



**DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO
EM DIFERENTES ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM
PARA O ARROZ INUNDADO SOB INFLUÊNCIA
DE CALCÁRIO, GESSO E ESTERCO DE CURRAL**

WATSON ROGÉRIO DE AZEVEDO

2003

WATSON ROGÉRIO DE AZEVEDO

**DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM DIFERENTES ÉPOCAS
DE AMOSTRAGEM PARA O ARROZ INUNDADO SOB INFLUÊNCIA
DE CALCÁRIO, GESSO E ESTERCO DE CURRAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Doutor".

Orientador:

Dr. Valdemar Faquin

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2003

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Azevedo, Watson Rogério de

Disponibilidade de fósforo em diferentes épocas de amostragem para o arroz inundado sob influência de calcário, gesso e esterco de curral / Watson Rogério de Azevedo. – Lavras : UFLA, 2003.

69 p. : il.

Orientador: Valdemar Faquin.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

I. Arroz, inundado. 2. Adubação. 3. Solo de várzea. 4. Fosfatase ácida. 5. Secagem. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.18895

WATSON ROGÉRIO DE AZEVEDO

**DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM DIFERENTES ÉPOCAS
DE AMOSTRAGEM PARA O ARROZ INUNDADO SOB INFLUÊNCIA
DE CALCÁRIO, GESSO E ESTERCO DE CURRAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 09 de Maio de 2003.

| | |
|---------------------------------------|---------------|
| Dr. Luiz Arnaldo Fernandes | UFMG |
| Dra. Janice Guedes de Carvalho | UFLA |
| Dr. Carlos Alberto Silva | UFLA |
| Dra. Miralda Bueno de Paula | EPAMIG |



Dr. Valdemar Faquin

UFLA

(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

Às crianças que, além das lições de sinceridade, nos ensinam sobre gestos de carinho e esperança. A você Giuliano em nome de todas elas.

DEDICO

Aos meus pais, irmãs e sobrinhos que dão um sentido especial à minha vida.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela oportunidade de realização do curso, a Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Dr. Valdemar Faquin pela oportunidade, orientação e, acima de tudo, pela sincera amizade e convívio familiar.

Ao Dr. Luiz Arnaldo Fernandes pela co-orientação, confiança, suporte para a concretização deste trabalho e sincera amizade.

A Dra Janice Guedes de Carvalho pela amizade, apoio nos momentos difíceis e valorosas sugestões.

A Dra. Miralda Bueno de Paula e Dr. Carlos Alberto Silva pela amizade e sugestões apresentadas.

Ao amigo, irmão e colaborador Antônio Claret de Oliveira Jr. Esse trabalho não estaria concluído sem a sua solidariedade e apoio incondicional.

Ao amigo Alex Teixeira de Andrade, que muito contribuiu com esse trabalho e Adriana Soares pela amizade e bons momentos compartilhados.

Aos amigos Alexandre Nasciutti, Adriana Accioly, Flávia Alcântara, Paulo Adriano, Ana Rosa, Geraldo César, Paulo Figueiredo, Luciana Botezeli e Fábio Matos que, apesar da distância física que nos separa, caminham comigo e proporcionam, cada um a sua maneira, agradável convívio.

A todo o corpo docente, discente e funcionários do Departamento de Ciência do Solo da UFLA pela convivência salutar.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| RESUMO..... | i |
| ABSTRACT..... | iii |
| CAPÍTULO 1..... | 1 |
| 1 Introdução Geral..... | 1 |
| 2 Referencial Teórico..... | 3 |
| 2.1 Características dos solos de várzea..... | 3 |
| 2.2 Dinâmica do fósforo em solos inundados..... | 4 |
| 2.3 Extratores de fósforo do solo..... | 5 |
| 2.4 Adsorção de fósforo pelo solo..... | 7 |
| 2.5 Atividade da fosfatase ácida em solos..... | 8 |
| 3 Referências Bibliográficas..... | 9 |
| CAPÍTULO 2: Calcário, gesso e esterco de curral na disponibilidade de fósforo e na produção de arroz inundado cultivado após o feijoeiro em solos de várzeas..... | 13 |
| Resumo..... | 13 |
| Abstract..... | 14 |
| 1. Introdução..... | 15 |
| 2. Material E Métodos..... | 16 |
| 3 Resultados E Discussão..... | 21 |
| 3.1 Disponibilidade de fósforo nos solos..... | 21 |
| 3.2 Produção de matéria seca de grãos, matéria seca de parte aérea, teor foliar de P, P acumulado pela planta e perfilhamento..... | 25 |
| 4. Conclusões..... | 30 |
| 5. Referências Bibliográficas..... | 31 |
| CAPÍTULO 3: Época de coleta e teor de água da amostra de solo na avaliação da disponibilidade do fósforo para arroz inundado..... | 35 |
| Resumo..... | 35 |
| Abstract..... | 36 |
| 1. Introdução..... | 37 |
| 2. Material E Métodos..... | 38 |
| 3 Resultados E Discussão..... | 40 |
| 4. Conclusões..... | 53 |
| 5. Referências Bibliográficas..... | 54 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 57 |
| ANEXOS..... | 58 |

DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE AMOSTRAGEM PARA O ARROZ INUNDADO SOB INFLUÊNCIA DE CALCÁRIO, GESSO E ESTERCO DE CURRAL

RESUMO GERAL

AZEVEDO, Watson Rogério de. Disponibilidade de fósforo em diferentes épocas de amostragem para o arroz inundado sob influência de calcário, gesso e esterco de curral. 2003. 69p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Conduziram-se, simultaneamente, quatro experimentos com os solos Neossolo Flúvico (RU), Gleissolo Háplico (GX), Gleissolo Melânico (GM) e Organossolo Mésico (OY) artificialmente drenado, com objetivo de avaliar a influência da aplicação de calcário, gesso e esterco de curral, aplicados em cultivo prévio com feijoeiro, da época de amostragem dos solos e do teor de água das amostras, na predição da disponibilidade de P, por diferentes extratores e pela fosfatase ácida, e na produção de grãos de arroz inundado. Após a colheita do feijoeiro, as repetições correspondentes a cada tratamento para cada solo foram misturadas entre si e colocadas em quatro vasos de cinco dm³ (3,2 dm³ de solo) onde foi conduzido a cultura de arroz inundado. Nessa época, aos 60 dias após a inundação e no florescimento do arroz, colheram-se subamostras para as determinações de fósforo por Mehlich 1, Resina, Bray-1 e atividade da fosfatase ácida no solo. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2: três práticas de correção do solo (calcário, gesso e sem aplicação) e dois níveis de esterco de curral (com e sem esterco de curral curtido) com quatro repetições. Os solos dos vasos permaneceram em inundação com uma lâmina de água de três cm sobre a superfície do solo. Após 60 dias de inundação foram transplantadas plântulas de arroz, sendo duas conduzidas até a maturação dos grãos. Durante o período experimental, o arroz recebeu adubação nitrogenada e potássica em cobertura. Os resultados mostraram que: 1) os extratores de P e a atividade da fosfatase ácida, usados nas amostras dos solos aerados antes do cultivo, não foram eficientes para predizer P disponível; 2) a aplicação de esterco de curral proporcionou maior disponibilidade de P, maiores produção de matéria seca de grãos e da parte aérea, teores foliares e acúmulo de P nas plantas de arroz, enquanto o calcário e o gesso não apresentaram padrão de comportamento em relação às variáveis

¹ Orientador: Dr. Valdemar Faquin - UFLA

estudadas; 3) o teor de água nas amostras, nas diferentes épocas de amostragem, estabeleceu diferentes interpretações para os teores de fósforo extraídos pelos extratores e pela atividade da fosfatase ácida para todos os solos; 4) os extratores Mehlich I, Resina e Bray I e a atividade da fosfatase ácida, em todos os solos, não foram eficientes para estimar o P disponível às plantas, nas diferentes épocas e nas práticas de manejo propostas nesse estudo.

GENERAL ABSTRACT

AZEVEDO, Watson Rogério de. Phosphorus availability for flooded rice under influence of liming, gypsum and manure, at different sampling periods. 2003. 69p. Thesis (Doctorate in Soils and Plant Nutrition) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Simultaneous experiments were carried out in four lowland soils: Alluvial, Low-Humic Gley, Humic Gley, and artificially drained Bog Soil. The main objective was to evaluate the influence of liming, gypsum and manure addition, which were applied to a previous bean crop, on the (i) extractants efficiency and acid phosphatase activity in aired soils before flooding, (ii) prediction of phosphorus (P) availability for the rice crop after flooding, and (iii) productivity of rice cultivated after bean crop. In addition, we aimed to better understand the influence of sampling period and soil water content on the recovery of available P by the extractants, and on the acid phosphatase activity. Upon bean harvest, replicates of each treatment for each soil were mixed and conditioned in five-dm³ pots, where the flooded rice was subsequently cultivated. At that time, soil samples were collected for determination of available P (by Mehlich-1, Resin, and Bray-1), remaining P, and acid phosphatase activity. The experimental design was the completely randomized one, in a factorial scheme (3x2) with four replicates: three soil amendment practices (liming, gypsum, and no amendment) and two organic residue levels (with and without manure). After sixty days of flooding, rice plants were transplanted and cultivated until grain maturity. We applied nitrogen and potassium, according to the rice crop needs, on the soil surface, and kept the soils flooded during the whole experimental period. The P availability (determined by the studied extractants) and the acid phosphatase activity, both measured in aired soils before rice cultivation, were not efficient to predict the phosphorus availability for the rice crop. The manure application increased P availability, grain and plant dry matter, P content and accumulation in the rice foliage, while liming and gypsum application did influence P availability (and accumulation) and rice crop productivity. The soil water content, at the four sampling periods, allowed establishing different interpretations for P availability, as well as for acid phosphatase activity. Notwithstanding, the studied extractants and the enzyme activity, for all the lowland soils, were not able to estimate the P availability for the rice plants, at the different sampling periods proposed in this work.

¹ Adviser: Dr. Valdemar Faquin - UFLA

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Fazendo parte da dieta básica da população brasileira, a cultura do arroz no país ocupa o terceiro lugar em área colhida e o quarto em produção. O ecossistema de várzea no Brasil representou cerca de 40% da área total sob cultivo do arroz, contribuindo com 60% da produção de 10 milhões de toneladas na safra 98/99 (EMBRAPA, 2003)

Os solos de várzeas são formados por diversos tipos de materiais oriundos dos cursos d'água, em inundações periódicas, e da erosão das encostas adjacentes ao rio. Possuem grande heterogeneidade e alta variabilidade no arranjo de suas camadas. Por permanecerem inundados em boa parte do ano, torna-se mais fácil, nesses solos, as reações de oxirredução, o acúmulo de matéria orgânica e a atividade de microrganismos anaeróbios. Dessa forma, esses solos possuem características físico-químicas peculiares, bastante diferentes dos solos de terras altas. Devido a esses fatores espera-se que o manejo racional dos mesmos priorize a proteção desse ambiente bastante frágil.

Como a maioria dos solos brasileiros, os solos de várzeas apresentam-se ácidos, com baixa fertilidade e com alta capacidade de fixação de fósforo, principalmente pela presença de óxidos de ferro mal cristalizados. Nessas condições, apesar de o fósforo ser exigido em quantidades muito inferiores ao nitrogênio e potássio, ele é o nutriente mais limitante para a produtividade dos agroecossistemas, o que implica em uma necessidade de aplicação de quantidades elevadas de fertilizantes fosfatados para suprir, não só as exigências das culturas, como também a fome do solo por P.

Fosfatos solúveis, quando adicionados ao solo, adquirem formas que dependerão da solubilidade dos compostos formados, dos cátions presentes, do

pH e do grau de intemperismo do solo. Dessa forma, poderão encontrar-se ligados ao ferro, alumínio, cálcio ou mesmo associado às frações orgânicas. O conhecimento dessas formas de P no solo pode dar-se através de soluções extratoras, as quais, ao estabelecerem uma relação entre as diferentes formas de P com o P extraído, permitem estimar a quantidade de P disponível às plantas. Isso implica em dizer que o P orgânico também deve ser considerado, pois é através da mineralização mediada por microrganismos produtores de enzimas como as fosfatases, responsáveis pela hidrólise dos compostos orgânicos de fósforo do solo, que o P orgânico é transformado em formas inorgânicas, passíveis de serem absorvidas pelas plantas.

O estudo da disponibilidade e da absorção de P pelas plantas cultivadas em solos de várzea, particularmente de arroz cultivado sob inundação, carece de informações. A inundação dos solos provoca alterações físico-químicas, que afetam a dinâmica de nutrientes, o que tem causado dificuldades para a recomendação de P para arroz inundado.

O presente trabalho teve como objetivos: 1) Avaliar, para quatro solos de várzea, os efeitos das aplicações de calcário, gesso e esterco de curral curtido, aplicados em cultivo prévio de feijoeiro, sobre a produção de arroz inundado, sobre as quantidades de P extraídos por diferentes extratores e a atividade da fosfatase ácida, usados nos solos aerados, antes da inundação, na predição da disponibilidade do P para a cultura após a inundação. 2) Avaliar a influência da época de amostragem e da secagem ou não das amostras dos solos de várzea submetidos a tratamentos de calcário, gesso e esterco de curral curtido na disponibilidade de P por diferentes extratores e pela atividade da fosfatase ácida.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características dos solos de várzea

Os solos de várzea são solos mais ou menos planos que permanecem inundados em boa parte do ano, devido à elevação do lençol freático garantido pela convergência tanto superficial quanto subsuperficial de água. Esses podem ser minerais ou orgânicos e se desenvolveram a partir de sedimentos originários da deposição de materiais, de diversas fontes, trazidos pelos cursos d'água e, ou, pelo efeito erosivo das chuvas nas encostas (Curi et al., 1988). Dependendo da classe, o solo de várzea possui um arrançamento variável das camadas, o que pode gerar uma grande amplitude quanto às suas características físico-químicas.

Por estarem com umidade excessiva por um longo período do ano, esses solos apresentam condições favoráveis à oxirredução, baixa aeração, decomposição parcial da matéria orgânica do solo e desenvolvimento de organismos anaeróbios.

Nas várzeas do Estado de Minas Gerais predominam solos, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos com a nova nomenclatura, nas classes Neossolo Flúvico (RU), Gleissolo Háplico (GX), Gleissolo Melânico (GM) e Organossolo Mésico (OY), conforme esquematizado na Figura 1.

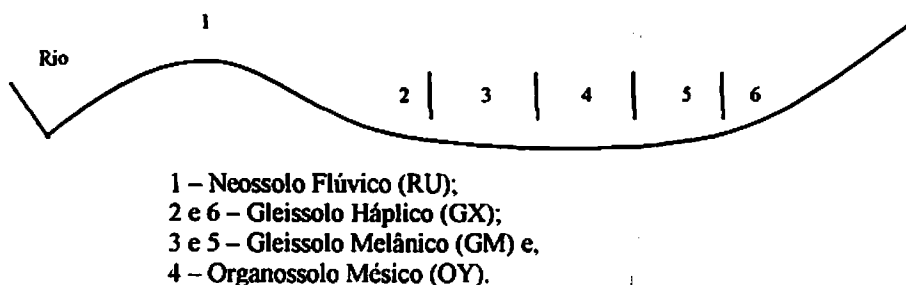


FIGURA 1. Uma seqüência bastante comum de disposição de solos, comandada pelo rio, nas várzeas.

Os Neossolos Flúvicos possuem sua gênese caracterizada pela água corrente. São solos minerais rudimentares, pouco evoluídos (Oliveira et al., 1992) e possuem características variáveis a pequenas distâncias (Curi et al., 1988).

Os Gleissolos são solos minerais, cuja gênese é determinada por água parada, os quais variam de mal a muito mal drenados e cujas características refletem as condições ambientais de intensa redução de ferro. Possuem textura variável e desuniforme ao longo do perfil e condutividade hidráulica muito baixa.

Os Organossolos, desenvolvidos a partir da acumulação de resíduos vegetais em áreas alagadiças, caracterizam-se por possuírem alto teor de carbono orgânico ($\%C \geq 8 + 0,067 \times \% \text{ de argila}$), ocupando mais de 50% dos primeiros 80 cm de profundidade, a contar da superfície (Oliveira et al., 1992; Resende et al., 1997). Segundo Curi et al. (1988), são os mais mal drenados da seqüência de solo e possuem uma elevada relação C/N. Se drenados profundamente sofrem acentuada subsidência, devido à oxidação da matéria orgânica (Oliveira et al., 1992).

2.2 Dinâmica do fósforo em solos inundados

O fósforo é reconhecidamente um dos elementos mais importantes para o metabolismo do vegetal, muito embora seja exigido em quantidades inferiores ao nitrogênio e ao potássio (Braga et al., 1997). Segundo Barber (1984), o fósforo contido no solo encontra-se na faixa de 0,02 a 0,5%, com uma média de aproximadamente 0,05%.

No solo, o ciclo do fósforo envolve reações de equilíbrio entre compostos orgânicos e inorgânicos. O fósforo lábil, que regula o fósforo da solução do solo absorvido pelas plantas, varia em função de mecanismos físico-químicos e bioquímicos, tais como a depleção de fósforo pelas raízes das

plantas, lixiviação de formas solúveis em água, imobilização e mineralização das frações orgânicas (Tate, 1984; Sanyal e De Datta, 1991).

A transformação e disponibilidade do P original do solo e do aplicado por adubos fosfatados são influenciadas pelas condições de oxirredução, o que provoca um aumento na sua disponibilidade (Patrick Jr. & Mahapatra, 1968). Em solos inundados, o comportamento do fósforo é devido à sua alta reatividade com compostos facilmente redutíveis, ou seja, em condições de oxirredução há um aumento na disponibilidade de P no solo. Tal fato é atribuído à redução do fosfato férrico a fosfato ferroso; hidrólise dos fosfatos e ânions orgânicos; deslocamento do fósforo dos fosfatos de ferro e alumínio por agentes quelantes, produzidos pela decomposição anaeróbia da matéria orgânica; liberação do fósforo nos solos calcários e fósforo liberado pela remoção da capa de óxidos de ferro hidratados (Ponnamperuma, 1972). No entanto, esse aumento da disponibilidade de P é devido ao baixo teor de P na solução. Caso o teor de P estiver na faixa entre 5 a 10 $\mu\text{g L}^{-1}$, o solo adsorverá mais P da solução que a fase mineral de solo oxidado (Patrick Jr. & Khalid, 1974).

Presente no solo nas formas orgânica e inorgânica, o fósforo dos compostos orgânicos fosfatados, sob condições de inundação, não sofre uma mineralização rápida, proporcionando ao fósforo inorgânico um papel crucial na nutrição das plantas. Por outro lado, quando essa mesma matéria orgânica é oxidada por microrganismos anaeróbios, ela fornece elétrons para a redução de alguns compostos fosfatados do solo, liberando P não lábil para P lábil (Patrick Jr. & Mahapatra, 1968).

