p.

ENGELSTAD, O. P.; TERMAN, L. Agronomic effectiveness of phosphate fertilizers. In: KHASAWNEH, F. E. (Ed.). The role of phosphorus in agriculture. Madison: **American Society of Agronomy**, 1980. p.311-332.

EBERHARDT, D. N; VENDRAME, P. R. S.; BECQUER, T.; GUIMARÃES, M. de F. Influencia a granulimetria e da mineralogia sobre a retenção de fósforo em latossolos sob pastagem no cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1009-1016, 2008.

ERNANI, P.R.; RIBEIRO M.F.S. & BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Sci. Agric.**, 58:825-831, 2001.

ERNANI, P.R.; STECKLING, C. & BAYER, C. Características químicas de solo e rendimento de massa seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:939-946, 2001.

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.

FARDEAU, J.C. Dynamics of phosphate in soils: an isotopic outlook. **Fertility Research**, 45:91-100, 1996.

ERNANI, P.R. & BARBER, S.A. Corn growth and changes of soil and root parameters as affected by phosphate fertilizers and liming. **Pesq. Agropec. Bras.**, 26:1309-1314, 1991.

ERNANI, P.R. & BARBER, S.A. Comparison of P-availability from monocalcium and diammonium phosphates using a mechanistic nutrient uptake model. **Fert. Res.**, 22:15-20, 1990.

FIGUEIREDO, O.A.R. Reações de superfosfato triplo e de camade galinha poedeira com um solo Latossolo Bruno. (**Tese de Mestrado**) **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 1985. 85p

FONTOURA, S. M. V.; VIEIRA, R. C. B.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; MORAES, R. P. Eficiência técnica de fertilizantes fosfatados em latossolo sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:1907-1914, 2010.

FORDE, B.G; WALCH-LIU, P. Nitrate and glutamate as environmental cues for behavioural responses in plant roots. **Plant, Cell and Environment** 32, 682–93. 2009.

FREIRE, F.M.; VASCONCELLOS, C.A.; FRANÇA, G.D. Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.49-56, 2001.

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

GATIBONI, L. C. Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas. Santa Maria: UFSM, 2003. 231p. **Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria**, UFSM, Santa Maria - Rio Grande do Sul, 2003.

GEELHOED, J.S.; VAN RIEMSDIJK, W.H. & FINDENEGG, G.R. Simulation of the effect of citrate exudation from roots on the plant availability of phosphate adsorbed on goethite. **Eur. J. SoilSci.** 50, 379–390, 1999.

GILKES, R.J.; LIM-NUNEZ, R. Poorly soluble phyosphate in Australian super-phosphate – their nature and availability to plants. **Australian Journal of Soil Research**, Armidale, v. 18, n. 1, p. 85-95, 1980.

GOEDERT, W.J.; SOUZA, D.M.G. & REIN, T.A. Principios metodológicos para a avaliação agronômica de fontes de fósforo. **Planaltina: Embrapa-CPAC**, 1986. 23 p. (Documentos, 22).

GONG, W. et al. Long-term manure and fertilizer effects on soil organic matter fractions and microbes under a wheat-maize cropping system in northern China. **Geoderma**, Amsterdam, v. 149, p.318-324, 2009.

GOMES, A. J. de S.; FIORINI, I. V. A., PINHO, R. G. V.; SOUZA, V. L. de, MENDONÇA FILHO, M. A. M.; NASCIMENTO, M. S. Avaliação da Nutrição e Produtividade da Cultura do Milho sob Diferentes Doses e Fontes de Fósforo. **XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO** - Águas de Lindóia - 26 a 30 de Agosto de 2012.

GUPPY, C.N.; MENZIES, N.W.; MOODY, P. W.; BLAMEY, F.P.C Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. **Soil Research**, Melbourne, v. 43, p. 189-202, 2005.

GUTIERREZ, R. S. ; NOVELINO, J. O. ; MARCHETTI, M. E. ; Inocência, M. F. ; VITORINO, A. C. T. . Atributos de Crescimento de plantas de milho em função da fertilização com fosfato e silicato. In: Fertbio, 2008, Londrina. **Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental**, 2008.

HATI, K.M.; MANDAL, K.G.; MISRA, A.K.; GHOSH, P.K.; BANDYOPADHYAY, K.K. Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water-use efficiency of soybean in Vertisols of central India. **Bioresource Technology**, Oxford, v.97, n.16, p.2182-2188, 2006.

HAYNES, R.J. & MOKOLOBATE, M.S. Amelioration of Al toxicity and P efficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutr. Cycl.* **Agroecosys.** 59:47–63, 2001.

HAYNES, R.J. Lime and phosphate in the soil-plant system. **Adv. Agron.**, 37:249-315, 1984.

HANSEN J.C., CADE-MENUN B.J., STRAWN D.G. Phosphorus speciation in manure-amended alkaline soils. **J Environ Qual** 33: 1521–1527, 2004.

HARPER, J.L.; JONES, M.; SACKVILLE-HAMILTON, N.R. The evolution of roots and the problems of analysing their behaviour. In: ATKINSON, D. (Ed.). **Plant root growth: an ecological perspective**. Oxford: Blackwell, 1991. p.3-22.

HETTIARACHCHI, G.M., K.G. SCHECKEL, J.A. RYAN, S.R. STUTTON, and M. NEWVILLE. mu-XANES and mu-XRF investigations of metal binding mechanisms in biosolids. **J. Environ. Qual.** 35:342–351. doi:10.2134/jeq2004.0259. 2006.

HINGSTON, F. J.; POSNER, A. M.; QUIRK, J. P. Anion adsorption by goethite and gibbsite. I. The role of the proton in determining adsorption envelopes. **Journal of Soil Science, London**, v. 23, p. 177-191, 1972.

HINSINGER, P.; PLASSARD, C.; TANG, C. & JAILLARD, B. Origins of root-induced pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: A review. **Plant Soil**, 248:43-59, 2003.

IYAMUREMYE, F.; DICK, R.P. & BAHAM, J. Organic amendments and PHOSPHORUS dynamics: I. Phosphorus chemistry and sorption. **Soil Sci.** 161(7):426–435, 1996a.

IYAMUREMYE, F., DICK, R.P. & BAHAM, J. Organic amendments and phosphorus dynamics: III. **Phosphorus speciation. Soil Sci.** 161(7):444–451, 1996b.

JUNGK, A.O. Dynamics of nutrient movement at the soil-root interface. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A. & KAFKAFI, V., eds. **Plants roots: The hidden half.** New York, Marcel Dekker. p.455-482, 1991.

JONES, D.L.; DENNIS, P.G.; OWEN, A.G. & VAN HEES, P.A.W. Organic acid behavior in soils – misconceptions and knowledge gaps. **Plant Soil**, 248:31–41, 2003.

KHIARI, L., & PARENT, L. E. Phosphorus transformations in acid light-textured soils treated with dry swine manure. **Canadian J. Soil Sci.** 85(1):75-87, 2005.

KIEHL, E. J. Fertilizantes organominerais. 2. ed. Piracicaba, Degaspari, 2008. 160 p.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Crescimento radicular e aéreo do milho em vasos em função do nível de fósforo e localização do adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v.19, n.3, p. 403-408, 1996.

KOVAR J. Fall surface-applied fluid P movement into soil limits potential loss to erosion. **Fluid J** 14:14– 16. 2006.

KWABIAH, A.B.; PALM, C.A.; STOSKOPF, N.C.; VORONEY, R.P. Response of soil microbial biomass dynamic to quality of plant materials with emphasis on P availability. **Soil Biol. Biochem.** 35:207–216, 2003.

LANA, M.C.; STEINER, F.; FRANDOLOSO, J.F.; ZOZ, T.; FEY, R. Disponibilidade de fósforo e desenvolvimento do algodoeiro cv. IPR 120 em função de fontes de fósforo em diferentes solos. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v.4, n.1, 2009, 4p.

LARSEB S .Soil phosphorus. **Adv Agron** 19: 151–210, 1967.

LEE, Y. S., & R. J. BARTLETT. Stimulation of plant growth by humic substances. **SoilSci. Soc. ofAmericaJ.** 40(6):876-879. 1976.