2.3 Extratores de fósforo do solo

Historicamente, testes de solo são usados para estimar o P disponível para a planta. Esses testes usam uma variedade de métodos de extração que se

correlacionam com o crescimento e absorção de P pela planta sobre certas condições edáficas e climáticas.

Os métodos utilizados para a avaliação do P disponível em solos de terras altas têm sido usados também para solos inundados. Em solos inundados, a avaliação da disponibilidade de P é mais complexa que naqueles bem drenados. Diversos autores observaram que, após a inundação, ocorrem alterações na distribuição das diferentes frações desse nutriente no solo, aumentando geralmente a quantidade de P ligado ao Fe, o que reduz a eficiência das soluções extratoras, principalmente no caso de extratores ácidos, pouco apropriados à extração dessa forma de P (Grande, Curi & Quaggio, 1986; Raij, 1991; Motta et al., 1994). Em solos com teores mais elevados de matéria orgânica, os extratores ácidos também podem extrair elevadas quantidades de P, aparentemente de formas não disponíveis às plantas, enquanto naqueles inundados a pouca eficiência desses extratores se deve às alterações na distribuição das formas de P no solo, com aumento da quantidade de P-Fe (Grande, Curi & Quaggio, 1986).

Inicialmente proposto por Amer et al. (1955), o método de extração de P de solos pela resina trocadora de íons foi sempre considerado apenas como uma opção de pesquisa. A resina que é um produto possuidor de uma rede tridimensional de cadeias de hidrocarbonetos com grupos funcionais de amônio quaternário ($-NR_3^+ OH^-$), é considerada uma base forte e, por isso, seus grupos funcionais encontram-se dissociados em qualquer valor de pH. Essas resinas também têm a vantagem de não serem afetadas por produtos comuns usados nas análises de solo (Büll, 1989; Raij, 1991). Normalmente, saturada com bicarbonato (HCO_3^-), a resina promove a extração do P através do processo de transferência, que é possibilitada pelo equilíbrio existente entre o P lábil e o P em solução (Raij, 1991). Fazendo uma analogia com a absorção de nutrientes pelas plantas, Büll (1989) considera que à medida que o elemento vai sendo

removido da solução, a reposição acontece pela dissolução do P lábil. Tal qual no processo mencionado e, diferentemente da atuação dos extratores químicos, nenhuma ação específica sobre determinadas formas de P é observada, sendo extraídas pela resina preferencialmente as formas lábeis P-Ca, P-Fe e P-Al.

2.4 Adsorção de fósforo pelo solo

A distribuição heterogênea dos íons nos sistemas coloidais do solo é interpretada através da interação eletrostática entre seus colóides e sua fase líquida. Para a ciência do solo, a diferença da concentração de íons entre a camada dos colóides do solo e a dupla camada difusa é denominada de adsorção (Ji, 1997).

A natureza química da superfície dos colóides do solo, com carga superficial variada ou constante, é um dos principais fatores que afetam a adsorção de qualquer íon pelo solo.

Os solos ácidos, usualmente, contêm quantidades significantes de íons Mn^{2+} , Fe^{3+} e Al^{3+} solúveis e trocáveis. O íon fosfato, quando presente, é adsorvido para a superfície do colóide tendo esses íons como uma ponte. Com a fixação de fosfato há a formação de formas de P insolúveis em água e, relativamente, não disponíveis às plantas. A reação de fixação pode ocorrer entre fosfato e óxidos hidroxidos de Fe e Al ou entre minerais fosfatados e silicatados.

Nos solos inundados essa adsorção é muito dinâmica e, além de variar com o tempo de inundação, varia com as alterações ocorridas no pH, potencial redox e com a presença de compostos de ferro (Khalid, Patrick Jr. & DeLaune, 1977). Segundo Lindsay (1979), a principal causa da fixação dos fosfatos aplicados em solos inundados é atribuída aos óxidos amorfos de ferro.

A adição de resíduos orgânicos nos solos pode reduzir significativamente a adsorção de fósforo e aumentar a eficiência da fertilização fosfatada (Hue, 1990). Estudos conduzidos por Sibanda & Young (1986)

mostraram que a elevação de 1,72 para 5,2% no teor da matéria orgânica do solo provocou uma redução entre 48 a 68% na adsorção de fósforo. Andrade, Fernandes & Faquin (2002) verificaram que a adição de resíduo orgânico, calcário e gesso, em quatro solos de várzea, diminuiu a adsorção de fósforo nos quatro solos e essa diminuição foi mais significativa quando houve a aplicação conjunta do resíduo orgânico e calcário. Segundo Hue (1991), os grupos funcionais carboxílicos (COOH) dos ácidos orgânicos bloqueiam os sítios de adsorção de fósforo, tais como os óxidos de ferro e de alumínio.

Adicionado ao solo, através do resíduo orgânico e do gesso, o enxofre nos solos inundados sofre transformações predominantemente biológicas. Segundo Ponnampertuma (1972), em meios anaeróbios ocorre a redução do sulfato a sulfeto, que poderá reagir com cátions metálicos formando compostos insolúveis. Dessa forma, a adição de sulfato ao solo poderá liberar P para a solução do solo pela imobilização do ferro na forma de FeS. Outra contribuição da adição de sulfato ao solo foi dada por Alva & Sumner (1989) ao verificarem a redução dos teores de Al trocável através da complexação desse com íons sulfato.

2.5 Atividade da fosfatase ácida em solos

A hidrólise de compostos orgânicos fosfatados é catalisada pela ação enzimática. Ésteres de fosfato, presentes na matéria orgânica lábil do solo, são rapidamente mineralizados por enzimas conhecidas por fosfatases (Bowman & Cole, 1978). Essas catalisam a hidrólise de ésteres e anidridos do ácido fosfórico (Eivazi & Tabatabai, 1977). Essas enzimas são produzidas quando os teores de fósforo solúvel atingem níveis limitantes ao crescimento das plantas e microrganismos. Por outro lado, quando o teor de fósforo for alto, essas enzimas encontram-se menos presentes no solo, podendo atuar quando os teores de fósforo se tornarem novamente limitantes (Nahas, 1991).

A atividade da fosfatase está intimamente relacionada com atributos dos solos que influenciam a atividade dos microrganismos. Fernandes (1999) verificou que a matéria orgânica do solo foi o atributo que mais se correlacionou com a da fosfatase ácida em quatro solos de várzea. Diversos fatores podem afetar a atividade das fosfatases: aplicação de uréia em solos sob vegetação de floresta (Pang, 1982), aplicação de KH_2PO_4 em solos sob pastagens (Nahas et al., 1987), adição de vinhaça em doses cumulativas (Palma et al., 1988), qualidade e quantidade de resíduos vegetais incorporados ao solo (Herbien & Neal, 1990), condições de uso e aplicação de corretivos e fertilizantes (Fernandes et al., 1998), entre outros.

Na prática, a atividade da fosfatase ácida garante a utilização pelas plantas do fósforo orgânico do solo, desde que em formas hidrolisáveis, tão eficiente como a utilização do fósforo inorgânico. Além disso, a atividade da fosfatase nas plantas tem sido investigada como resposta da planta à deficiência de P (Ascencio, 1994), sendo um indicador sensível da disponibilidade de P às plantas (Fernandes, 1999).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVA, A. K.; SUMNER, M. E. Alleviation of aluminum toxicity to soybeans by phosphogypsum or calcium sulfate in dilute nutrient solutions. *Soil Science*, Baltimore, v. 147, n. 4, p. 278-285, Apr. 1989.

AMER, F.; BOULDIN, D. R.; BLACK, C. A.; DUKE, F. R. characterization of soil phosphorus by anion-exchange resin adsorption and ^{32}P equilibration. *Plant and Soil*, The Hague, v. 4, p. 391-408, 1955.

ANDRADE, A. T.; FERNANDES, L. A.; FAQUIN, V. Organic residue, limestone, gypsum and phosphorus adsorption by lowland soils. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 349-355, June 2002.

ASCENSIO, J. Acid phosphatase as a diagnostic tool. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 25, n. 9/10, p. 1553-1564, 1994.

BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability**. New York: John Wiley & Sons, 1984. 398 p.

BOWMAN, R. A.; COLE, C. V. Transformations of organic phosphorus substrates in soil are evaluated by NaHCO_3 extraction. **Soil Science**, Baltimore, v. 125, n. 1, p. 49-54, Jan. 1978.

BRAGA, M. S.; SUASSUNA, N. D.; PIRES, E. L.; OKASAKI, W. Y.; NASCIMENTO, S. A. do; FREIRE, F. J. Dinâmica de fósforo em solos da zona da mata de Pernambuco. II - Relação entre as características químicas e físicas que afetam a disponibilidade de fósforo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 1997.

BÜLL, L. T. **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. 360 p.

CURI, N.; RESENDE, M.; SANTANA, D. P. Solos de várzea de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 152., p. 3-13, Mar. 1988.

EIVAZI, F.; TABATABAI, M. A. Phosphatases in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, New York, v. 9, n. 1, p. 167-172, Jan. 1977.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultura do Arroz**. Disponível em: <www.cnpaf.embrapa.br/pesquisa/arroz.htm> Acesso em: 16 maio 2003.

FERNANDES, L. A. **Formas de alumínio, de fósforo e fosfatase ácida em solos de várzea cultivados com feijoeiro: influência de calagem e fósforo**. 1999. 111 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; GUEDES, G. A. A.; LIMA, J. M. Fósforo e atividade da fosfatase ácida em plantas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 769-778, maio 1998.

GRANDE, M. A.; CURI, N.; QUAGGIO, J. A. Disponibilidade de fósforo do solo para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 45-50, jan./abr. 1986.

HERBIEN, S. A.; NEAL, J. L. Soil pH and phosphatase activity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 21, n. 5/6, p. 436-456, 1990.

HUE, N. V. Effects of organic acids/anions on P sorption and phytoavailability in soils with different mineralogies. **Soil Science**, Baltimore, v. 152, n. 6, p. 463-471, Dec. 1991.

HUE, N. V. Interaction of $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ applied to an Oxsoil and previous sludge amendment: soil and crop response. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 21, n. 1/2, p. 61-73, 1990.

Jl, G. L. Electrostatic adsorption of anions. In: YU, T. R. **Chemistry of variable charges soils**. New York: Oxford University Press, 1997. c. 4, p. 112-139.

KHALID, R. A.; PATRICK Jr., W. H.; DeLAUNE, R. D. Phosphorus sorption characteristics flooded soils. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v. 41, n. 2, p. 305-310, Mar./Abr. 1977.

LINDSAY, W. L. **Chemical equilibria in soils**. New York: John Wiley, 1979. 449 p.

MOTTA, A. C. V.; CARVALHO, J. G.; GUEDES, G. A. A.; CURI, N. Comparação entre métodos para avaliação da disponibilidade de fósforo em solos de várzea do Estado de Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 349-365, out./dez. 1994.

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

NAHAS, J. P.; GOULD, W. D.; KLEIN, D. A. Origin and expression of phosphatase activity in a semi-arid grassland soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, n. 1, p. 13-18, 1987.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K.; CAMARGO, M. N. **Classes de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.

PALMA, M. S.; TAUKE, S. M.; RAYMUNDO Jr., O. Atividade da fosfatase ácida em Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média, tratado com vinhaça no município de Corumbataí (SP). **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 7-10, jan./abr. 1988.

PANG, P. C. K. Distribution of available nitrogen in undisturbed forest soil cores following fertilization with urea and ammonium nitrate. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 127, n. 1, p. 26-34, Jan./Feb. 1982.

PATRICK, Jr., W. H.; KHALID, R. A. Phosphorus release and sorption by soils and sediments: Effect of aerobic and anaerobic conditions. **Science**, Washington, v. 186, n. 4158, p. 53-55, Oct. 1974.

PATRICK, Jr., W. H.; MAHAPATRA, I. C. Transformation and availability to rice of nitrogen and phosphorus in waterlogged soil. **Advances in Agronomy**, London, v. 20, p. 323-359, 1968.

PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, London, v. 24, p. 29-96, 1972.

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

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 2. ed. Viçosa: NEPUT, 1997. 367 p.

SANYAL, S.; De DATTA, S. Chemistry of phosphorus transformations in soil. **Advances Soil Science**, New York, v. 16, p. 2-120. 1991.

SIBANDA, H. M.; YOUNG, S. D. Competitive adsorption of humic acids and phosphate on goethite, gibbsite in two tropical soils. **The Journal of Soil Science**, Oxford, v. 37, n. 2, p. 197-204, June 1986.

TATE, K. The biological transformation of P in soil. **Plant and Soil**, The Hague, v. 76, n. 1/3, p. 245-256, 1984.

CAPÍTULO 2

CALCÁRIO GESSO E ESTERCO DE CURRAL NA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO E NA PRODUÇÃO DE ARROZ INUNDADO CULTIVADO APÓS O FEIJOEIRO EM SOLOS DE VÁRZEA

RESUMO

AZEVEDO, Watson Rogério de. Calcário, gesso e esterco de curral na disponibilidade de fósforo e na produção de arroz inundado cultivado após o feijoeiro em solos de várzea. 2003. Cap. 2, 22 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Conduziram-se simultaneamente quatro experimentos com os solos Neossolo Flúvico (RU), Gleissolo Háptico (GX), Gleissolo Melânico (GM) e Organossolo Mésico (OY) artificialmente drenado, com objetivo de avaliar a influência da aplicação de calcário, gesso e esterco de curral curtido, aplicados em cultivo prévio de feijoeiro, na eficiência de extratores e da fosfatase ácida, usados em solos aerados, antes da inundação, na predição da disponibilidade do P após a inundação e na produção de arroz cultivado após o feijoeiro. Após a colheita do feijoeiro, as cinco repetições correspondentes a cada tratamento para cada solo foram misturadas entre si e colocadas em vasos de cinco dm³ (3,2 dm³ de solo) onde foi conduzido o presente experimento de arroz inundado. Nessa época colheram-se subamostras para as determinações de fósforo por Mehlich-1, Resina, Bray-1, fósforo remanescente e atividade da fosfatase ácida no solo. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2: três práticas de correção do solo (calcário, gesso e sem corretivo) e dois níveis de esterco de curral curtido (com e sem) com quatro repetições. Os solos dos vasos permaneceram em inundação com uma lâmina de água de três cm sobre a superfície do solo. Após 60 dias de inundação foram transplantadas plântulas de arroz e conduzidas até a maturação dos grãos. Durante o período experimental, o arroz recebeu adubação nitrogenada e potássica em cobertura. Os extratores de P e a atividade da fosfatase ácida, usados nos solos aerados antes do cultivo, não foram eficientes para predizer P disponível. A aplicação de esterco de curral curtido proporcionou maior disponibilidade de P, maiores produção de matéria seca de grãos e parte aérea, acúmulo e teores foliares nas plantas de arroz, enquanto o calcário e o gesso não tiveram padrão de comportamento em relação às variáveis estudadas.

¹ Orientador: Dr. Valdemar Faquin - UFLA

ABSTRACT

AZEVEDO, Watson Rogério de. Lime, Gypsum and manure on phosphorus availability and flooded rice crop production cultivated after bean crop in waterlogged soils. 2003. Chap. 2, 22 p. Thesis (Doctorate in Soils and Plant Nutrition) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Four experiments were simultaneously carried out in distinct waterlogged soils: Alluvial, Low-Humic Gley, Humic Gley, and artificially drained Bog Soil. Our objective was to evaluate the influence of liming, gypsum and manure addition, which were applied to a previous bean crop, on the (i) extractants efficiency and acid phosphatase activity in aired soils before flooding, (ii) prediction of phosphorus (P) availability for the rice crop after flooding, and (iii) productivity of rice cultivated after bean crop. Upon bean harvest, replicates of each treatment for each soil were mixed and conditioned in five-dm³ pots, where the flooded rice was subsequently cultivated. At that time, soil samples were collected for determination of available P (by Mehlich-1, Resin, and Bray-1), remaining P, and acid phosphatase activity. The experimental design was the completely randomized one, with four replicates and a factorial scheme (3x2): three soil amendment practices (liming, gypsum, and no amendment) and two manure levels (with and without manure). After sixty days of flooding, rice plants were transplanted and cultivated until grain maturity. We applied nitrogen and potassium, according to the rice crop needs, on the soil surface, and kept the soils flooded during the whole experimental period. The available P (determined by all the extractants), as well as the acid phosphatase activity, both measured in aired soils before rice cultivation, were not efficient to predict the phosphorus availability for the rice crop in any soil. The manure application increased P availability, grain and plant dry matter, and phosphorus content and accumulation in the rice foliage. However, liming and gypsum application did not show a consistent and relevant influence on P availability (and accumulation), and on the rice crop productivity.

¹ Adviser: Dr. Valdecmar Faquin

1 INTRODUÇÃO

O fósforo, adicionado ao solo pela fertilização das culturas, representa um custo variável significativo e grande parte dele fica retido no solo sob diferentes formas. É provável que o efeito residual do nutriente, principalmente para o arroz inundado, como cultura subsequente, seja uma contribuição importante na eficiência e economia da adubação fosfatada.

Efeitos residuais positivos da aplicação de P são observados para diversas culturas. Para avaliar essa disponibilidade de P às plantas, diversos métodos foram desenvolvidos dentro do princípio de que o extrator deve remover o fósforo combinado com Ca, Fe e Al em proporções similares ao absorvido pelas plantas. As metodologias existentes procuram reproduzir a capacidade das plantas em absorver o elemento, mas não há preocupação quanto ao composto ou fração presente no solo do qual o elemento é originado (Mehlich, 1978).

Nos solos que sofrem ciclos de umedecimento e drenagem, como os solos de várzea, a avaliação da disponibilidade de P utiliza as mesmas metodologias aplicadas aos solos de terras altas. No entanto, essa avaliação mostra-se mais complexa que em solos bem drenados, pois as reações de redução, hidrólise e solubilização de diversos compostos afetam o teor de P em solução (Lindsay, 1979). Grande et al. (1986), testando a disponibilidade de P pelos extratores Mehlich 1 e Resina, em ensaios com arroz inundado, verificaram a pouca eficiência do Mehlich-1 na predição do P disponível e confirmaram a adequabilidade da resina para essa condição de cultivo de solo.

Além do P extraído do solo por diferentes extratores, a predição da disponibilidade desse nutriente às plantas também pode ser aferida pela atividade da fosfatase ácida. Essas são enzimas que catalisam a hidrólise de ésteres e anidridos do ácido fosfórico, cujo mecanismo faz com que moléculas

orgânicas fosfatadas sofram clivagem liberando álcool e ácido fosfórico. Segundo Nahas (1991) e Duff et al. (1994), estruturas químicas presentes na matéria orgânica, tais como etilfosfato e glicerolfosfato, garantem que a enzima atue em diversos substratos. Além disso, essas enzimas têm suas atividades aumentadas à medida que a disponibilidade de P para as plantas e a população de microrganismos do solo são reduzidas, mostrando-se um indicador sensível da biodisponibilidade de P às plantas (Fernandes, 1999).

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos das aplicações de calcário, gesso e esterco de curral curtido sobre a produção de arroz e sobre as quantidades de P extraídos pelas soluções de Mehlich-1, Bray-1, pela Resina e sobre a atividade da fosfatase ácida nos solos aerados antes da inundação para a cultura após a inundação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos, simultaneamente, quatro experimentos, em condições de casa-de-vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, utilizando-se vasos plásticos com volume de cinco dm³ e com 3,2 dm³ de solo por vaso. Cultivaram-se plantas de arroz (*Oriza sativa* L. cv. Rio Grande) sob inundação, no período de dezembro de 2000 a maio 2001, em amostras da camada superficial (0-20cm) de quatro classes solos de várzea: Neossolo Flúvico (RU), Gleissolo Háptico (GX), Gleissolo Melânico (GM) e Organossolo Mésico (OY) artificialmente drenado e não sistematizado. As análises dos atributos químicos, físicos e mineralógicos das amostras naturais desses solos encontram-se na Tabela 1.

O cultivo de arroz inundado, subsequente ao cultivo de feijoeiro, foi realizado em quatro solos de várzea, os quais receberam aplicação de calcário,

gesso e esterco de curral curtido, objetivando avaliar o aproveitamento do P pela cultura (Andrade, 2001). No experimento com feijoeiro, em cada um dos quatro solos, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2, sendo três práticas de correção da acidez (calcário, gesso e sem adição de calcário e gesso) e dois níveis de esterco de curral curtido (com e sem), com cinco repetições. O esterco de curral curtido foi seco a 60°C e moído (peneira de 1 mm²) e adicionado na dose de 0,3 dm³ vaso⁻¹, o que correspondeu a 10% do volume total do solo (3 dm³) do vaso. A caracterização do esterco de curral curtido é apresentada na Tabela 2. Os solos dos vasos com e sem esterco de curral curtido foram incubados por 60 dias, com umidade correspondente à capacidade de campo.

Após esse período, os solos foram secos e receberam os tratamentos com calcário e gesso. O calcário constituiu-se da mistura de carbonato de cálcio e de magnésio p.a., na relação 4:1, que foram aplicados para elevar a saturação por bases a 70%, sendo as doses estabelecidas após a determinação das curvas de neutralização para esses solos (Azevedo, 1999). As doses de calcário foram de 4,4; 2,7; 7,3 e 3,5 Mg ha⁻¹ para os solos RU, GX, GM e OY, respectivamente. As doses de gesso (CaSO₄.4H₂O p.a.) foram calculadas visando aplicar a quantidade equivalente de Ca presente na dose de calcário, para cada solo. Para evitar um desequilíbrio nutricional nas plantas de feijoeiro, os tratamentos com gesso também receberam uma quantidade de Mg equivalente àquela aplicada com calcário, na forma de MgSO₄. 7H₂O p.a.. Os solos dos vasos dos tratamentos com calcário, gesso e sem corretivo foram incubadas por 30 dias, com umidade do solo correspondente à capacidade de campo.

Após o período de incubação dos solos nos vasos com a aplicação de calcário e gesso, as amostras foram secas e aplicaram-se as doses de fósforo necessárias para 90% da produção máxima de feijoeiro, que corresponderam a

345, 359, 460 e 299 mg dm⁻³ de P para os solos RU, GX, GM e OY, respectivamente, de acordo com Fernandes et al. (2000).

TABELA 1. Composição química física e mineralógica dos solos utilizados no experimento sob condições naturais (média de 3 repetições)

| Químicos | | | | | | | | | | | | |
|----------|------------------|----------------|----------------|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-------------------|-----|-----|------|
| Solo | PH ¹ | P ¹ | K ¹ | PRm ² | CMAP ² | Ca ¹ | Mg ¹ | Al ¹ | H+Al ¹ | T | m | V |
| | H ₂ O | | | mg dm ⁻³ | | | | mmol _c dm ⁻³ | | | --- | %--- |
| RU | 4,7 | 3 | 103 | 27,33 | 689 | 27 | 11 | 2 | 45 | 86 | 5 | 47 |
| GX | 4,5 | 3 | 36 | 28,00 | 648 | 6 | 2 | 11 | 63 | 72 | 55 | 12 |
| GM | 4,7 | 6 | 51 | 1,77 | 2404 | 7 | 2 | 16 | 137 | 150 | 61 | 7 |
| OY | 4,6 | 8 | 76 | 16,40 | 1051 | 16 | 12 | 9 | 98 | 130 | 23 | 23 |

| Físicos | | | | | | | | |
|---------|---------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------------------|
| | Areia grossa ¹ | Areia fina ¹ | Silte ¹ | Argila ¹ | Matéria orgânica ¹ | Ds ¹ | Dp ¹ | Superfície específica ¹ |
| | g kg ⁻¹ | | | | | g cm ⁻³ | | m ² g ⁻¹ |
| RU | 0 | 179 | 471 | 350 | 41 | 0,76 | 2,77 | 137 |
| GX | 30 | 611 | 179 | 180 | 35 | 1,05 | 2,66 | 121 |
| GM | 9 | 230 | 391 | 370 | 245 | 0,40 | 1,81 | 335 |
| OY | 0 | 120 | 570 | 310 | 45 | 0,64 | 2,15 | 181 |

| Mineralógicos | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------------------|---|---|-------------------------------|--|------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | SiO ₂ ³ | Al ₂ O ₃ ³ | Fe ₂ O ₃ ³ | TiO ₂ ³ | P ₂ O ₅ ³ | Fe _d ⁴ | Fe _o ⁴ | Ct ⁴ | Gb ⁴ | Ki ⁵ |
| | g kg ⁻¹ | | | | | | | | | |
| RU | 209,3 | 221,1 | 74,5 | 9,3 | 0,51 | 4,3 | 0,17 | 50 | 17 | 1,61 |
| GX | 84,2 | 112,2 | 13,0 | 6,2 | 0,10 | 0,3 | 0,11 | 12 | 3,4 | 1,28 |
| GM | 126,1 | 175,5 | 13,3 | 5,5 | 1,52 | 0,9 | 0,21 | 18 | 20 | 1,22 |
| OY | 243,4 | 247,1 | 42,8 | 7,3 | 0,48 | 1,6 | 0,16 | 36 | 18 | 1,67 |

⁽¹⁾ pH = pH em água; P = fósforo extraído pelo Mehlich-1; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = acidez potencial; T = cap. troca de cátions a pH 7,0; m = saturação por Al e V = saturação por bases; Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partículas; (EMBRAPA, 1997); ⁽²⁾ PRm = P remanescente (Alvarez V. et al., 2000) e CMAP = cap. máxima de adsorção de P (Alvarez V. & Fonseca, 1990); ⁽³⁾ Óxidos do ataque sulfúrico (EMBRAPA, 1997); ⁽⁴⁾ Fe_d = ferro extraído pelo ditionito-citrato-bicarbonato (Melira & Jackson, 1960); Fe_o = ferro extraído pelo oxalato ácido de amônio; Ct = caulinita; Gb = gibbsita determinados na fração argila e corrigidos para terra fina. ⁽⁵⁾ Ki - relação molecular SiO₂/Al₂O₃.

Os solos receberam, também, a aplicação de uma adubação básica com macro e micronutrientes: 60 mg de N; 50 mg de K; 60 mg de S; 0,5 mg de B; 1,5 mg de Cu e 5,0 mg de Zn por dm^3 de solo, na forma de reagentes p.a.. As fontes utilizadas foram: $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; KCl; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e H_3BO_3 . As amostras dos solos nos vasos foram incubadas por mais 60 dias com umidade correspondente à capacidade de campo.

TABELA 2. Teores totais de nutrientes no esterco de curral curtido*

| Macronutrientes | g kg^{-1} | Micronutrientes | mg kg^{-1} |
|-----------------|--------------------|-----------------|---------------------|
| N | 19,73 | Mn | 808,50 |
| P | 4,50 | Fe | 52066,00 |
| K | 45,00 | Cu | 25,73 |
| S | 3,00 | B | 19,34 |
| Ca | 26,40 | Zn | 108,17 |
| Mg | 4,56 | | |

* N, Kjeldhal e os demais nutrientes, digestão nitroperclórica (Malavolta et al., 1997)
Fonte: Andrade (2001)

Após a colheita do feijoeiro, os solos dos vasos foram secos, destorroados e peneirados em malha de 5mm, para retiradas das raízes. As cinco repetições correspondentes a cada tratamento, para cada solo, foram misturadas. A seguir o solo foi distribuído em quatro vasos de cinco dm^3 ($3,2 \text{ dm}^3$ de solo) e coletaram-se subamostras para as determinações de fósforo por Mehlich-I (EMBRAPA, 1997), Resina (Raij et al., 1987), Bray-1 (Bray & Kurtz, 1945), fósforo remanescente (Alvarez V., 2000) e atividade da fosfatase ácida no solo segundo procedimento de Tabatabai & Bremner (1969), modificado por Nahas et al. (1994).

O delineamento experimental utilizado para arroz foi o mesmo descrito para o feijoeiro, agora com quatro repetições.

Os solos dos vasos foram inundados com água desmineralizada e permaneceram sob inunda  o por 60 dias. Após esse período, transplantaram-se quatro plântulas de arroz por vaso, previamente germinadas em papel de filtro, e conduziram-se duas plantas por vaso até a maturac  o dos grãos. Durante o período experimental utilizou-se água desmineralizada, mantendo-se uma lâmina de água de 3 cm sobre a superfície do solo. Durante o período experimental, os vasos receberam aduba  o nitrogenada e potássica em cobertura, nas doses de 530 mg dm⁻³ de N e 420 mg dm⁻³ de K, parceladas em 10 aplica  es.

Na época do florescimento, foram coletadas folhas bandeira das plantas, nas quais foram analisados os teores de P (Malavolta et al., 1997).

No final do ciclo da cultura, determinou-se o peso da matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de grãos das plantas (MSGR), o fósforo acumulado na parte aérea das plantas (P-Acumulado) e o número de perfilhos (NP) de cada vaso. Os grãos foram colhidos no momento em que a porcentagem de grãos maduros foi máxima e a de verdes mínima. Os grãos foram secos em estufa de circula  o forçada de ar    temperatura de 40 - 45  C, até atingir uma umidade de 13% (Fornasieri Filho & Fornasieri, 1993). Logo após, foram limpos, descascados e pesados, obtendo-se, assim, a produ  o de grãos pelas plantas.

Todas as variáveis estudadas foram submetidas    análise de variância e os tratamentos sem aplica  o de calcário e gesso, com calcário e com gesso foram comparados pelo teste de Scott Knott. Foram realizadas as análises de correla  es múltiplas entre os indicadores da disponibilidade de P, P-Acumulado e os de produ  o de arroz para os solos em conjunto, uma vez que, na prática, usa-se um determinado extrator, independentemente do solo cultivado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Disponibilidade de fósforo nos solos

Para os quatro solos estudados, houve diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os tratamentos quanto ao P extraído pelos extratores Mehlich-1, Resina e Bray-1; P remanescente e atividade da fosfatase ácida, determinados após o cultivo do feijoeiro e antes da inundação dos solos, para posterior cultivo do arroz. (Tabela 1A, 2A, 3A, 4A).

Para os quatro solos estudados, independentemente da aplicação de calcário e gesso, os maiores teores de P extraídos pelos extratores Mehlich-1 (MAI), Resina (RAI) e Bray-1 (BAI) foram observados com a aplicação de esterco de curral curtido que também adicionou P no solo (Tabela 2). Sanyal & De Datta (1991) afirmam que a adição de matéria orgânica ao solo, na forma de esterco animal, causa uma diminuição da adsorção de fósforo e o aumento da disponibilidade do mesmo para as plantas.

A maior extração de P pelos extratores, nos tratamentos que receberam aplicação de esterco de curral curtido, se deve, provavelmente, a uma menor quantidade de P fixado aos óxidos de ferro e alumínio, desde a época de sua aplicação para o feijoeiro. A redução da capacidade de fixação de P nos tratamentos que receberam aplicação de esterco de curral curtido pode ser comprovada pelos maiores teores de P remanescente (PRm) nesses tratamentos (Tabela 3). Segundo Haynes (1984), tal fato pode ser atribuído ao poder do solo em adsorver ácidos orgânicos, que irão ocupar os sítios de adsorção de fósforo, principalmente nas superfícies dos óxidos de ferro e de alumínio.

A grande maioria dos ácidos orgânicos, segundo Fontes et al. (1992), possui grupos funcionais COOH e o bloqueio da adsorção de P pelo solo se dá, segundo Hue (1991), pelas ligações entre esses grupos funcionais e as hidroxilas da superfície dos óxidos de ferro ou alumínio. Dessa forma, quanto maior o

número desses grupos funcionais nos compostos, maior será sua efetividade na competição pelos sítios de adsorção (Novais & Smyth, 1999).

TABELA 3. Teores de fósforo extraídos por Mehlich-1 (MAI) Resina (RAI), Bray-1 (BAI), fósforo remanescente (PRm) e atividade da fosfatase ácida (FAAI) antes da inundação dos solos Neossolo Flúvico (RU), Gleissolo Háptico (GX) Gleissolo Melânico (GM) e Organossolo Mésico (OY), com e sem aplicação de calcário, gesso e esterco de curral curtido (Est.).

| SOLO | Calcário e gesso | Esterco de Curral | MAI mg dm ⁻³ | RAI mg dm ⁻³ | BAI mg dm ⁻³ | PRm mg dm ⁻³ | FAAI $\mu\text{mol paratritofenol g}^{-1} \text{ hora}^{-1}$ |
|------|------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| | Sem Aplicação | S/ Est. | 34,75 b | 75,40 b | 35,26 b | 40,34 b | 493,83 b |
| | | C/ Est. | 58,00 a | 96,20 a | 62,10 a | 46,64 a | 1048,37 a |
| | | Média | 46,37 C | 85,80 C | 48,68 A | 43,49 A | 771,10 A |
| RU | Calcário | S/ Est. | 34,00 b | 81,55 b | 28,62 b | 42,03 b | 367,35 b |
| | | C/ Est. | 78,25 a | 110,82 a | 67,00 a | 46,27 a | 719,44 a |
| | | Média | 56,125 A | 96,19 A | 47,81 A | 44,15 A | 543,39 B |
| | Gesso | S/ Est. | 35,50 b | 79,60 b | 28,14 b | 37,17 b | 513,39 b |
| | | C/ Est. | 66,00 a | 104,10 a | 68,48 a | 45,92 a | 1451,92 a |
| | | Média | 50,75 B | 91,85 B | 48,31 A | 41,55 B | 982,65 A |
| | Sem Aplicação | S/ Est. | 63,00 b | 78,50 b | 74,81 b | 34,72 b | 1559,59 b |
| | | C/ Est. | 112,00 a | 88,05 a | 127,60 a | 50,87 a | 3980,31 a |
| | | Média | 87,50 B | 83,27 B | 101,25 A | 42,79 B | 2769,95 A |
| GX | Calcário | S/ Est. | 80,00 b | 85,97 b | 80,71 b | 40,95 b | 2429,70 a |
| | | C/ Est. | 133,00 a | 102,92 a | 120,17 a | 48,90 a | 3191,65 a |
| | | Média | 106,50 A | 94,45 A | 100,44 A | 44,93 A | 2810,67 A |
| | Gesso | S/ Est. | 93,00 b | 85,90 a | 65,10 b | 35,11 b | 2824,61 a |
| | | C/ Est. | 125,00 a | 86,00 a | 128,11 a | 49,98 a | 3280,69 a |
| | | Média | 109,00 A | 85,95 B | 96,60 B | 42,54 B | 3052,65 A |
| | Sem Aplicação | S/ Est. | 78,50 b | 70,87 b | 10,90 b | 2,54 b | 1138,26 b |
| | | C/ Est. | 130,50 a | 86,47 a | 18,92 a | 6,91 a | 2987,91 a |
| | | Média | 104,50 B | 78,67 C | 14,91 B | 4,73 B | 2063,08 B |
| GM | Calcário | S/ Est. | 101,00 b | 87,05 b | 13,27 b | 6,82 b | 1428,09 b |
| | | C/ Est. | 166,00 a | 94,32 a | 22,61 a | 11,24 a | 3550,58 a |
| | | Média | 133,50 A | 90,69 B | 17,94 A | 9,03 A | 2489,34 A |
| | Gesso | S/ Est. | 94,50 b | 98,60 b | 12,56 b | 2,89 b | 1397,14 b |
| | | C/ Est. | 118,00 a | 104,02 a | 20,75 a | 6,94 a | 3388,08 a |
| | | Média | 106,25 B | 101,31 A | 16,66 A | 4,91 B | 2392,61 A |
| | Sem Aplicação | S/ Est. | 55,50 b | 47,22 b | 6,83 b | 28,90 b | 2139,60 b |
| | | C/ Est. | 94,75 a | 65,12 a | 10,48 a | 38,69 a | 3661,67 a |
| | | Média | 75,12 B | 56,17 B | 8,66 A | 33,79 B | 2900,64 B |
| OY | Calcário | S/ Est. | 64,00 b | 62,67 b | 7,25 b | 31,20 b | 2776,14 b |
| | | C/ Est. | 99,75 a | 79,25 a | 10,30 a | 42,62 a | 4016,40 a |
| | | Média | 81,87 A | 70,96 B | 8,77 A | 36,91 A | 3396,27 A |
| | Gesso | S/ Est. | 59,25 b | 79,70 b | 6,38 b | 26,36 b | 2475,12 b |
| | | C/ Est. | 108,50 a | 93,72 a | 10,66 a | 39,56 a | 3692,94 a |
| | | Média | 83,87 A | 86,71 A | 8,52 A | 32,96 B | 3084,03 B |

Letras minúsculas comparam os tratamentos com e sem esterco de curral curtido, dentro de cada solo e prática de correção e letras maiúsculas comparam práticas de correção, dentro de cada solo, independente da aplicação de esterco de curral curtido.

Na prática, um aumento do teor de ácidos orgânicos, seja pela aplicação de resíduos orgânicos ou de forma natural, como exsudação de raízes e metabolismo de microrganismos, poderá proporcionar maior teor de fósforo disponível às plantas. Portanto, devem-se preconizar opções de manejo para aumentar o teor de matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, a disponibilidade de P para as plantas (Silva et al., 1997; Abekoe & Sahrawat, 2001).

Para todos os solos, verificou-se que o P recuperado pelo extrator Mehlich-1 foi maior para todos os tratamentos que receberam calcário e gesso. Para os solos GX e OY não houve diferença quanto à aplicação de calcário e gesso, enquanto que para os solos RU e GM, os maiores teores extraídos foram verificados quando da aplicação do calcário. Para o solo GM, que apresenta um alto teor de matéria orgânica (Tabela 1), tal fato pode estar ligado, provavelmente, à capacidade desse extrator em recuperar formas orgânicas de P aparentemente não disponíveis às plantas (Grande et al., 1986). Indiretamente, a aplicação de corretivo pode liberar P-Fe e P-Al e, segundo Raij (1991), o extrator Mehlich-1 recupera, preferencialmente, P ligado a cálcio em maior quantidade nos solos estudados pela aplicação de calcário:

Somente para o solo RU, o P recuperado pela Resina foi maior que a extração por Mehlich-1 e Bray-1, independentemente da aplicação calcário gesso e esterco de curral curtido, sendo que o valor maior de P recuperado foi devido à aplicação de calcário. Segundo Mahapatra & Patrick Jr. (1969), solos de áreas inundadas possuem grande quantidade de P-Fe o que, possivelmente, poderia explicar os maiores teores do P disponível encontrados no RU, mas isso não pode explicar o fato de a Resina extrair menores quantidades de P nos solos GX, GM e OY, quando comparadas a Mehlich-1.