LEHR, J. R.; FRAZIER, A. W.; SMITH, J. P. Phosphoric Acid Impurities, Precipitated Impurities in Wet-Process Phosphoric Acid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** vol. 14 issue 1 1966. p. 27-33

LINDSAY, W.L; FRAZIER, A. W.; STEPHENSON, H.F. Identification of reaction products from phosphate fertilizer in soil. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 26, n.3, p 446-452, 1962.

LOMBI, E., McLAUGHLIN, M.J., JOHNSTON, C., ARMSTRONG, R.D., & HOLLOWAY, R.E.; Mobility and lability of phosphorus from granular and fluid monoammonium phosphate differs in calcerous soil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 68, 682-689. 2004.

LUCENA, L. F. C. e tal. Respostas do milho a diferentes níveis de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 4, n. 3, p. 334-337, 2000.

MAKAROV, M. I., HAUMAIER, L., ZECH, W., MARFENINA, O. E. AND LYSAK, L. V. Can ³¹P NMR spectroscopy be used to indicate the origins of soil organic phosphates. **Soil Biol. Biochem.** 37: 15-25. 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. **2.ed. Piracicaba: Potafos**, 1997. 319p.

McBRIDE, M.B. Environmental chemistry of soils. **New York, University Press**, 406p. 1994.

MCDOWELL, R.W., STEWART, I. The phosphorus composition of contrasting soils in pastoral, native and forest management in Otago, New Zealand: sequential extraction and ³¹P NMR. **Geoderma** **130(1-2):176-189**, 2006.

MCDOWELL, R. W and CONDRON, L.M. Estimating phosphorus loss from New Zealand grassland soils, New Zealand **Journal of Agricultural Research** **47**, 137-145. 2004.

MCDOWELL, R. W and CONDRON, L.M. Influence of soil constituents on soil phosphorus sorption and desorption. **Commun. Soil. Sci. Plant Anal.** **32**: 2531-2547. 2001.

MKHABELA, M. S. AND WARMAN, P. R. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. **Agric. Ecosys. Environ.** **106**: 57-67. 2005.

MORA, M.; ALFARO, M.; WILLIAMS, P.; STEHR, W.; DEMANET, R. Effect of fertilizer input on soil acidification in relation to growth and chemical composition of a pasture, and animal production. **Revista de la Ciencia del Suelo y Nutricion Vegetal** **4**, 29-40. 2004.

MORA, M. L. AND CANALES. J. 1995a. Interactions of humic substances with allophanic compounds. **Commun. Soil. Sci. Plant Anal.** **26(17&18)**: 2805-2817.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. & MORAES, L.A.C. Eficiência de fontes e doses de fósforo na alfafa e centrosema cultivadas em Latossolo Amarelo. **Pesq. Agropec. Bras.**, **37**:1459-1466, 2002.

N'DAYEGAMIYE, A.; CÔTÉ, D. Effect of long term pig slurry and solid cattle manure application on soil chemical and biological properties. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.69, n.1, p.39-47, 1989.

NOVAIS, R. F.; KAMPRATH, E. J. Parâmetros de isoterma de adsorção de P como critério de recomendação de adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas**, v. 3, n. 1, p. 37-41, 1979.

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

OLIVEIRA JUNIOR, A.; PROCHNOW, L.I. & KLEPKER, D. Eficiência agrônômica de fosfato natural reativo na cultura da soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, **43**:623-631, 2008.

PARENT, L. E.; KHIARI, L. & PELLERIN, A. The P fertilization of potato: Increasing agronomic efficiency and decreasing environmental risk. **Acta Horticulturae**, 627:35-41, 2003

PARFITT, R. L. Anion adsorption by soils and soil materials. **Advances in Agronomy**, New York, v. 30, p. 30-50, 1978.

PAUL, E. A. ; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E. T. and COLE, C. V. 1997b Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. **CRC Press, Boca Raton**. 414 p

PAUNGFOO-LONHIENNE, C.; LONHIENNE, T. G.; MUDGE, S. R., SCHENK, P. M., CHRISTIE, M., CARROLL, B. J., and SCHMIDT, S. DNA is taken up by root hairs and pollen, and stimulates root and pollen tube growth. **Plant Physiol**. 153, 799-805. (2010a).

PAUNGFOO-LONHIENNE, C.; LONHIENNE, T.G.A.; RENTSCH, D.; ROBINSON, N.; CHRISTIE, M.; WEBB, R.I.; GAMAGE, H.K.; CARROLL, B.J.; SCHENK, P.M. & SCHMIDT, S. Plants can use protein as a nitrogen source without assistance from other organisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(11), 4524-4529.(2008).

PELLEGRINI, J.B.R. Fósforo na água e no sedimento na Microbacia Hidrográfica do Arroio Lino - Agudo- RS. (Tese de Mestrado) **Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria**, 98p. 2005.

PIERZYNSKI, G. M.; McDOWELL, R. W.; SIMS, J. T. Chemistry, cycling, and potential movement of inorganic phosphorus in soils. In: SIMS, J. T. et al. Phosphorus: agriculture and the environment. Madison: **American Society of Agronomy**, p. 53-86. 2005.

PIERZYNSKI, G. M.; SIMS, J. T.; VANCE, G. F. Soil phosphorus and environmental quality. In: PIERZYNSKI, G. M.; SIMS, J. T.; VANCE, G. F. **Soil and environmental quality**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, p. 155-208. 2000.

PYPERS, P., VERSTRAETE, S., THI, C. P. AND MERCKX, R. Changes in mineral nitrogen, phosphorus availability and salt-extractable aluminium following the application of green manure residues in two weathered soils of South Vietnam. **Soil Biol. Biochem.** 37: 163-172. 2005.

PURQUERIO, L.F.V.; CECÍLIO FILHO, A.B. Concentração de nitrogênio na solução nutritiva e número de frutos sobre a qualidade de frutos de melão. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.2, n.3, p.831-836, 2005.

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

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. (Ed.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. **Campinas: Instituto Agrônomo**, 2001. 285p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. Estimulantes. In: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed). 2. ed. Campinas: IAC. 1997. p.93-95 (**Boletim Técnico, 100**).

RAO, M. A., VIOLANTE, A. AND GIANFREDA, L. 2000. Interaction of acid phosphatase with clays, organic molecules and organo-mineral complexes: kinetic and stability. **Soil Biol. Biochem.** 32: 1007-1014.

REDDY, K. R.; WETZEL, R. G.; KADLEC, R. H. Biogeochemistry of phosphorus in wetlands. In: SIMS, J. T. et al. Phosphorus: agriculture and the environment. Madison: **American Society of Agronomy**, 263-316. 2005.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D.I.; SANTOS, J.Z.L. & CARNEIRO, L.F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, 30:453-466, 2006.

RESENDE, J. M. A. Comparação de índices de sorção de fósforo no solo. 1983. 79 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-**Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG**, 1983.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I. & FLORES, A.F. Organic and inorganic phosphorus as characterized by phosphorus-31 nuclear magnetic resonance in subtropical soils under management systems. **Comm. Soil Sci. PlantAnal.**, 33:1853-1871, 2002.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; GATIBONI, L.C. & BORTOLUZZI, E.C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:797-805, 2000.

RÖMHELD, V. & MARSCHNER, H. Plant-induced pH changes in the rhizosphere of Fe-efficient and Fe-inefficient soybean and corn cultivars. **J. Plant Nutr.**, 7:623-630, 1984.

ROSOLEM, C.A. Relações solo-planta na cultura do milho. Jaboticabal: **Funep**, 1995, 53p.

ROSOLEM, C.A.; ASSIS, J.S.; SANTIAGO, A.D. Root growth and mineral nutrition of corn hybrids as affected by phosphorus and lime. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.25 p. 2491-2499, 1994.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, 1999. p.267-319.

SAMPLE, E. C.; SOPER, R. J.; RACZ, G. J. Reactions of phosphate in soils. In.: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E. C.; KAMPRATH, E. J. (Ed.). The role of phosphorus in agriculture. **Madison: American Society of Agronomy**, 1980. chap. 11, p. 263-310.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy, New York**, v. 34, p. 280-406, 1981.