Apesar de ser um extrator ácido, o Bray-1 recuperou pequenas quantidades de P nos solos GM e OY, quando comparado aos outros extratores,

ou mesmo ao próprio Bray-1 nos solos RU e GX. O P extraído por esse extrator não diferenciou do determinado nos solos RU e OY para os tratamentos de aplicação de calcário e gesso. De qualquer forma, segundo Olsen & Sommers (1982), o extrator perde sua eficiência quando os solos recebem calagem, provavelmente pela neutralização do ácido causada pelo corretivo, que promove a formação de CaF_2 , e pode imobilizar P.

No que tange aos teores de fósforo remanescente (PRm), os maiores teores foram verificados nos tratamentos que receberam aplicação de esterco de curral curtido, independentemente da aplicação de gesso e de calcário para todos os solos (Tabela 3). Para os solos GX, GM e OY, os maiores teores de PRm foram verificados nos tratamentos que receberam calcário, indicando que essa prática reduz a fixação dos fosfatos, conforme foi explicado anteriormente. Para o solo RU, os teores de PRm foram menores quando da aplicação de gesso e similares aos observados nos tratamentos sem e com aplicação de calcário. Nesse caso, a aplicação de calcário ou gesso neutraliza o Al da solução do solo, com um diferencial de que o calcário eleva o pH do solo e o gesso não causa variação do mesmo.

Os menores teores de PRm foram observados para o solo GM. A maior presença de matéria orgânica nesse solo (Tabela 1) poderia contribuir para a formação de pontes de cátions com Al, Fe e Ca, adsorvidos a ela, retendo o P. Fernandes (1999) verificou uma correlação significativa e positiva entre Al amorfo com as quantidades de P fixados nessa mesma classe de solo.

Para todos os solos, com exceção do solo GX, verificou-se que os maiores valores para a atividade da fosfatase ácida foram obtidos com a aplicação de esterco de curral curtido (Tabela 3). A adição de matéria orgânica nos solos RU, GM e OY com maiores teores de argila (Tabela 1), provavelmente proporcionou maior efeito tampão favorecendo a atividade dos microrganismos produtores de fosfatase. Segundo Ladd & Butler (1975) e McLaren (1975), a

matéria orgânica do solo protege a enzima da decomposição pela formação de complexos húmus – proteína.

Para os solos GM e OY, a aplicação de calcário proporcionou um aumento da atividade da fosfatase. Segundo Fernandes et al. (1998), a calagem proporciona um aumento do pH do solo para uma faixa mais adequada à atividade dos microrganismos produtores da fosfatase ácida. Trabalhos mostram que o aumento do número de bactérias totais nos solos pode resultar no aumento da atividade enzimática (Dick et al., 1983; Nahas et al., 1994).

Para o solo RU, a calagem reduziu a atividade da fosfatase ácida e, no solo GX, não houve diferença na atividade da enzima no que se refere aos tratamentos onde houve a aplicação de calcário e gesso. Essa redução da atividade da fosfatase ácida pode ser explicada pelos altos teores de PRm desses solos (Tabela 3). Diversos trabalhos têm verificado uma redução da atividade da fosfatase ácida com o aumento de P na solução do solo (Dalal, 1982; Haynes & Swift, 1998; Fernandes et al., 1998). Segundo Speir & Ross (1978), a atividade da fosfatase pode ser inibida com o aumento da concentração de P na solução do solo.

3.2 Produção de matéria seca de grãos, matéria seca de parte aérea, teor foliar de P, P acumulado pela planta e perfilhamento

Houve diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os tratamentos, quanto ao teor de P na folha bandeira (P-Foliar), apenas para os solos GM e OY, matéria seca de grãos (MSGR) para os solos RU, GX e OY, número de perfilhos (NP) para os solos RU e GM e fósforo acumulado (P-Acumulado) para o solo RU (Tabelas 5A, 6A, 7A, 8A).

Maiores teores de fósforo no tecido da folha bandeira das plantas de arroz foram observados somente para o solo RU com a aplicação de esterco de curral curtido, independentemente da aplicação de calcário e gesso (Tabela 4).

Para os solos GM e OY os maiores teores foliares foram observados somente com aplicação de esterco de curral curtido e sem aplicação de calcário e gesso. Para o solo GX não foi observada nenhuma variação significativa entre aplicação de esterco de curral e aplicação de calcário e gesso.

Todos os teores de P foliar observados para todos os tratamentos, independente dos solos, estão dentro da faixa encontrada por Mariano (1999) para arroz inundado nas mesmas classes de solo estudados nesse trabalho.

A variação dos teores foliares de fósforo nas plantas de arroz foi influenciada apenas pela aplicação de esterco de curral curtido, independentemente da aplicação de calcário e gesso, provavelmente pelo aumento da disponibilidade de P para as plantas proporcionado pelo esterco de curral curtido, que também forneceu P quando misturado ao solo (Tabela 2). Haynes (1984) afirma que o solo pode adsorver ácidos orgânicos provenientes da decomposição de resíduos orgânicos, que irão competir com os sítios de adsorção de P e, dessa forma, aumentar sua disponibilidade para as plantas. Segundo Novais & Smith (1999), independentemente da competição entre as plantas e o solo pelo P aplicado, as primeiras tendem a se ajustar à quantidade de P disponível a elas.

Com relação aos tratamentos com calcário e gesso, independentemente da aplicação de esterco de curral curtido, as maiores produções de grãos se deram para os solos RU e OY, nos vasos onde houve a aplicação de gesso; para o solo GX, os tratamentos com a aplicação de calcário e para o solo GM não houve diferença significativa entre os tratamentos.

TABELA 4. Teor foliar de fósforo no florescimento (P-Foliar), matéria seca de grãos (MSGR), matéria seca da parte aérea (MSPA) e fósforo acumulado na planta (P-Acumulado) e número de perfilhos (NP) em arroz cultivado nos solos Neossolo Flúvico (RU), Gleissolo Háptico (GX) Gleissolo Melânico (GM) e Organossolo Mésico (OY), com e sem aplicação de calcário, gesso e esterco de curral (Est.).

| SOLO | Calcário e gesso | Esterco de Curral | P-Foliar (g kg ⁻¹) | MSGR (g vaso ⁻¹) | MSPA (g vaso ⁻¹) | P-Acumulado (g vaso ⁻¹) | NP |
|-------|------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|---------|
| RU | Sem Aplicação | S/ Est. | 2,10 b | 17,36 b | 51,97 b | 0,17 b | 36,25 b |
| | | C/ Est. | 2,88 a | 48,713 a | 60,53 a | 0,34 a | 44,75 a |
| | | Média | 2,49 A | 33,14 C | 56,25 B | 0,27 A | 40,50 B |
| | Calcário | S/ Est. | 2,28 b | 22,46 b | 57,34 b | 0,26 b | 53,00 a |
| | | C/ Est. | 2,92 a | 53,63 a | 68,39 a | 0,35 a | 37,75 b |
| | | Média | 2,60 A | 38,05 B | 62,87 A | 0,31 A | 45,37 A |
| Gesso | S/ Est. | 2,15 b | 40,28 b | 53,08 b | 0,25 b | 46,75 a | |
| | C/ Est. | 2,50 a | 57,74 a | 65,02 a | 0,31 a | 49,00 a | |
| | Média | 2,32 B | 49,01 A | 59,05 B | 0,28 A | 47,87 A | |
| GX | Sem Aplicação | S/ Est. | 2,42 a | 18,62 b | 45,59 b | 0,24 b | 43,50 a |
| | | C/ Est. | 2,46 a | 44,33 a | 51,95 a | 0,38 a | 35,50 b |
| | | Média | 2,44 B | 31,48 B | 48,77 A | 0,31 A | 39,50 C |
| | Calcário | S/ Est. | 2,78 a | 29,57 b | 47,16 a | 0,28 b | 54,25 a |
| | | C/ Est. | 2,68 a | 51,47 a | 49,53 a | 0,37 a | 38,00 b |
| | | Média | 2,728 A | 40,32 A | 48,35 A | 0,33 A | 46,12 B |
| Gesso | S/ Est. | 2,57 a | 21,71 b | 45,70 b | 0,20 b | 64,75 a | |
| | C/ Est. | 2,65 a | 38,47 a | 51,72 a | 0,28 a | 48,50 b | |
| | Média | 2,61 A | 30,09 B | 48,71 A | 0,243 B | 56,62 A | |
| GM | Sem Aplicação | S/ Est. | 2,20 b | 36,48 b | 50,82 b | 0,26 b | 43,00 a |
| | | C/ Est. | 2,46 a | 44,82 a | 57,75 a | 0,35 a | 45,50 a |
| | | Média | 2,33 A | 40,65 A | 54,28 A | 0,30 A | 44,25 B |
| | Calcário | S/ Est. | 2,52 a | 32,04 b | 53,33 b | 0,25 b | 40,75 b |
| | | C/ Est. | 2,34 a | 43,79 a | 62,45 a | 0,34 a | 47,25 a |
| | | Média | 2,44 A | 37,91 A | 57,89 A | 0,30 A | 44,00 B |
| Gesso | S/ Est. | 1,78 a | 30,78 b | 56,58 a | 0,18 a | 51,25 a | |
| | C/ Est. | 1,73 a | 39,50 a | 57,72 a | 0,23 a | 46,75 a | |
| | Média | 1,76 B | 35,14 A | 57,15 A | 0,21 B | 49,00 A | |
| OY | Sem Aplicação | S/ Est. | 2,07 b | 24,44 b | 39,13 b | 0,20 b | 31,00 b |
| | | C/ Est. | 2,54 a | 40,75 a | 62,56 a | 0,37 a | 40,50 a |
| | | Média | 2,30 A | 32,59 B | 50,85 B | 0,285 A | 35,75 B |
| | Calcário | S/ Est. | 2,00 a | 33,79 a | 46,93 b | 0,26 b | 34,75 a |
| | | C/ Est. | 2,14 a | 36,93 a | 71,92 a | 0,34 a | 37,00 a |
| | | Média | 2,07 B | 35,36 B | 59,43 A | 0,30 A | 35,87 B |
| Gesso | S/ Est. | 2,18 a | 31,14 b | 40,57 b | 0,17 b | 34,75 b | |
| | C/ Est. | 2,16 a | 55,06 a | 62,01 a | 0,32 a | 42,00 a | |
| | Média | 2,17 B | 43,10 A | 51,29 B | 0,25 B | 38,37 A | |

Letras minúsculas comparam os tratamentos com e sem esterco de curral curtido, dentro de cada solo e prática de correção e letras maiúsculas comparam práticas de correção, dentro de cada solo, independente da aplicação de esterco de curral curtido.

Para todos os solos, independentemente da aplicação de gesso e calcário, a produção de matéria seca de parte aérea (MSPA) foi maior nos tratamentos

que receberam esterco de curral curtido, exceto nos solos GX com calcário e GM com gesso (Tabela 4). A adição de esterco de curral curtido, provavelmente, reduziu a adsorção de P pelo solo, disponibilizando-o para a planta, além do P disponibilizado pela mineralização do esterco de curral curtido. Para os solos RU e OY as maiores produções de MSPA foram obtidas com a aplicação de calcário. Segundo Barbosa Filho et al. (1987), além da inundação elevar o pH do solo, o que impede a ação do alumínio tóxico, pode ocorrer resposta à calagem em solos ácidos com baixos teores de Ca e Mg.

A quantidade de fósforo acumulado pela planta de arroz (P-Acumulado) no final do ciclo foi significativamente maior com a aplicação de esterco de curral curtido para todos os solos, com exceção para o solo GM, com a aplicação de gesso (Tabela 4). Com relação à aplicação de calcário e gesso, esses não mostraram diferenças significativa para o solo RU. Os solos GX, GM e OY mostraram menores teores com a aplicação de gesso. Ao ser inundado e estabelecidas as condições de redução há um aumento na concentração do P na solução do solo o que, provavelmente, explica a baixa resposta do arroz inundado ao fósforo. Segundo Alva et al. (1980), a necessidade da planta com o P disponível na rizosfera é devido à existência de um mecanismo fisiológico que regula a necessidade da planta com o fósforo disponível no solo.

Com relação ao número de perfilhos, a aplicação de esterco de curral curtido, independente do tratamento de correção, não mostrou, em nenhum dos solos estudados, uma tendência definida (Tabela 4). Segundo Barbosa Filho (1987), o fósforo tem papel fundamental no perfilhamento do arroz e, com isso, no número de panículas e na produtividade da cultura. Esse fato não foi verificado no presente trabalho, visto que os tratamentos com esterco de curral curtido promoveram maior disponibilidade de P indicado pelos extratores (Tabela 3) e maiores teores de P-foliar e produções de MSGR e MSPA. (Tabela 4). Já a aplicação de gesso, independentemente da aplicação de esterco de curral

curtido, promoveu maior perfilhamento do arroz em todos os solos, à exceção do RU. Provavelmente, o sulfato aplicado em forma de gesso liberou maior quantidade de fósforo para a solução do solo pela imobilização do Fe em forma de FeS (Ponnamperuma, 1972).

Segundo Patrick Jr. & Mahapatra (1968), a inundação do solo causa diversas alterações químicas e influenciam a transformação e a disponibilidade do P original do solo e, ou, do aplicado pelos fertilizantes fosfatados. Neste trabalho, a interação Solo-P foi avaliada ao se estabelecer correlações entre o P disponível pelos extratores, fósforo remanescente e a atividade da fosfatase ácida com as variáveis de produção.

A Tabela 5 mostra que algumas correlações foram positivas ou negativas, mas em nenhum caso apresentaram significância. A não significância observada para as correlações entre o P disponível, P remanescente e a atividade da fosfatase ácida, com as variáveis de produção, indicam que esses métodos, usados nos solos aerados antes do cultivo, não foram eficientes em predizer o P disponível para o arroz, cultivado posteriormente nos solos inundados.

TABELA 5. Coeficientes de correlação linear simples entre os teores de P por Mehlich-1 (MAI) Resina (RAI), Bray-1 (BAI), P remanescente (PRm) e Fosfatase Ácida (FAAI) antes da inundação; com o teor de fósforo na folha bandeira (P-Foliar), matéria seca de grãos (MSGR), matéria seca da parte aérea (MSPA), fósforo acumulado na planta (P-Acumulado) e número de perfilhos (NP).

| | P-Foliar | MSGR | MSPA | P-Acumulado | NP |
|------|----------|--------|---------|-------------|---------|
| MAI | 0,59ns | 0,43ns | 0,49ns | 0,46ns | 0,25ns |
| RAI | 0,11ns | 0,56ns | 0,46ns | 0,34ns | 0,04ns |
| BAI | 0,38ns | 0,13ns | -0,18ns | 0,35ns | -0,05ns |
| PRm | -0,05ns | 0,21ns | -0,20ns | 0,37ns | -0,18ns |
| FAAI | 0,42ns | 0,35ns | 0,30ns | 0,39ns | 0,37ns |

ns - Não significativo pelo teste de T.

Pelos resultados do presente trabalho, verifica-se que, provavelmente, a inundação do solo, após a retirada da amostra a ser analisada, modifica a dinâmica do fósforo e os resultados obtidos pela análise do solo refletem, assim, o novo status de fósforo às plantas. Dessa forma, novas metodologias devem ser estabelecidas, quando se pretende estimar a capacidade de fornecimento de P pelo solo, em condições de inundação.

4. CONCLUSÕES

- 1. A aplicação de calcário e gesso não influenciaram de maneira definida a disponibilidade, acumulação de P e a produção de arroz, variando muito em função dos solos estudados.**
- 2. Para todos os solos, a aplicação de esterco de curral curtido resultou em uma maior disponibilidade de P, maiores produção de matéria seca de grãos e parte aérea, acumulação e teores foliares de P nas plantas de arroz.**
- 3. Os extratores Mehlich-1, Resina e Bray-1 e a atividade da fosfatase ácida, usados nos solos aerados antes do cultivo, não foram eficientes para predizer P-disponível para o arroz cultivado nos solos de várzea inundados.**

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEKOE, M. K.; SAHRAWAT, K. L. Phosphate retention and extractability in soils of the humid zone in West Africa. *Geoderma*, Amsterdam, v. 102, n. 1/2, p. 175-187, July 2001.
- ALVA, A. K.; LARSEN, S.; BILLE, S. W. The influence of rhizosphere in rice crop on resin-extractable phosphate in flooded soils at various levels of phosphate applications. *Plant and Soil*, The Hague, v. 56, n. 1, p. 17-25, 1980.
- ALVAREZ V., V. H.; FONSECA, D. M. Definição de doses de fósforo para determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 14, n. 1, p. 49-55, jan./abr. 1990.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F. de; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. de; Determinação e uso do fósforo remanescente. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 27-32, jan./mar. 2000.
- ANDRADE, A. T. Relação da aplicação de resíduo orgânico, calcário e gesso com a adsorção de fósforo e produção do feijoeiro em solos de várzea. 2001. 41 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- AZEVEDO, W. R. Níveis críticos de boro em rabanete cultivado em solos de várzea do sul de Minas Gerais. 1999. 53 p. Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- BARBOSA FILHO, M. Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e inundado). Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 129 p. (Boletim técnico, 9)
- BARBOSA FILHO, M.; KINJO, T.; MURAOKA, T. Relações entre fósforo “extraível”, frações inorgânicas de fósforo e crescimento do arroz em função de fontes de fósforo, calagem e tempo de incubação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 11, n. 2, p. 147-155, maio/ago. 1987.
- BRAY, R. P.; KURTZ, L. T. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science*, Baltimore, v. 59, n. 1, p. 39-45, Jan. 1945.

DALAL, R. C. Effect of plant growth and addition of plant residues on the phosphatase activity in soil. *Plant and Soil*, The Hague, v. 66, n. 1-3, p. 265-369, 1982.

DICK, W. A.; JUMA, N. G.; TABATABAI, M. A. Effects of soils on acid phosphatase and inorganic pyrophosphatase of corn roots. *Soil Science*, Baltimore, v. 136, n. 1, p. 19-25, July 1983.

DUFF, S. M. G.; SARATH, G.; PLAXTON, W. C. The role of acid phosphatases in plant metabolism. *Physiology Plantarum*, Copenhagen, v. 90, n. 4, p. 791-800, Apr. 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1997. 212 p.

FERNANDES, L. A. *Formas de alumínio, de fósforo e fosfatase ácida em solos de várzea cultivados com feijoeiro: influência de calagem e fósforo*. 1999. 111 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FERNANDES, L. A.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N. Frações de fósforo e atividade da fosfatase ácida em plantas de feijoeiro cultivadas em solos de várzea. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 24, p. 561-571, 2000.

FERNANDES L. A.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; GUEDES, G. A. A.; LIMA, J. M. Fósforo e atividade da fosfatase ácida em plantas de feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 5, p. 769-778, maio 1998.

FONTES, M. R.; WEED, S. B.; BOWEN, L. H. Association of microcrystalline goethite and humic acid in some oxisols from Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 56, n. 3, p. 982-990, May/June 1992.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. *Manual da cultura do arroz*. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221 p.

GRANDE, M. A.; CURI, N.; QUAGGIO, J. A. Disponibilidade de fósforo do solo para as plantas. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Campinas, v. 10, n. 4, p. 45-50, jan./abr. 1986.

HAYNES, R. J. Lime and phosphate in soil-plant system. *Advances in Agronomy*, London, v. 37, p. 249-315, 1984.

HAYNES, R. J.; SWIFT, R. S. Effects of lime and phosphate additions on changes in enzyme activities, microbial biomass and levels of extractable nitrogen, sulfur and phosphorus in an acid soil. *Biology and Fertility of Soil*, Berlin, v. 6, n. 2, p. 153-158, 1988.

HUE, N. V. Effects of organic acids/anions on P sorption and phytoavailability in soils with different mineralogies. *Soil Science*, Baltimore, v. 152, n. 6, p. 463-471, Dec. 1991.

LADD, J. N.; BUTLER, J. H. A.; Humus-enzyme systems and synthetic organic polymer-enzyme analogs. In: PAUL, E. A.; McLAREN, A. D. (Ed.). *Soil Biochemistry*. New York: Marcel Dekker, 1975. v. 4, p. 143-194.

LINDSAY, W. L. *Chemical equilibria in soils*. New York: John Wiley, 1979. 449 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 210 p.

MAHAPATRA, I. C.; PATRICK Jr. W. H. Inorganic phosphate transformation in waterlogged soils. *Soil Science*, Madison, v. 107, n. 4, p. 281-288, Apr. 1969.

MARIANO, I. O. dos S. *Efeito residual da adubação fosfatada e da calagem, níveis críticos e disponibilidade de fósforo para o arroz em solos inundados*. 1999. 74 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

McLAREN, A. D. Soil as a system of humus and clay immobilized enzymes. *Chemical Scripta*, New York, v. 8, n. 3, p. 97-99, 1975.

MEHLICH, A. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. *Communications Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 9, n. 6, p. 477-492, 1978.

MEHRA, O. P.; JACKSON, N. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clays Minerals*, Clarkson, v. 3, n. 3, p. 317-327, 1960.

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

NAHAS, E.; CENTURION, J. F.; ASSIS, L. C. Efeito das características dos solos sobre os microrganismos solubilizadores de fosfatos e produtores de fosfatases. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 43-48, jan./abr. 1994.

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

OLSEN, S. R.; SOMMERS, L. E. Phosphorus. In: PAGE, A. L.; MILLER, R.H.; KENNEY, D. R. (Ed.). **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. 2. ed. Madison: ASA, 1982. pt. 2, p. 403-427.

PATRICK, Jr., W. H.; MAHAPATRA, I. C. Transformation and availability to rice of nitrogen and phosphorus in waterlogged soil. **Advances in Agronomy**, London, v. 20, p. 323-359, 1968.

PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, London, v. 24, p. 29-96, 1972.

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

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.

SANYAL, S.; De DATTA, S. Chemistry of phosphorus transformations in soil. **Advances in Soil Science**, New York, v. 16, p. 2-120, 1991.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J. M. de; CARVALHO, A. M. de. Rotação adubo verde – milho e adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 6, p. 649-654, jun. 1997.

SPEIR, T. W.; ROSS, D. J. Soil phosphatase and sulphatase. In: BURNS, R. G. (Ed.) **Soil enzymes**. London: Academic Press, 1978. p. 197-250.

TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. Use of p-nitrofenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 1, n. 5, p. 301-307, maio 1969.

CAPÍTULO 3

ÉPOCA DE COLETA E TEOR DE ÁGUA DA AMOSTRA DE SOLO NA AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DO FÓSFORO PARA O ARROZ INUNDADO

RESUMO

AZEVEDO, Watson Rogério de. Época de coleta e teor de água da amostra de solo na avaliação da disponibilidade do fósforo para o arroz inundado. 2003. Cap. 3, 23 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Objetivou-se estudar a influência da época de amostragem e teor de água das amostras dos solos Neossolo Flúvico(RU), Gleissolo, Háplico (GX), Gleissolo Melânico (GM) e Organossolo Mésico (OY) artificialmente drenado na disponibilidade de P recuperado por diferentes extratores e pela atividade da fosfatase ácida em quatro experimentos realizados simultaneamente. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial (3x2), sendo três práticas de aplicação de calcário e gesso(calcário, gesso e sem aplicação) e dois níveis de esterco de curral curtido (com e sem), com quatro repetições. Subamostras dos solos foram colhidos antes da inundação, aos 60 dias após a inundação, no transplântio das plântulas do arroz, e na época do florescimento. Nas amostragens com o solo inundado, para todos os vasos, retirou-se uma camada oxidada de três cm. Nas duas épocas após a inundação, para todos os vasos, parte das amostras foram secas e outra permaneceu úmida. Ambas foram analisadas para fósforo por Mehlich-1, Resina e Bray-1. Somente nas amostras úmidas determinou-se a atividade da fosfatase ácida. No final do ciclo da cultura determinou-se a produção de matéria seca de grãos (MSGR) e o fósforo acumulado pela parte aérea das plantas (P-Acumulado). O teor de água nas amostras, nas diferentes épocas de amostragem, estabeleceu diferentes interpretações para os teores de fósforo extraídos pelos extratores e pela atividade da fosfatase ácida para todos os solos. Os extratores Mehlich-1, Resina e Bray-1 e a atividade da fosfatase ácida, em todos os solos, não foram eficientes para estimar o P disponível às plantas, nas diferentes épocas nas situações de manejo propostas nesse estudo.

¹ Orientador: Dr. Valdemar Faquin - UFLA

ABSTRACT

AZEVEDO, Watson Rogério dc. Sampling period and soil water content affecting the evaluation of phosphorus availability for flooded rice crop. 2003. Chap. 3, 23 p. Thesis (Doctorate in Soils and Plant Nutrition) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Four experiments were conducted simultaneously in four distinct lowland soils (Alluvial, Low-Humic Gley, Humic Gley, and artificially drained Bog Soil), aiming to better understand the influence of sampling period and soil water content (moisture) on the recovery of available P by different extractants, and on the acid phosphatase activity. The experimental design was the completely randomized one, with four replicates and a factorial scheme (3x2): three soil amendment practices (liming, gypsum, and no amendment) and two organic residue levels (with and without manure). Soil sub-samples were collected at four different experimental periods: before flooding, sixty days after flooding, at the rice seedling transplant, and during the flowering period. In order to collect the sub-samples after flooding, we had to remove a 3 cm-layer of oxidized soil. Aiming to test the influence of soil water content, we divided the sub-sample in two parts: one was air-dried and the other maintained wet. Phosphorus availability was determined by Mehlich-1, Resin, and Bray-1 for both of them, while the acid phosphatase activity was analyzed only in the wet part. At the end of the cultivation period, we determined the grain dry matter production and the P accumulation in the foliage (accumulated-P). The soil water content, at the four sampling periods, allowed establishing different interpretations for P availability, as well as for acid phosphatase activity. This behavior was observed for all the lowland soils. Notwithstanding, the studied extractants and the enzyme activity, also for all soils, were not able to estimate the P availability for the rice plants, at the different sampling periods proposed in this work.

¹ Adviser: Dr. Valdemar Faquin

1 INTRODUÇÃO

Em ambientes de florestas tropicais que não sofreram intervenção antrópica, o ciclo de fósforo está intimamente relacionado com perdas mínimas do nutriente em curto prazo e ganhos de fósforo. No entanto, uma pequena alteração na cobertura vegetal, na produção de biomassa e no ciclo de P no solo já é o suficiente para que as formas e a dinâmica do fósforo do solo sejam grandemente afetadas.

Diversos trabalhos têm investigado a influência do manejo do solo nas mudanças, na quantidade e, até mesmo, nas formas do fósforo de diversas classes de solos (Abekoe & Sahrawat, 2001; Miller, Schuur & Chadwick, 2001; Solomon et al., 2002).

Em solos hidromórficos, quando se investiga a transformação e a disponibilidade do fósforo sob condições de inundação, verifica-se um comportamento diferente daqueles observados quando esses são drenados (Guilherme, 1990; Fageria, Santos & Zimmermann, 1999; Alcoforado, 1999; Mariano, 1999).

Alterações físico-químicas, tais como o decréscimo do potencial de oxido-redução e o aumento de pH em solos ácidos determinarão o processo de disponibilidade de fósforo para as plantas. Assim, a forte afinidade entre P e os óxidos de Fe, Al e Mn, o aumento das superfícies de adsorção, a variação de pH, temperatura e teor de matéria orgânica são fatores que afetam a disponibilidade de P para as plantas. Roy & De Datta (1985) afirmam que a variação do fator capacidade dos solos é devida às características peculiares de transformação de fosfatos em solos inundados.

Portanto, avaliar a disponibilidade de P no solo se reveste de grandes dificuldades, devido aos diferentes resultados obtidos (Bull, 1989; Vale et al. 1993). Segundo Bray & Kurtz (1945), as diferentes quantidades de P removidas

são função, principalmente, da natureza química do extrator, das características do solo e das formas em que o P se encontra no solo.

Os métodos de extração são os mais variados e incluem a água, soluções tamponadas de ácidos fracos e de bases, soluções diluídas de ácidos fortes, soluções de sais diversos e resina trocadoras de íons. As soluções removem frações, partes proporcionais de P ou mesmo catalisam a hidrólise de ésteres e anidridos do ácido fosfórico. Os compostos de P podem variar segundo a concentração, pH, relação solo/solução, tempo de agitação ou época de amostragem.

Este trabalho objetivou avaliar a influência da época da amostragem e da secagem ou não das amostras de solos de várzea inundados, submetidos à aplicação de calcário, gesso e esterco de curral curtido e cultivados com arroz inundado na disponibilidade de P por diferentes extratores e pela atividade da fosfatase ácida.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os quatro experimentos, realizados simultaneamente, em cada um dos solos de várzea: Neossolo Flúvico (RU), Gleissolo Háplico (GX), Gleissolo Melânico (GM) e Organossolo Mésico (OY) artificialmente drenado e não sistematizado foram conduzidos em subamostras dos solos dos vasos dos experimentos do Capítulo 2. Utilizou-se o mesmo delineamento experimental inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial (3x2), sendo três práticas de correção da acidez (calcário, gesso e sem corretivo) e dois níveis de esterco de curral curtido (com e sem), com quatro repetições.

Após a colheita do feijoeiro coletaram-se subamostras para as determinações de fósforo por Mehlich-I (EMBRAPA, 1997), Resina (Raij et al.,

1987), Bray-1 (Bray & Kurtz, 1945) e atividade da fosfatase ácida no solo, a partir de amostras de solo de 0,2 cm³ (grau de umidade da época de amostragem), segundo procedimento descrito em Tabatabai & Bremner (1969) e modificado por Nahas et al. (1994).

Os solos foram inundados e aos 60 dias de inundação, antes do transplântio das quatro plântulas de arroz, os vasos foram novamente amostrados com um pequeno trado. Uma outra amostragem dos solos foi realizada na época do florescimento das plantas. Nas amostragens com o solo inundado, para todos os vasos, retirou-se da amostra uma camada de aproximadamente três cm para eliminar a camada oxidada. Nessas duas épocas, para todos os solos e vasos, parte das amostras foi seca e outra permaneceu úmida. Ambas foram analisadas para fósforo por Mehlich-1, Resina e Bray-1. Nos resultados das amostras úmidas foi descontado o teor de umidade de cada amostra. Somente nas amostras úmidas determinou-se a atividade da fosfatase ácida.

No final do ciclo da cultura determinou-se a produção de matéria seca de grãos (MSGR) e o fósforo acumulado pela parte aérea das plantas (P-Acumulado) de cada vaso.

Todas as variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância e os tratamentos sem aplicação de calcário e gesso, com calcário e com gesso foram comparados pelo teste de Scott Knott. Foram realizadas as análises de correlações múltiplas entre os indicadores da disponibilidade de P com a MSGR e o P-Acumulado e para os solos em conjunto, uma vez que, na prática, usa-se um determinado extrator, independente do solo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Somente para as variáveis fósforo extraído pela Resina após a inundação (PRDI), fósforo extraído pela Resina no florescimento (PRF), a interação práticas de correção da acidez do solo x esterco de curral curtido foi significativa ($P < 0,01$) para todos os solos (Tabelas 9A a 20A).

Para o Neossolo Flúvico (RU), os maiores valores de fósforo disponível foram obtidos, por todos os extratores, nos tratamentos que receberam aplicação de esterco de curral curtido, independentemente da época de amostragem do solo e da umidade da amostra, com exceção do extrator Mehlich-1 na amostra úmida após a inundação (MDIU), com aplicação de calcário, que não mostrou diferença entre a aplicação ou não do esterco de curral curtido (Tabela 1). Essa maior disponibilidade de P, verificada ao aplicar esterco de curral curtido ao solo, que adicionou $675 \text{ mg P vaso}^{-1}$ (Tabela 2), também pode ser explicada pela adsorção do solo de compostos orgânicos, principalmente pelo bloqueio de sítios de fixação de P por moléculas com grupos funcionais OH e COOH, que ocupam os sítios de adsorção de P, principalmente na superfície de óxidos de ferro e alumínio (Haynes, 1984; Fontes, Weed & Bowen, 1992).

Ao avaliar as amostras de solo secas, a inundação provocou uma diminuição dos teores de fósforo extraídos por Mehlich-1, aos 60 dias de inundação, diminuindo até a época do florescimento, independentemente dos tratamentos (Tabela 1). Alcoforado (1999) verificou uma diminuição das quantidades de P, determinadas na solução do solo. Segundo esse autor, o fósforo aplicado ao solo como fertilizante é adsorvido nos períodos iniciais da inundação. Uma outra hipótese pode estar na secagem dos solos inundados, o que promove a reoxidação dos constituintes reduzidos do solo com mudanças no potencial de oxirredução, pH e concentração de Fe^{+2} , diminuindo a solubilidade tanto do fósforo nativo do solo quanto do fósforo aplicado (Sanyal & De

Datta, 1991). Ainda segundo Willett & Higgins (1978), o decréscimo da disponibilidade de P no solo com a drenagem está associado ao aumento da adsorção de P, ocasionada pelo aumento da atividade dos óxidos de ferro. No presente estudo, o período em que o solo permaneceu inundado até a coleta das amostras na época do florescimento, provavelmente foi suficiente para alterar o potencial de oxirredução e solubilizar os compostos de ferro. Com a coleta das amostras e posterior secagem para a determinação do fósforo, provavelmente ocorreu a formação de composto de ferro pouco cristalino com elevada capacidade de fixação de P, explicando os resultados obtidos.

Ao observar-se os dados da amostra úmida aos 60 dias de inundação (Tabela 1), verificam-se valores de até 4,5 vezes o valor recuperado por Mehlich-1 na amostra seca na mesma época, ou seja, como não houve a reoxidação dos constituintes reduzidos do solo, maiores valores de P puderam ser recuperados pelo extrator. Segundo Ponnampertuma (1972), a inundação do solo provoca o aumento dos teores de P disponíveis, uma vez que, com a inundação, ocorre uma elevação do pH dos solos e, conseqüentemente, parte do P de formas pouco lábeis passa para formas mais acessíveis às plantas.

No florescimento, tanto nas amostras secas quanto nas úmidas, os teores de P recuperados pela solução de Mehlich-1 foram quase similares (Tabela 1). No entanto, nas amostras de solo secas, os maiores teores de P foram obtidos com a aplicação de calcário, enquanto que nas amostras úmidas os maiores valores se deram com a aplicação de gesso. Provavelmente, o sulfato presente no gesso, uma vez reduzido, facilitou a formação de sulfeto de ferro e este retirou ferro da solução, que poderia adsorver fósforo. Os menores teores recuperados por Mehlich-1, observados na época do florescimento, provavelmente podem ser atribuídos à retirada de P do sistema pelas plantas e, aliados a isso, o aumento da quantidade de raízes pode ter provocado maior aeração ao sistema, alterando o potencial de oxirredução, o que proporcionou uma maior fixação do fósforo e,

consequentemente, uma redução no P recuperado pelos extratores, mesmo utilizando amostras úmidas.

TABELA 1. Valores de P por Mehlich-1 (MAI) Resina (RAI), Bray-1 (BAI) e Fosfatase Ácida (FAAI) antes da inundação; Mehlich-1 (MDI, MF) amostras secas, Mehlich-1 (MDIU, MFU) amostras úmidas, Resina (RDI, RF) amostras secas, Resina (RDIU, RFU) amostras úmidas, Bray-1 (BDI, BF) amostras secas, Bray-1 (BDIU, BFU) amostras úmidas e Fosfatase Ácida (FADI, FAF), aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Neossolo Flúvico (RU) com e sem aplicação de calcário, gesso e esterco de curral curtido (Est.).

| Extrator e época | Sem Aplicação | | | Calcário | | | Gesso | | |
|-------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | S/ Est. | C/ Est. | Média | S/ Est. | C/ Est. | Média | S/ Est. | C/ Est. | Média |
| MAI ¹ | 34,75 b | 58,00 a | 46,37 C | 34,00 b | 78,25 a | 56,12 A | 35,50 b | 66,00 a | 50,75 B |
| MDI ¹ | 20,75 b | 30,25 a | 25,50 B | 20,25 b | 34,75 a | 27,5 A | 20,75 b | 33,25 a | 27,00 A |
| MDIU ¹ | 82,50 b | 99,75 a | 91,13 A | 91,50 a | 101,25 a | 96,38 A | 70,25 b | 94,00 a | 82,13 B |
| MF ^{1,2} | 16,00 b | 24,75 a | 20,37 C | 16,75 b | 32,5 a | 24,62 A | 15,75 b | 29,00 a | 22,37 B |
| MFU ¹ | 17,25 b | 26,50 a | 21,88 C | 23,25 b | 34,00 a | 28,63 B | 27,50 b | 39,50 a | 33,60 A |
| RAI ¹ | 75,40 b | 96,20 a | 85,80 C | 81,55 b | 110,82 a | 96,19 A | 79,60 b | 104,10 a | 91,85 B |
| RDI ¹ | 7,06 b | 13,55 a | 10,31 B | 8,22 b | 20,69 a | 14,45 A | 10,02 b | 16,24 a | 13,13 A |
| RDIU ¹ | 79,48 b | 142,60 a | 111,04 B | 100,30 b | 167,20 a | 133,75 A | 94,48 b | 117,13 a | 105,80 B |
| RF ¹ | 28,82 b | 48,67 a | 38,75 B | 28,42 b | 72,20 a | 50,31 A | 29,95 b | 54,85 a | 42,40 B |
| RFU ¹ | 31,98 b | 67,03 a | 49,50 A | 39,05 b | 66,47 a | 52,76 A | 38,20 b | 64,00 a | 51,10 A |
| BAI ¹ | 35,26 b | 62,10 a | 48,68 A | 28,62 b | 67,00 a | 47,81 A | 28,14 b | 68,48 a | 48,31 A |
| BDI ¹ | 2,95 b | 5,90 a | 4,44 C | 3,10 b | 8,90 a | 6,00 B | 3,61 b | 12,12 a | 7,87 A |
| BDIU ¹ | 1,47 b | 5,33 a | 3,40 B | 3,03 b | 4,73 a | 3,88 B | 4,79 b | 6,60 a | 5,70 A |
| BF ¹ | 2,79 b | 5,53 a | 4,16 C | 3,24 b | 8,60 a | 5,92 B | 3,48 b | 12,32 a | 7,90 A |
| BFU ¹ | 1,09 b | 5,53 a | 2,31 C | 2,77 b | 4,11 a | 3,44 B | 3,58 b | 5,21 a | 4,40 A |
| FAAI ² | 493,83 b | 1048,37 a | 771,10 A | 367,35 b | 719,44 a | 543,39 B | 513,39 b | 1451,92 a | 982,65 A |
| FADI ² | 1037,89 b | 1496,97 a | 1267,44 B | 1301,40 b | 1516,75 a | 1409,07 A | 1347,84 b | 1486,58 a | 1417,21 A |
| FAFU ² | 1121,92 b | 2467,18 a | 1794,55 C | 2109,77 b | 2523,02 a | 2316,39 B | 2394,40 b | 2651,60 a | 2523,00 A |


¹ mg dm⁻³; ² µmol paranitrofenol g⁻¹ hora⁻¹

Letras minúsculas comparam os tratamentos com e sem resíduo, dentro da mesma época e prática de correção e letras maiúsculas comparam práticas de correção, dentro da mesma época, independente da aplicação de resíduo.