SANCHES, P. A.; UEHARA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E. J. (Ed.). The role of phosphorus in agriculture. **Madison: American Society of Agronomy**, 1980. p. 471-514.

SANDIM, A. DA S. Disponibilidade de fosforo em funcao da aplicacao de calcario e silicatos em solos oxidicos. **Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista, UNESP - Faculdade de Ciências agronomicas**, Botucatu. 99 p. 2012.

SANYAL, S. K.; DE DATTA, S. K. Chemistry of phosphorus transmutation in soil. **Advances in Soil Science**, Boca Raton, v. 16, p. 1-120, 1991.

SCHERER, E.E.; NESI, C.N. & MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:1375-1383, 2010.

SCHERER, E.E.; NESI, N.C. Características químicas de um latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. **Bragantia**. 2009; 68(3): 715-721.

SCHERER, H.W. & SHARMA, S.P. Phosphorus fractions and phosphorus delivery potential of a luvisol derived from loess amended with organic materials. **Biol. Fertil. Soils**35, 414–419, 2002.

SCHOLEFIELD, D.; SHOELDRICK, R.D.; MARTYN, T.M. & LAVENDER, R.H. A comparison of triple superphosphate and Gafsa ground rock phosphate fertilizers as P-sources for grass - clover swards on a poorly-drained acid clay soil. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.**, 53:147-155, 1999.

SEVERINO, L. S. et al. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, p. 563-568, 2006.

SHARPLEY, A. N. Soil phosphorus dynamics: agronomic and environmental impacts. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v. 5, p. 261-279, 1995.

SHENK, N.K.; BARBER, S.A. Potassium and phosphorus uptake by corn genotypes growth in the field as influenced by root characteristics. **Plant and Soil**, Dordrecht v.54, p.65-76, 1980.

SHENK, N.K.; BARBER, S.A. Root characteristics of corn genotypes as related to P uptake. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, p.921-924, 1977.

SILVA, R. C. Eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados com solubilidade variada. **Tese (doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba – 2013. 166p. 2013.

SILVA, C. A. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In: SANTOS, G. A.; et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metropole**, 2008.

SILVA, M.A.G.; BOARETTO, A.E.; FERNANDES, H.G.; BOARETTO, R.; MELO, A.M.T.; SCIVITARRO, W.B. Características químicas de um Latossolo adubado com uréia e cloreto de potássio em ambiente protegido. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.561- 566, 2001.

SINGER, J., T. KASPAR, and P. PEDERSON. Small grain cover crops for corn and soybean. **Iowa State University Extension Program**, 2005.

SOPER, F.M.; PAUNGFOO-LONHIENNE, C.; BRACKING, R.; RENTSCH, D.; SCHMIDT, S.; ROBINSON, N.. Arabidopsis and Lobelia anceps access small peptides as a nitrogen source for growth. **Functional Plant Biology** 38, 788–796. 2011.

SOUSA, D., M.G. de;LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). Fósforo na agricultura brasileira. **Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**. p.157-200. 2004.

SOUZA, Luiz Humberto et al . Efeito do pH do solo rizosférico e não rizosférico de plantas de soja inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* na absorção de boro, cobre, ferro, manganês e zinco.**Rev. Bras. Ciênc. Solo**,Viçosa ,v. 34, n. 5, Oct. 2010 .

SOUZA, T.R.; QUAGGIO, J.A.; SILVA, G.O. Dinâmica de íons e acidificação do solo nos sistemas de fertirrigação e adubação sólida na citricultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.501-505, 2006.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. **Brasília, DF: Embrapa-CPAC**, 2004. p. 147-168.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. **Informações Agrônômicas**, Planaltina, v. 102, p. 1-16. **Encarte Técnico**, 2003.

SOUZA, R.F.; PINTO, J.C.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MORAIS, A. Influência de micorriza e fósforo sobre o rendimento de matéria seca e qualidade de *Andropogon gayanus* e *Stylosanthes guianensis* cultivados em um latossolo. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.22, n.2, p.34-41, 2000.