Considerando a recuperação do P pela Resina nas amostras secas, independentemente dos tratamentos, os teores mostram diminuição aos 60 dias após a inundação e uma recuperação maior no florescimento, mas a patamares menores que antes da inundação. No entanto, ao avaliar os valores das amostras úmidas aos 60 dias de inundação verifica-se um aumento desses teores conforme observado para o extrator Mehlich-1. Quanto à aplicação de calcário e gesso, verificou-se que os teores de fósforo foram maiores com a aplicação de calcário, com exceção do P-RDI, que não foi alterado com a aplicação de gesso ou calcário (Tabela 1) e RFU em que os tratamentos não mostraram diferenças significativas. Dessa forma, segundo Raij & Quaggio (1990), a aplicação de calcário aumentou a disponibilidade de P em solos ácidos que possuem grande quantidade de sítios de adsorção de P nos óxidos de Fe e Al, como é o caso do solo RU (Tabela 1, Capítulo 2).

Para o extrator Bray-1, cujo ion fluoreto é capaz de complexar Ca^{+2} , Al^{+3} ou, até mesmo, Fe^{+3} , seus maiores valores se deram com a aplicação de gesso para todas as épocas (Tabela 1). Os valores obtidos antes da inundação foram maiores em até doze vezes, quando comparados aos valores na amostra seca aos 60 dias de inundação. Provavelmente, a menor recuperação de P pelo extrator Bray-1 no solo RU, após a inundação, quer com amostras secas ou úmidas, pode ser creditada a um maior consumo pelo solo dos ânions de troca do extrator, o que compromete a capacidade de extração da solução de Bray-1 (Novais & Smyth, 1999)

Em geral, observa-se que, com aplicação de esterco de curral curtido, independentemente da aplicação de calcário e gesso e do solo estudado, os maiores valores da atividade da fosfatase ácida foram verificados quando da aplicação de esterco de curral curtido (Tabela 1), uma vez que nesse tratamento há uma maior disponibilidade de substrato para os microrganismos do solo. Fernandes (1999) verificou que a atividade da fosfatase ácida do solo estava



diretamente relacionada com o teor de matéria orgânica dos solos. Halsted (1964) e Nahas et al. (1994) também encontraram maior atividade da fosfatase ácida em solos com teores mais altos de matéria orgânica. Observa-se que os valores da atividade da fosfatase ácida aumentaram com a época de amostragem, ou seja, a atividade da fosfatase ácida após a inundação é maior que antes da inundação, sendo esse acréscimo mais evidente na época do florescimento. Segundo McLachlan (1976), a fosfatase é uma enzima que se adapta ao meio, sendo o seu comportamento inverso à concentração de fósforo do solo, tendência essa que foi confirmada por todos os extratores nas diferentes épocas.

Para o solo GX, os valores de P recuperado pelos extratores foram maiores para os tratamentos que receberam esterco de curral curtido independentemente da aplicação de calcário e gesso e da época de amostragem (Tabela 2).

Verificou-se, para o extrator Mehlich-1, uma tendência de maior recuperação do P após 60 dias da inundação do solo, tanto nas amostras secas quanto nas amostras úmidas, independentemente dos tratamentos avaliados (Tabela 2). A inundação, provavelmente, aumentou os valores de pH do solo e, conseqüentemente, a disponibilidade de P, como sugerido por Ponnamperna (1972). Esses resultados são contrários ao verificado para o solo RU, onde foi verificada uma redução do P extraído pelo Mehlich-1 com a inundação desse solo. Dessa forma, a generalização da dinâmica do P sob condições de redução pode trazer conclusões equivocadas. O solo GX possui baixos teores de argila e óxidos e baixa capacidade máxima de adsorção de P (Tabela 1, Capítulo 2), o que caracteriza poucos sítios para a adsorção de fósforo nesse solo. Nas amostras úmidas (MDIU) os maiores valores extraídos se deram com a aplicação de gesso. Os teores de MF diminuíram quando comparados a MDIU enquanto os teores de MFU aumentaram, mas ambas mostraram maiores valores com a aplicação de gesso (Tabela 2). Segundo Ritchey et al. (1980), a aplicação de

gesso (sulfato de cálcio) pode complexar o alumínio trocável ou mesmo quando reduzido pode formar FeS disponibilizando o P-Fe.

TABELA 2. Valores de P por Mehlich-1 (MAI) Resina (RAI), Bray-1 (BAI) e Fosfatase Ácida (FAAI) antes da inundação; Mehlich-1 (MDI, MF) amostras secas, Mehlich-1 (MDIU, MFU) amostras úmidas, Resina (RDI, RF) amostras secas, Resina (RDIU, RFU) amostras úmidas, Bray-1 (BDI, BF) amostras secas, Bray-1 (BDIU, BFU) amostras úmidas e Fosfatase Ácida (FADI, FAF), aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Gleissolo Háptico (GX) com e sem aplicação de calcário, gesso e esterco de curral curtido (Est.).

| Extrator e época | Sem Aplicação | | | Calcário | | | Gesso | | |
|-------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | S/ Est. | C/ Est. | Média | S/ Est. | C/ Est. | Média | S/ Est. | C/ Est. | Média |
| MAI ¹ | 63,00 b | 112,00 a | 87,50 B | 80,00 b | 133,00 a | 106,50 A | 93,00 b | 125,00 a | 109,00 A |
| MDI ¹ | 115,00 b | 149,00 a | 132,00 A | 117,00 b | 155,50 a | 136,25 A | 117,50 b | 149,75 a | 133,62 A |
| MDIU ² | 102,00 b | 150,00 a | 126,00 B | 102,50 b | 151,25 a | 126,88 B | 98,50 b | 176,50 a | 137,50 A |
| MF ¹ | 78,75 b | 108,00 a | 93,37 B | 87,00 b | 103,50 a | 95,25 B | 91,50 b | 108,00 a | 99,75 A |
| MFU ¹ | 104,00 b | 156,25 a | 130,13 B | 114,75 b | 155,00 a | 134,88 B | 122,50 b | 167,50 a | 145,00 A |
| RAI ¹ | 78,50 b | 88,05 a | 83,27 B | 85,97 b | 102,92 a | 94,45 A | 85,90 a | 86,00 a | 85,95 B |
| RDI ¹ | 16,79 b | 22,85 a | 19,82 C | 20,31 b | 33,91 a | 27,11 A | 19,85 b | 24,16 a | 22,01 B |
| RDIU ¹ | 111,00 b | 224,40 a | 167,70 C | 214,38 a | 197,30 a | 205,84 B | 185,10 b | 267,75 a | 226,43 A |
| RF ¹ | 52,92 b | 100,07 a | 76,50 C | 73,55 b | 127,42 a | 100,49 A | 79,45 b | 104,67 a | 92,06 B |
| RFU ¹ | 60,48 b | 90,85 a | 75,66 C | 71,78 b | 104,30 a | 88,04 A | 72,00 b | 94,33 a | 83,16 B |
| BAI ¹ | 74,81 b | 127,60 a | 101,20 A | 80,71 b | 120,17 a | 100,44 A | 65,10 b | 128,12 a | 96,60 B |
| BDI ¹ | 46,04 b | 88,51 a | 67,27 B | 57,58 b | 78,71 a | 68,15 B | 57,41 b | 86,63 a | 72,02 A |
| BDIU ¹ | 38,42 b | 76,32 a | 57,37 A | 37,56 b | 49,25 a | 43,41 B | 47,60 b | 72,00 a | 59,80 A |
| BF ¹ | 43,12 b | 82,90 a | 63,01 B | 53,58 b | 75,60 a | 64,64 B | 54,65 b | 84,56 a | 69,61 A |
| BFU ¹ | 29,04 b | 41,55 a | 35,30 B | 33,08 b | 41,09 a | 37,08 B | 39,54 b | 52,60 a | 46,07 A |
| FAAI ² | 1559,60 b | 3980,31 a | 2769,95 A | 2429,70 a | 3191,65 a | 2810,67 A | 2824,61 a | 3280,69 a | 3052,65 A |
| FADI ² | 938,00 b | 1128,31 a | 1031,16 A | 1078,83 a | 1143,60 a | 1111,39 A | 974,53 b | 1167,21 a | 1070,87 A |
| FAFL ² | 914,09 b | 1255,98 a | 1085,04 B | 1086,58 b | 1601,02 a | 1343,80 A | 1068,41 b | 1320,62 a | 1194,52 B |

¹ mg dm⁻³; ² µmol paranitrofenol g⁻¹ hora⁻¹

Letras minúsculas comparam os tratamentos com e sem resíduo, dentro da mesma época e prática de correção e letras maiúsculas comparam práticas de correção, dentro da mesma época, independente da aplicação de resíduo.

Com o uso da Resina, os maiores teores de P no solo foram observados com a aplicação de calcário, com exceção de RDIU que apresentou maiores valores com a aplicação de gesso. Admitindo-se que a Resina recupere apenas as formas lábeis de P, o calcário aumentou a disponibilidade de P no solo. Ao contrário do que foi verificado para o Mehlich-1, os valores de P disponível nas amostras secas foram menores aos 60 dias de inundação. Provavelmente, a nova oxidação dos constituintes reduzidos, como discutido anteriormente, promoveu uma maior fixação de P, o que não ocorreu com as amostras úmidas RDIU, que tiveram maiores valores de P recuperados pela Resina. Os valores de Fe_2O_3 e Fe_d (Tabela 1, Capítulo 2) mostram a baixa quantidade de Fe total e Fe livre no sistema, característica principal dos Gleissolos (Oliveira et al., 1992), indicando pouca tendência desse solo em adsorver P.

Os teores de P recuperados pelo extrator Bray-1 mostram-se com maiores valores com a aplicação do gesso, com exceção do BAI que apresentou maiores valores com a aplicação do calcário e sem corretivo. Comparando os teores extraídos por Bray-1 para os solos RU e GX, nota-se valores maiores para o segundo. Uma provável explicação pode estar nos teores de argila, óxidos e superfície específica (Tabela 1, Capítulo 2), que dão a esse solo características de menor capacidade tampão que, provavelmente, não interferem na atuação da solução extratora. Nota-se que os valores para as amostras úmidas são menores quando comparados dentro da mesma época. Provavelmente, a água presente na amostra úmida pode ter causado uma diluição do extrator alterando sua eficiência, ocasionando menores valores recuperados pelo mesmo.

Os valores obtidos pela fosfatase ácida para o solo GX diminuíram com a inundação. Provavelmente, a inundação provocou a diminuição das atividades dos microrganismos produtores de fosfatase ácida pela redução da aeração. A posterior recuperação da atividade da fosfatase no florescimento pode estar

ligada à maior aeração do sistema proporcionado pelo crescimento das raízes das plantas de arroz.

No que se refere ao solo GM, a adição de esterco de curral curtido proporcionou um acréscimo de recuperação de P por todos os extratores, com exceção de MF, em que a aplicação de esterco de curral curtido provocou um decréscimo da recuperação de P com a aplicação de calcário e gesso. Assim como MF, RDI também não mostrou diferença significativa com a aplicação de esterco de curral curtido sem a aplicação de calcário e gesso e RDIU mostrou decréscimo de recuperação de P com a aplicação de gesso (Tabela 3). Em valores nominais, os maiores teores de P recuperado pelo extrator Mehlich-1, deram-se com a aplicação de calcário em MAI (Tabela 3). Vê-se, portanto, um caráter dinâmico para o extrator, o que pode ser explicado pela alta sensibilidade do Mehlich-1 ao fator capacidade de P do solo (Novais & Smyth, 1979). Os altos valores de matéria orgânica e superfície específica, para esse solo (Tabela 1, Capítulo 2), comprovam essa afirmativa e, provavelmente, promovem uma variação do P recuperado. Ainda para Mehlich-1, os valores de P disponível diminuíram com a inundação, inclusive para as amostras úmidas. Essa foi uma tendência observada para o solo RU, excluindo as amostras úmidas. Como o solo GM possui menores valores de óxidos de ferro e ferro livre no sistema (Tabela 1, Capítulo 2), poder-se-ia especular que o aumento de pH, proporcionado pela inundação, provocou uma dispersão das partículas do solo, favorecendo a exposição de novas superfícies de adsorção, reduzindo o P em solução como sugerido por Alcoforado (1999) ao observar a diminuição do P disponível com a inundação.

Ao observar os valores da extração pela Resina no solo GM, verifica-se que RAI, RF, e RFU obtiveram maiores valores de P recuperado com a aplicação de gesso e RDIU com aplicação de calcário. O calcário, além de proporcionar o aumento do pH do solo, tem a característica de aumentar o P

disponível às plantas. A aplicação de gesso ao solo proporciona aplicação de sulfato que é mais eficiente que fosfato na competição pelos sítios de fixação nos colóides do solo, proporcionando, assim, maiores teores de P na solução do solo (Iyamuremye et al., 1996).

TABELA 3. Valores de P por Mehlich-1 (MAI) Resina (RAI), Bray-1 (BAI) e Fosfatase Ácida (FAAI) antes da inundação; Mehlich-1 (MDI, MF) amostras secas, Mehlich-1 (MDIU, MFU) amostras úmidas, Resina (RDI, RF) amostras secas, Resina (RDIU, RFU) amostras úmidas, Bray-1 (BDI, BF) amostras secas, Bray-1 (BDIU, BFU) amostras úmidas e Fosfatase Ácida (FADI, FAF), aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Gleissolo Melânico (GM) com e sem aplicação de calcário, gesso e esterco de curral curtido (Est.).

| Extrator e época | Sem Aplicação | | | Calcário | | | Gesso | | |
|-------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | S/ Est. | C/ Est. | Média | S/ Est. | C/ Est. | Média | S/ Est. | C/ Est. | Média |
| MAI ¹ | 78,50 b | 130,50 a | 104,50 B | 101,00 b | 166,00 a | 133,50 A | 94,50 b | 118,00 a | 106,25 B |
| MDI ¹ | 82,25 b | 110,00 a | 96,62 A | 80,00 b | 120,50 a | 100,25 A | 93,25 b | 109,00 a | 101,12 A |
| MDIU ¹ | 66,75 b | 87,00 a | 76,88 A | 75,50 b | 86,75 a | 82,13 A | 61,50 b | 87,00 a | 74,25 B |
| MF ¹ | 67,50 a | 65,75 a | 66,25 B | 88,50 a | 63,75 b | 76,12 A | 87,00 a | 73,25 b | 80,12 A |
| MFU ¹ | 70,00 b | 85,50 a | 77,75 B | 87,50 b | 96,00 a | 91,75 A | 78,00 b | 104,50 a | 91,25 A |
| RAI ¹ | 70,87 b | 86,47 a | 78,67 C | 87,05 b | 94,32 a | 90,69 B | 98,60 b | 104,02 a | 101,31 A |
| RDI ¹ | 25,48 a | 24,10 a | 24,79 A | 21,51 b | 27,08 a | 24,29 A | 20,80 b | 33,50 a | 27,15 A |
| RDIU ¹ | 213,98 b | 322,48 a | 268,23 B | 311,15 b | 357,25 a | 334,20 A | 299,88 a | 250,33 b | 275,10 B |
| RF ¹ | 62,07 b | 85,27 a | 73,67 B | 64,00 b | 75,87 a | 69,94 B | 68,30 b | 90,35 a | 79,32 A |
| RFU ¹ | 35,03 b | 43,63 a | 39,33 B | 33,65 b | 44,90 a | 39,28 B | 37,23 b | 53,38 a | 45,30 A |
| BAI ¹ | 10,90 b | 19,92 a | 14,91 B | 13,27 b | 22,61 a | 17,94 A | 12,56 b | 20,75 a | 16,66 A |
| BDI ¹ | 10,52 b | 13,07 a | 11,80 A | 11,39 b | 13,43 a | 12,41 A | 11,60 b | 12,93 a | 12,27 A |
| BDIU ¹ | 40,04 b | 59,97 a | 50,00 A | 40,29 b | 56,79 a | 48,54 A | 37,18 b | 65,62 a | 51,40 A |
| BF ¹ | 10,51 b | 12,24 a | 11,38 A | 10,40 b | 12,91 a | 11,66 A | 10,32 b | 12,63 a | 11,48 A |
| BFU ¹ | 33,19 b | 49,02 a | 41,10 B | 34,09 b | 47,90 a | 40,99 B | 32,80 b | 56,37 a | 44,58 A |
| FAAI ² | 1138,26 b | 2987,91 a | 2063,08 B | 1428,09 B | 3550,58 a | 2489,34 A | 1397,14 b | 3388,08 a | 2392,61 A |
| FADI ² | 2412,09 b | 3950,11 a | 3181,10 A | 2720,57 a | 3030,99 a | 2875,78 B | 2779,71 b | 4053,55 a | 3316,63 A |
| FAFU ² | 1462,99 b | 2010,08 a | 1736,54 A | 1481,95 b | 1826,93 a | 1654,44 A | 1419,12 b | 1899,42 a | 1659,27 A |

¹ mg dm⁻³; ² μmol paranitrofenol g⁻¹ hora⁻¹

Letras minúsculas comparam os tratamentos com e sem resíduo, dentro da mesma época e prática de correção e letras maiúsculas comparam práticas de correção, dentro da mesma época, independente da aplicação de resíduo.

Observam-se valores elevados de RDIU com a aplicação de calcário, indicando que a calagem e a inundação proporcionaram uma extração mais efetiva do P pela Resina. Segundo a Tabela 2 (Capítulo 2) o solo GM, por ocasião do plantio do feijoeiro, cultura anterior ao cultivo do arroz inundado, recebeu cerca de 225 mg de P dm⁻³ com o esterco de curral curtido.

A extração proporcionada por Bray-1 no solo GM, além de valores inferiores aos outros extratores, mostra uma diminuição com o tempo de inundação nas amostras secas (Tabela 3). Para essas amostras, pode-se afirmar que a secagem do solo, provavelmente, aumentou o fator capacidade de fósforo interferindo na atuação do extrator, como explicado anteriormente. Nas amostras úmidas há um aumento da extração aos 60 dias após a inundação, quando comparada às amostras secas na mesma época. Provavelmente, para esse solo, a umidade das amostras aumentou a eficiência do extrator. Observa-se, também, que os maiores valores recuperados para BFU se deram com a aplicação do gesso e esterco de curral curtido, ou seja, o íon sulfato proporcionou maiores valores de P disponível, como explicado anteriormente.

A atividade da fosfatase aumentou com a aplicação de esterco de curral curtido para todos os tratamentos (Tabela 3). Com a inundação observa-se um aumento da atividade aos 60 dias após a inundação e nova diminuição dessa atividade no florescimento. Fernandes (1999) verificou que a atividade enzimática correlacionou-se significativa e negativamente com as frações de P extraídas pela Resina de troca iônica, o que possivelmente possa explicar essa diminuição relacionada aos altos valores de P extraídos pela resina, para o solo GM, com a amostra úmida.

Para o solo OY, os maiores valores de P recuperados pelos extratores, bem como os valores da atividade da fosfatase ácida, deram-se com a adição de esterco de curral curtido, independentemente da época de amostragem, umidade da amostra e da aplicação de corretivos (Tabela 4)

TABELA 4. Valores de P por Mehlich-1 (MAI) Resina (RAI), Bray-1 (BAI) e Fosfatase Ácida (FAAI) antes da inundação; Mehlich-1 (MDI, MF) amostras secas, Mehlich-1 (MDIU, MFU) amostras úmidas, Resina (RDI, RF) amostras secas, Resina (RDIU, RFU) amostras úmidas, Bray-1 (BDI, BF) amostras secas, Bray-1 (BDIU, BFU) amostras úmidas e Fosfatase Ácida (FADI, FAF), aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Organossolo Méstico (OY) com e sem aplicação de calcário, gesso e esterco de curral curtido (Est.).

| Extrator e época | Sem Aplicação | | | Calcário | | | Gesso | | |
|-------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | S/ Est. | C/ Est. | Média | S/ Est. | C/ Est. | Média | S/Est. | C/ Est. | Média |
| MAI ¹ | 55,50 b | 94,75 a | 75,12 B | 64,00 b | 99,75 a | 81,87 A | 59,25 b | 108,50 a | 83,87 A |
| MDI ¹ | 29,50 b | 41,00 a | 35,25 B | 26,50 b | 44,25 a | 35,37 B | 39,00 b | 54,00 a | 46,50 A |
| MDIU ¹ | 85,50 b | 117,25 a | 101,38 A | 87,00 b | 109,00 a | 98,00 A | 71,25 b | 96,50 a | 83,88 B |
| MF ¹ | 25,00 b | 30,75 a | 27,87 B | 22,00 b | 32,50 a | 27,25 B | 26,00 b | 36,25 a | 31,25 A |
| MFU ¹ | 34,25 b | 57,00 a | 45,63 C | 55,00 b | 69,50 a | 62,25 A | 44,00 b | 61,50 a | 52,75 B |
| RAI ¹ | 47,22 b | 65,12 a | 56,17 B | 62,67 b | 79,25 a | 70,96 B | 79,70 b | 93,72 a | 86,71 A |
| RDI ¹ | 7,10 b | 12,21 a | 9,65 C | 7,36 b | 14,69 a | 11,03 B | 11,71 b | 13,45 a | 12,58 A |
| RDIU ¹ | 109,15 b | 141,78 a | 125,46 B | 115,95 b | 177,50 a | 146,73 A | 91,23 b | 170,38 a | 130,80 B |
| RF ¹ | 25,80 b | 36,22 a | 31,01 B | 25,60 b | 52,62 a | 39,11 A | 31,90 b | 51,15 a | 41,52 A |
| RFU ¹ | 26,20 b | 64,38 a | 45,29 C | 45,73 b | 88,45 a | 67,09 A | 33,63 b | 66,68 a | 50,15 B |
| BAI ¹ | 6,83 b | 10,48 a | 8,66 A | 7,25 b | 10,30 a | 8,77 A | 6,38 b | 10,66 a | 8,52 A |
| BDI ¹ | 3,80 b | 6,16 a | 4,98 B | 3,30 b | 9,16 a | 6,23 A | 2,81 b | 9,74 a | 6,27 A |
| BDIU ¹ | 4,04 b | 9,15 a | 6,60 C | 4,70 b | 10,74 a | 7,72 B | 8,22 b | 13,87 a | 11,04 A |
| BF ¹ | 3,08 b | 5,31 a | 4,19 B | 3,51 b | 9,18 a | 6,34 A | 3,57 b | 9,24 a | 6,40 A |
| BFU ¹ | 3,26 b | 7,62 a | 5,44 B | 3,40 b | 8,58 a | 5,99 B | 6,42 b | 11,42 a | 8,92 A |
| FAAI ² | 2139,60 b | 3661,69 a | 2900,64 B | 2776,14 b | 4016,40 a | 3396,27 A | 2475,12 b | 3692,94 a | 3084,03 B |
| FADI ² | 1071,36 b | 1277,83 a | 1174,60 A | 1155,35 b | 1362,97 a | 1259,16 B | 1292,95 a | 1348,07 a | 1320,81 B |
| FAFU ² | 1819,00 b | 2196,02 a | 2007,51 B | 2126,69 b | 2444,21 a | 2285,45 A | 2049,17 b | 2371,39 a | 2210,28 A |

¹ mg dm⁻³; ² µmol paranitrofenol g⁻¹ hora⁻¹

Letras minúsculas comparam os tratamentos com e sem resíduo, dentro da mesma época e prática de correção e letras maiúsculas comparam práticas de correção, dentro da mesma época, independente da aplicação de resíduo.

Assim como observado para os solos RU e GM, houve uma diminuição dos valores de P disponível com a inundação nas amostras secas para o solo OY. Nesse solo, a secagem das amostras provocou, provavelmente, uma nova oxidação de elementos reduzidos, o que deve ter provocado maior adsorção do P da solução do solo. Os valores de óxidos e ferro livre no sistema (Tabela 1,

Capítulo 2) confirmam essa hipótese. As amostras úmidas mostraram um aumento dos teores de P disponível aos 60 dias após a inundação e valores superiores, na época do florescimento quando comparados aos teores das amostras secas. No entanto, os valores são mais baixos na época do florescimento, independente da umidade das amostras, o que sugere que as raízes das plantas retiraram P do sistema.

Os teores extraídos pela Resina mostram-se maiores para RAI e RDI com a aplicação de gesso, enquanto RDIU e RFU com a aplicação de calcário. Para esse extrator há um comportamento semelhante ao solo RU, ou seja, há uma diminuição dos valores aos 60 dias após a inundação e maiores valores na época do florescimento. Provavelmente, fosfatos férricos insolúveis, formados no início da inundação, foram, provavelmente, ressolubilizados com o aumento da redução na época do florescimento como sugerem Patrick Jr & Mahpatra (1968) e Moraes (1973). Ao observar os valores de P disponível recuperados pela Resina com a amostra úmida (RDIU), pode-se afirmar que os resíduos orgânicos, ao interagirem com o solo, podem ter efeitos similares ao do calcário (carbonatos de cálcio e de magnésio) pela precipitação de ferro e alumínio (Hue, 1992), e aos do gesso (sulfato de cálcio), pela complexação do alumínio trocável (Ritchey et al., 1980), que no caso do solo OY foi reduzido em 84% (Andrade, 2001)

Os teores recuperados por Bray-1, após a inundação, são menores que os teores antes da inundação independentemente da umidade das amostras. Apesar de BDIU apresentar maiores teores que BDI, os primeiros não são maiores que os valores antes da inundação. A tendência de diminuição dos valores no florescimento também foi observada, refletindo a retirada do P do sistema pelas plantas. Nesse solo os valores são bem inferiores aos valores extraídos por Mehlich-1 e Resina, o que indica que valores que aumentam o fator capacidade

de P no solo, como óxidos e ferro livre no sistema (Tabela 1, Capítulo 2) interferem no extrator.

O maior valor para a fosfatase ácida se deu para FAAI com a aplicação de calcário e esterco de curral curtido. Vê-se um comportamento da atividade da fosfatase semelhante aos observados no solo GM, ou seja, há uma diminuição dos valores aos 60 dias de inundação e aumento na época do florescimento, independentemente da aplicação de calcário e esterco de curral curtido.

Um indicador da disponibilidade de um determinado nutriente, a fim de ser utilizado rotineiramente com o objetivo de avaliar a fertilidade do solo, deve simular a planta em qualquer situação de manejo do solo. Na Tabela 5 são apresentados os coeficientes de correlação para o fósforo acumulado na planta (P-Acumulado) e a produção de matéria seca de grãos de arroz (MSGR), que é a variável de interesse econômico, com os diversos indicadores da disponibilidade de P estudados, nas diferentes épocas de coleta das amostras de solo para análise. Verifica-se que nenhum indicador da disponibilidade de P apresentou correlação significativa com a MSGR ou do P-Acumulado.

Esses resultados mostram a dificuldade de se estimar o P disponível às plantas em solos que sofrem ciclos de umedecimento (redução) e secagem (oxidação), sendo a definição da época de amostragem um dos fatores que contribuem para interpretações equivocadas da real disponibilidade de P nessas condições.

Além das dificuldades da avaliação da fertilidade dos solos, é importante considerar que as várzeas são as áreas preferencialmente cultivadas pelos pequenos agricultores, que não possuem recursos financeiros para a aquisição de insumos, como o fósforo, já que esses solos têm alta capacidade de fixação desse nutriente, como verificado no presente trabalho. Se considerarmos o ciclo de umedecimento e secagem desses solos, seu manejo a longo prazo incorre em um prejuízo ainda maior para o ambiente, já que o fósforo

disponibilizado com a inundação pode chegar facilmente aos corpos d'água eutrofizando e contaminando-os com possíveis danos ambientais a médio e longo prazo.

TABELA 5. Coeficientes de correlação linear simples entre os valores de P por Mehlich-1 (MAI) Resina (RAI), Bray-1 (BAI) e Fosfatase Ácida (FAAI) antes da inundação; Mehlich-1 (MDI, MF) amostras secas, Mehlich-1 (MDIU, MFU) amostras úmidas, Resina (RDI, RF) amostras secas, Resina (RDIU, RFU) amostras úmidas, Bray-1 (BDI, BF) amostras secas, Bray-1 (BDIU, BFU) amostras úmidas e Fosfatase Ácida (FADI, FAF), aos 60 dias após inundação e na época do florescimento com o fósforo acumulado na planta (P-Acumulado) e a matéria seca de grãos (MSGR).

| | P-Acumulado | MSGR | | P-Acumulado | MSGR |
|------|-------------|---------|------|-------------|----------|
| MAI | 0,46ns | 0,43ns | RFU | 0,62ns | 0,48ns |
| MDI | 0,18ns | 0,02ns | BAI | 0,35ns | 0,13ns |
| MDIU | ,053ns | 0,27ns | BDI | 0,22ns | -0,002ns |
| MF | 0,08ns | -0,04ns | BDIU | 0,14ns | 0,02ns |
| MFU | 0,21ns | 0,05ns | BF | 0,22ns | 0,03ns |
| RAI | 0,34ns | 0,56ns | BFU | 0,08ns | 0,06ns |
| RDI | 0,29ns | 0,32ns | FAAI | 0,38ns | 0,35ns |
| RDIU | 0,23ns | 0,19ns | FADI | 0,03ns | 0,17ns |
| RF | 0,38ns | 0,33ns | FAFL | 0,41ns | 0,63ns |

^{ns} Não significativo pelo teste de t.

4 CONCLUSÕES

1. O teor de água nas amostras, nas diferentes épocas de amostragem, estabeleceu diferentes interpretações para os teores de fósforo extraídos pelos extratores e pela atividade da fosfatase ácida para todos os solos.
2. Os extratores Mehlich-1, Resina e Bray-1 e a atividade da fosfatase ácida, em todos os solos, não foram eficientes para estimar o P disponível às plantas, nas diferentes épocas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEKOE, M. K.; SAHRAWAT, K. L. Phosphate retention and extractability in soils of the humid zone in West Africa. *Geoderma*, Amsterdam, v. 102, n. 1/2, p. 175-187, 2001.

ALCOFORADO, P. A. U. G. Adição de silício e fósforo em solos de várzea inundados cultivados com arroz: dinâmica do pH, Fe, Mn, Si e P em solução e resposta da planta. 1999. 102 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, A. T. Relação da aplicação de resíduo orgânico, calcário e gesso com a adsorção de fósforo e produção do feijoeiro em solos de várzea. 2001. 41 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BÜLL, L. T. Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. 360 p.

BRAY, R. P.; KURTZ, L. T. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science*, Baltimore, v. 59, n. 1, p. 39-45, Jan. 1945.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1997. 212 p.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A.; ZIMMERMANN, F. J. P. Efeito residual da adubação e de níveis de adubação aplicados no sulco de plantio sobre a produção de arroz irrigado em solo de várzea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1999, Brasília. Anais... Brasília, 1999. CD-ROM.

FERNANDES, L. A. Formas de alumínio, de fósforo e fosfatase ácida em solos de várzea cultivados com feijoeiro: influência de calagem e fósforo. 1999. 111 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FONTES, M. R.; WEED, S. B.; BOWEN, L. H. Association of microcrystalline goethite and humic acid in some oxisols from Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 56, n. 3, p. 982-990, May/June 1992.

GUILHERME, L. R. G. Calagem e inundação em solos de várzea cultivados com arroz: alterações em pH, nitrogênio, fósforo e enxofre. 1990. 113 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

HALSTEAD, R. L. Phosphatase activity of soils as influenced by lime and other treatments. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v. 44, p. 137-144, 1964.

HAYNES, R. J. Lime and phosphate in soil-plant system. *Advances in Agronomy*, London, v. 37, p. 249-315, 1984.

HUE, N. V. Correcting soil acidity of a highly weathered Ultisol with chicken manure and sewage sludge. *Communications Soil Science Plant Analysis*, New York, v. 23, n. 3, p. 241-264, 1992.

IYAMUREMYE, F.; DICK, R. P.; BAHAM, J. Organic amendments and phosphorus dynamics: I. Phosphorus chemistry and sorption. *Soil Science*, Baltimore, v. 161, n. 6, p. 426-435, Dec. 1996.

MARIANO, I. O. dos S. Efeito residual da adubação fosfatada e da calagem, níveis críticos e disponibilidade de fósforo para o arroz em solos inundados. 1999. 74 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

McLACHLAN, K.D. Comparative phosphorus responses in plants to a range of available phosphorus situations. *Australian Journal of Agriculture Research*, Canberra, v. 27, p. 323-341, 1976.

MILLER, A. J.; SCHUUR, E. A. G.; CHADWICK, O. A. Redox control of phosphorus pool in Hawaiian montane forest soils. *Geoderma*, Amsterdam, v. 102, n. 3/4, p. 219-237, Apr. 2001.

MORAES, J.F.V. Efeitos da inundação do solo. I. Influência sobre o pH, o potencial de oxidação-redução e a disponibilidade de fósforo no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 7, p. 93-101, 1973. //

MORAES, J. F. V.; FREIRE, C. J.; SILVA, E. C. Transformações do nitrogênio em dois solos submetidos à inundação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 10, n. 11, p. 25-30, nov. 1975.

NAHAS, E.; CENTURION, J. F.; ASSIS, L. C. Efeito das características dos solos sobre os microrganismos solubilizadores de fosfatos e produtores de fosfatases. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 43-48, jan./abr. 1994.

NOVAIS, R. R. de; SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: UFV/DPS, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K.; CAMARGO, M. N. *Classes de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento*. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.

PATRICK, Jr., W. H.; MAHAPATRA, I. C. Transformation and availability to rice of nitrogen and phosphorus in waterlogged soil. *Advances in Agronomy*, London, v. 20, p. 323-359, 1968.

PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, London, v. 24, p. 29-96, 1972.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A. extractable phosphorus availability indexes as affected by liming. *Communications in Soil Science and Plant analysis*, New York, v. 21, n. 13/16, p. 1267-1276, 1990.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.

RITCHEY, K. D.; SOUZA, M. G.; LOBATO, E.; CORREA, A., Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah oxisol. *Agronomy Journal*, Madison, v. 72, n. 1, p. 40-44, Jan./Feb. 1980.

ROY, A. C.; DE DATTA, S. K. Phosphorus sorption isotherms evaluating phosphorus requirements of wetland rice soils. *Plant and Soil*, The Hague, v. 86, n. 2, p. 185-196, 1985.

SANYAL, S.; De DATTA, S. Chemistry of phosphorus transformations in soil. *Advances in Soil Science*, New York, v. 16, p. 2-120, 1991.

SOLOMON, D.; LEHMANN, J.; MAMO, T. FRITZSCHE, F.; ZECH, W. Phosphorus forms and dynamics as influenced by land use changes in the sub-humid Ethiopian highlands. *Geodema*, Amsterdam, v. 105, n. 1/2, p. 21-48, Jan. 2002.

TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. Use of p-nitrofenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biology & Biochemistry*, Elmsford, v. 1, n. 5, p. 301-307, 1969.

VALE, F. R. do; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. de. A. *Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade dos nutrientes de plantas*. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 171 p.

WILLETT, I. R.; HIGGINS, M. L. Phosphate sorption by reduced and reoxidized rice soils. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, v. 16, n. 3, p. 319-326, 1978.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao executar quatro experimentos nesse trabalho, conduzidos simultaneamente, um dos principais objetivos foi considerar os atributos dos diferentes solos na interpretação dos resultados obtidos. De qualquer forma, os resultados mostraram-se diferentes entre si nas condições de manejo, nas diferentes épocas de amostragem e na condição de umidade da amostra dos solos. Além disso, esses mesmos resultados mostraram o quão complexo é a dinâmica do fósforo nos solos de várzea, principalmente pela diversidade de características que são alteradas quando o cultivo desses solos se dá sob inundação.