SOUZA, J. A.; CURI, N.; GUEDES, G. A. A. Relação entre mineralogia e adsorção de fósforo em alguns latossolos sob cerrado do planalto central. **Ciência e Prática, Brasília, DF**, v. 15, p. 103-111, 1991.

SPOSITO, G. The surface chemistry of soils. **New York: Oxford University Press**234 p. , 1984.

STEWART, J.W.D. & TIESSEN, H. Dynamics of soil organic phosphorus. **Biogeochemistry**, 4:41-60, 1987.

STROM, L.; OWEN, A.G.; GODBOLD, D.L. & JONES, D.L. Organic acid mediated P mobilization in the rhizosphere and uptake by maize roots. **Soil Biol. Biochem.** 34, 703–710, 2002.

TATE, K.R. The biological transformation of P in soil. **Plant Soil** 76:245-256, 1984.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. São Paulo, Artmed, 719p. 2004.

TEDESCO, M. J. ; CAMARGO, F. A. de O.; GIANELLO, C. Resíduos orgânicos de origem agrícola, urbana e industrial. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, Brasília, 1999. **Anais** . Brasília : EMBRAPA CERRADO, 1999. CD-ROM

TEDESCO, M. J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 147 p. (**Boletim Técnico, 5**). 1995.

TEIXEIRA, Welldy Gonçalves. Biodisponibilidade de fósforo e potássio provenientes de fertilizantes mineral e organomineral. 2013. 115 f. **Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Uberlândia**, Uberlândia, 2013.

TEIXEIRA, L.A.J.; NATALE, W.; RUGGIERO, C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.684-689, 2001.

TEJADA, M.; BENITEZ, C.; GONZALEZ, J. L. Effects of Application of Two Organomineral Fertilizers on Nutrient Leaching Losses and Wheat Crop. *Agronomy Journal*, Madison, v.97, p.960-967, 2005.

TEO, Y.H.; BEYROUTY, C.A.; NORMAN, R.J.; GBUR, E.E. Nutrition uptake relationship to root characteristics of rice. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 171, p.297-302, 1995.

TERMAN, G.L; ENGELSTAD, O.P. Agronomic evaluation of fertilizers. **Muscle Shoals: National Fertilizer Development Center**, 42 p. (Bulletin, Y-21),1971.

THIEN, S. J. AND MYERS, R. Determination of bioavailable phosphorus in soil. **Soil. Sci. Soc. Am. J.** 56: 814-818. 1992.

TIESSEN, H.; STEWART, J.W.B. & COLE, C.V. Pathways of phosphorus transformation in soils of differing pedogenesis. **Soil Sci.**, 48:853-858, 1984.
TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H.; BORDINI, R. A.; FOLONI, J. S. S.; ONISHI, R. Y. Produção de matéria seca de milho em função da adubação fosfatada mineral e organomineral. **Colloquium Agrariae**, v. 6, n.1, Jan-Jun. 2010, p. 01-07. DOI: 10.5747/ca.2010.v06.n1.a044. 2010.

TISHKOVITCH, A.V.; MEYEROVSKY, A.S.; VIRYASSOV, G.P.;
OUSSYOUKEVITCH, G.A. & BARRANIKOVA, E.V. Peat as a fertilizer [in Russian].
Ed Nauka i tekhnika, Minsk, Belarus. 1983.

VERMA, S.; SUBEHIA, S.K. & SHARMA, S.P. Phosphorus fractions in an acid soil
continuously fertilized with mineral and organic fertilizers. **Biol. Fertil. Soils**41:295–300,
2005.

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.
p. 317-332. 1977.

WALKER, T W., and J. K. SYERS. The fate of phosphorus during pedogenesis.
Geoderma 15:1-19. 1976.

XU, G. et al. Assessing methods of available silicon in calcareous soils. **Communication
in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 32, n. 3, p. 787-801, 2001.

ZHANG, J .B.; ZHU, T. B.; CAI, Z. C.; QIN, S. W. & MULLER, C. Effects of long-term
repeated mineral and organic fertilizer plications on soil nitrogen transformations.
European Journal of Soil Science, 63:75–85, 2012.