ANEXOS

| | Página |
|---|--------|
| TABELA 1A. Quadrados médios de fósforo extraídos por Mehlich (MAI) Resina (RAI), Bray (BAI), fósforo remanescente (PRm) e atividade da fosfatase ácida (FAAI) antes da inundação para o solo Neossolo Flúvico (RU)..... | 60 |
| TABELA 2A. Quadrados médios de fósforo extraídos por Mehlich (MAI) Resina (RAI), Bray (BAI), fósforo remanescente (PRm) e atividade da fosfatase ácida (FAAI) antes da inundação para o solo Gleissolo Háptico (GX)..... | 60 |
| TABELA 3A. Quadrados médios de fósforo extraídos por Mehlich (MAI) Resina (RAI), Bray (BAI), fósforo remanescente (PRm) e atividade da fosfatase ácida (FAAI) antes da inundação para o solo Gleissolo Melânico (GM)... | 61 |
| TABELA 4A. Quadrados médios de fósforo extraídos por Mehlich (MAI) Resina (RAI), Bray (BAI), fósforo remanescente (PRm) e atividade da fosfatase ácida (FAAI) antes da inundação para o solo Organossolo Mésico (OY).. | 61 |
| TABELA 5A. Quadrados médios de teor foliar de fósforo (P-Foliar), matéria seca de grãos (MSGR), matéria seca de parte aérea (MSPA), fósforo acumulado pela planta (P-Acumulado) e número de panículas (NP) para o solo Neossolo Flúvico (RU)..... | 62 |
| TABELA 6A. Quadrados médios de teor foliar de fósforo (P-Foliar), matéria seca de grãos (MSGR), matéria seca de parte aérea (MSPA), fósforo acumulado pela planta (P-Acumulado) e número de panículas (NP) para o solo Gleissolo Háptico (GX)..... | 62 |
| TABELA 7A. Quadrados médios de teor foliar de fósforo (P-Foliar), matéria seca de grãos (MSGR), matéria seca de parte aérea (MSPA), fósforo acumulado pela planta (P-Acumulado) e número de panículas (NP) para o solo Gleissolo Melânico (GM)..... | 63 |
| TABELA 8A. Quadrados médios de teor foliar de fósforo (P-Foliar), matéria seca de grãos (MSGR), matéria seca de parte aérea (MSPA), fósforo acumulado pela planta (P-Acumulado) e número de panículas (NP) para o solo Organossolo Mésico (OY)..... | 63 |
| TABELA 9A. Quadrados médios dos valores de P por Mehlich I (MAI) e Resina (RAI) antes da inundação; Mehlich I (MDI, MF) amostras secas, Mehlich I (MDIU, MFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Neossolo Flúvico (RU).... | 64 |
| TABELA 10A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BAI) antes da inundação; Resina (RDI,RF), Bray I (BDI) amostras secas, Resina (RDIU, RFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Neossolo Flúvico (RU).. | 64 |
| TABELA 11A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BF) amostras secas, Bray I (BDIU, BFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, fosfatase ácida (FAAI, FADI, FAF), antes da inundação aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente para o solo Neossolo Flúvico (RU)..... | 65 |

| | |
|--|----|
| TABELA 12A. Quadrados médios dos valores de P por Mehlich I (MAI) e Resina (RAI) antes da inundação; Mehlich I (MDI, MF) amostras secas, Mehlich I (MDIU, MFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Gleissolo Háptico (GX)..... | 65 |
| TABELA 13A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BAI) antes da inundação; Resina (RDI,RF), Bray I (BDI) amostras secas, Resina (RDIU, RFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Gleissolo Háptico (GX). | 66 |
| TABELA 14A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BF) amostras secas, Bray I (BDIU, BFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, fosfatase ácida (FAAI, FADI, FAF), antes da inundação aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente para o solo Gleissolo Háptico (GX)..... | 66 |
| TABELA 15A. Quadrados médios dos valores de P por Mehlich I (MAI) e Resina (RAI) antes da inundação; Mehlich I (MDI, MF) amostras secas, Mehlich I (MDIU, MFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Gleissolo Melânico (GM)..... | 67 |
| TABELA 16A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BAI) antes da inundação; Resina (RDI,RF), Bray I (BDI) amostras secas, Resina (RDIU, RFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Gleissolo Melânico (GM)..... | 67 |
| TABELA 17A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BF) amostras secas, Bray I (BDIU, BFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, fosfatase ácida (FAAI, FADI, FAF), antes da inundação aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente para o solo Gleissolo Melânico (GM).... | 68 |
| TABELA 18A. Quadrados médios dos valores de P por Mehlich I (MAI) e Resina (RAI) antes da inundação; Mehlich I (MDI, MF) amostras secas, Mehlich I (MDIU, MFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Organossolo Mésico (OY)..... | 68 |
| TABELA 19A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BAI) antes da inundação; Resina (RDI,RF), Bray I (BDI) amostras secas, Resina (RDIU, RFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Organossolo Mésico (OY)..... | 69 |
| TABELA 20A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BF) amostras secas, Bray I (BDIU, BFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, fosfatase ácida (FAAI, FADI, FAF), antes da inundação aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente para o solo Organossolo Mésico (OY)... | 69 |

TABELA 1A. Quadrados médios de fósforo extraídos por Mehlich (MAI) Resina (RAI), Bray (BAI), fósforo remanescente (PRm) e atividade da fosfatase ácida (FAAI) antes da inundação para o solo Neossolo Flúvico (RU).

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | |
|-----------------------|----------------|-----------|---------------------|-----------|-------------------------|
| | MAI | RAI | BAI | PRm | FAAI |
| Resíduo (R) | 6402,667** | 3707,62** | 7427,377** | 247,619** | 2269756,533** |
| Corretivo (C) | 190,792** | 217,755** | 1,524 ^{ns} | 14,654** | 386069,816** |
| R x C | 227,542** | 36,105* | 106,48** | 10,211* | 177447,59 ^{ns} |
| Erro | 6,805 | 7,985 | 1,268 | 1,871 | 52131,41 |
| CV (%) | 5,11 | 3,10 | 2,33 | 3,18 | 29,82 |

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 2A. Quadrados médios de fósforo extraídos por Mehlich (MAI) Resina (RAI), Bray (BAI), fósforo remanescente (PRm) e atividade da fosfatase ácida (FAAI) antes da inundação para o solo Gleissolo Háplico (GX).

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | |
|-----------------------|----------------|-----------|-------------|------------|--------------------------|
| | MAI | RAI | BAI | PRm | FAAI |
| Resíduo (R) | 6402,667** | 471,707** | 16068,944** | 1012,453** | 8826976,783** |
| Corretivo (C) | 190,792** | 272,382** | 48,679** | 13,733** | 186840,963 ^{ns} |
| R x C | 227,542** | 142,662** | 279,025** | 38,863** | 2234952,547* |
| Erro | 6,805 | 15,537 | 6,12 | 1,139 | 389412,051 |
| CV (%) | 5,11 | 4,48 | 2,49 | 2,46 | 21,68 |

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 3A. Quadrados médios de fósforo extraídos por Mehlich (MAI) Resina (RAI), Bray (BAI), fósforo remanescente (PRm) e atividade da fosfatase ácida (FAAI) antes da inundação para o solo Gleissolo Melânico (GM).

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | |
|-----------------------|----------------|-----------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| | MAI | RAI | BAI | PRm | FAAI |
| Resíduo (R) | 13160,167** | 533,927** | 453,381** | 109,859** | 23705528,847** |
| Corretivo (C) | 2115,500** | 1026,196 | 18,559* | 47,275** | 399510,428** |
| R x C | 901,167** | 58,753* | 1,03 ^{ns} | 0,082 ^{ns} | 37235,970 ^{ns} |
| Erro | 43,056 | 12,762 | 3,687 | 0,339 | 12746,911 |
| CV (%) | 5,72 | 3,96 | 11,63 | 9,37 | 4,88 |

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 4A. Quadrados médios de fósforo extraídos por Mehlich (MAI) Resina (RAI), Bray (BAI), fósforo remanescente (PRm) e atividade da fosfatase ácida (FAAI) antes da inundação para o solo Organossolo Mésico (OY).

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | |
|-----------------------|----------------|---------------------|----------------------|-----------|-------------------------|
| | MAI | RAI | BAI | PRm | FAAI |
| Resíduo (R) | 10292,041** | 1568,167** | 80,374** | 789,044** | 10561235,155** |
| Corretivo (C) | 168,167** | 1865,695** | 0,1289 ^{ns} | 34,675** | 502366,838** |
| R x C | 98,167* | 7,758 ^{ns} | 0,7595 ^{ns} | 5,8094* | 57498,437 ^{ns} |
| Erro | 18,458 | 16,163 | 0,2499 | 1,3375 | 40393,081 |
| CV (%) | 5,35 | 5,64 | 5,78 | 3,35 | 6,43 |

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 5A. Quadrados médios de teor foliar de fósforo (P-Foliar), matéria seca de grãos (MSGR), matéria seca de parte aérea (MSPA), fósforo acumulado pela planta (P-Acumulado) e número de panículas (NP) para o solo Neossolo Flúvico (RU).

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | |
|-----------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------------------|
| | P-Foliar | MSGR | MSPA | P-Acumulado | NP |
| Resíduo (R) | 2,12296** | 4242,700** | 663,391** | 0,082368** | 16,667 ^{ns} |
| Corretivo (C) | 0,159302* | 528,563** | 88,220** | 0,002579 ^{ns} | 111,292** |
| R x C | 0,096942 ^{ns} | 125,081** | 6,146 ^{ns} | 0,010643** | 18,042 ^{ns} |
| Erro | 0,028506 | 16,822 | 7,229 | 0,001479 | 8,111 |
| CV (%) | 6,83 ^{ns} | 10,24 | 4,53 | 13,33 | 8,67 |

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 6A. Quadrados médios de teor foliar de fósforo (P-Foliar), matéria seca de grãos (MSGR), matéria seca de parte aérea (MSPA), fósforo acumulado pela planta (P-Acumulado) e número de panículas (NP) para o solo Gleissolo Háplico (GX).

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | |
|-----------------------|------------------------|------------|---------------------|------------------------|----------------------|
| | P-Foliar | MSGR | MSPA | P-Acumulado | NP |
| Resíduo (R) | 0,000477 ^{ns} | 2763,404** | 144,943** | 0,057722** | 170,667** |
| Corretivo (C) | 0,165713** | 256,779** | 0,418 ^{ns} | 0,015563** | 200,667** |
| R x C | 0,017443 ^{ns} | 40,395** | 9,793 ^{ns} | 0,001793 ^{ns} | 10,667 ^{ns} |
| Erro | 0,012436 | 5,604 | 7,652 | 0,000721 | 8,028 |
| CV (%) | 4,30 | 6,96 | 5,69 | 9,14 | 8,08 |

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 7A. Quadrados médios de teor foliar de fósforo (P-Foliar), matéria seca de grãos (MSGR), matéria seca de parte aérea (MSPA), fósforo acumulado pela planta (P-Acumulado) e número de panículas (NP) para o solo Gleissolo Melânico (GM).

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | |
|--------------------|------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| | P-Foliar | MSGR | MSPA | P-Acumulado | NP |
| Resíduo (R) | 0,002360 ^{ns} | 553,248** | 197,169** | 0,035497** | 6,000 ^{ns} |
| Corretivo (C) | 1,074945** | 60,749 ^{ns} | 29,009 ^{ns} | 0,023699** | 720,875** |
| R x C | 0,094678** | 6,989 ^{ns} | 34,069 ^{ns} | 0,001554 ^{ns} | 69,125 ^{ns} |
| Erro | 0,015908 | 18,58 | 14,045 | 0,000958 | 67,028 |
| CV (%) | 5,80 | 11,37 | 6,64 | 11,47 | 21,40 |

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 8A. Quadrados médios de teor foliar de fósforo (P-Foliar), matéria seca de grãos (MSGR), matéria seca de parte aérea (MSPA), fósforo acumulado pela planta (P-Acumulado) e número de panículas (NP) para o solo Organossolo Mésico (OY).

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | |
|--------------------|----------------|------------|---------------------|------------------------|-----------|
| | P-Foliar | MSGR | MSPA | P-Acumulado | NP |
| Resíduo (R) | 0,228735** | 1252,959** | 3252,915** | 0,115509** | 112,667** |
| Corretivo (C) | 0,109198** | 237,298** | 186,683** | 0,005597* | 94,791** |
| R x C | 0,121586** | 221,075** | 6,340 ^{ns} | 0,003608 ^{ns} | 32,291* |
| Erro | 0,016519 | 11,605 | 5,689 | 0,001538 | 8,833 |
| CV (%) | 5,89 | 9,20 | 4,43 | 14,07 | 9,31 |

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 9A. Quadrados médios dos valores de P por Mehlich I (MAI) e Resina (RAI) antes da inundação; Mehlich I (MDI, MF) amostras secas, Mehlich I (MDIU, MFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Neossolo Flúvico (RU)

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | | |
|--------------------|----------------|-----------|--------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | MAI | MDI | MDIU | MF | MFU | RAI |
| Resíduo (R) | 6402,667** | 888,167** | 1717,04** | 950,042** | 682,67** | 3707,62** |
| Corretivo (C) | 190,792** | 8,667* | 415,50** | 36,167** | 272,63** | 217,755** |
| R x C | 227,542** | 12,667* | 98,17 ^m | 25,167** | 3,79 ^m | 36,105* |
| Erro | 6,805 | 2,25 | 47,35 | 1,403 | 11,25 | 7,985 |
| CV (%) | 5,11 | 5,63 | 7,66 | 5,27 | 11,98 | 3,10 |

**,* e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 10A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BAI) antes da inundação; Resina (RDI,RF), Bray I (BDI) amostras secas, Resina (RDIU, RFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Neossolo Flúvico (RU)

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | | |
|--------------------|----------------|------------|------------|--------------------|---------------------|-----------|
| | RDI | RDIU | RF | RFU | BAI | BDI |
| Resíduo (R) | 422,848** | 15539,77** | 5224,450** | 5194,69** | 7427,377** | 198,438** |
| Corretivo (C) | 35,913** | 1765,99** | 279,495** | 21,27 ^m | 1,524 ^{ns} | 23,58** |
| R x C | 25,013** | 1203,51** | 318,058** | 48,79* | 106,48** | 15,622** |
| Erro | 1,607 | 81,16 | 29,449 | 13,30 | 1,268 | 0,833 |
| CV (%) | 10,04 | 7,71 | 12,38 | 7,14 | 2,33 | 14,96 |

**,* e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 11A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BF) amostras secas, Bray I (BDIU, BFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, fosfatase ácida (FAAI, FADI, FAF), antes da inundação aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente para o solo Neossolo Flúvico (RU)

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | | |
|--------------------|----------------|----------|----------|---------------|--------------|---------------|
| | BF | BDIU | BFU | FAAI | FADI | FAFL |
| Resíduo (R) | 191,128** | 36,285** | 19,512** | 2269756,533** | 440830,299** | 2708682,206** |
| Corretivo (C) | 27,976** | 11,731** | 8,695** | 386069,816** | 56747,119** | 1127529,114** |
| R x C | 18,725** | 2,96** | 0,65* | 177447,59** | 55964,048** | 692292,864** |
| Erro | 0,532 | 0,309 | 0,119 | 52131,41 | 8666,387 | 15025,803 |
| CV (%) | 12,17 | 12,85 | 10,20 | 29,82 | 6,82 | 5,54 |

**,* e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 12A. Quadrados médios dos valores de P por Mehlich I (MAI) e Resina (RAI) antes da inundação; Mehlich I (MDI, MF) amostras secas, Mehlich I (MDIU, MFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Gleissolo Háplico (GX)

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | | |
|--------------------|----------------|----------------------|------------|------------|---------------------|-----------|
| | MAI | MDI | MDIU | MF | MFU | RAI |
| Resíduo (R) | 11970,667** | 7315,042** | 20358,38** | 2583,375** | 12604,17** | 471,707** |
| Corretivo (C) | 1106,000** | 36,792 ^{ns} | 327,875* | 85,875* | 461,79* | 272,382** |
| R x C | 248,667** | 20,792 ^{ns} | 585,375** | 108,375** | 73,04 ^{ns} | 142,662** |
| Erro | 13,889 | 21,930 | 74,875 | 14,375 | 120,08 | 15,537 |
| CV (%) | 3,69 | 3,50 | 6,65 | 3,94 | 8,02 | 4,48 |

**,* e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 13A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BAI) antes da inundação; Resina (RDI,RF), Bray I (BDI) amostras secas, Resina (RDIU, RFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Gleissolo Háplico (GX)

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | | |
|--------------------|----------------|------------|-------------|-----------|-------------|------------|
| | RDI | RDIU | RF | RFU | BAI | BDI |
| Resíduo (R) | 382,977** | 21354,70** | 10626,042** | 4842,20** | 16068,944** | 5743,134** |
| Corretivo (C) | 111,906** | 7102,59** | 1184,763** | 310,88** | 48,679** | 51,142** |
| R x C | 48,649** | 9304,79** | 448,918** | 57,82** | 279,025** | 232,305** |
| Erro | 2,9113 | 301,62 | 19,283 | 9,01 | 6,12 | 8,445 |
| CV (%) | 7,43 | 8,68 | 4,90 | 3,65 | 2,49 | 4,20 |

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 14A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BF) amostras secas, Bray I (BDIU, BFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, fosfatase ácida (FAAI, FADI, FAF), antes da inundação aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente para o solo Gleissolo Háplico (GX)

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | | |
|--------------------|----------------|-----------|---------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | BF | BDIU | BFU | FAAI | FADI | FAFL |
| Resíduo (R) | 5595,417** | 3649,68** | 752,08** | 8826976,783** | 133868,381** | 819254,663** |
| Corretivo (C) | 94,503** | 626,14** | 266,63** | 186840,963 ^{ns} | 12246,387 ^{ns} | 134974,972** |
| R x C | 160,218** | 343,72** | 15,35 ^{ns} | 2234952,547* | 10648,529 ^{ns} | 35529,923 ^{ns} |
| Erro | 6,059 | 24,59 | 4,58 | 389412,051 | 4459,902 | 13905,277 |
| CV (%) | 3,74 | 9,26 | 5,42 | 21,68 | 6,23 | 9,76 |

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 15A. Quadrados médios dos valores de P por Mehlich I (MAI) e Resina (RAI) antes da inundação; Mehlich I (MDI, MF) amostras secas, Mehlich I (MDIU, MFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Gleissolo Melânico (GM)

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | | |
|--------------------|----------------|----------------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| | MAI | MDI | MDIU | MF | MFU | RAI |
| Resíduo (R) | 13160,167** | 4592,667** | 2016,67** | 1080,042** | 1700,17** | 533,927** |
| Corretivo (C) | 2115,500** | 45,542 ^{ns} | 128,63* | 384,667** | 504,67** | 1026,196 |
| R x C | 901,167** | 307,542* | 137,54* | 264,667** | 164,67** | 58,753* |
| Erro | 43,056 | 52,028 | 23,19 | 16,569 | 17,50 | 12,762 |
| CV (%) | 5,72 | 7,26 | 6,19 | 5,48 | 4,81 | 3,96 |

**,* e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 16A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BAI) antes da inundação; Resina (RDI,RF), Bray I (BDI) amostras secas, Resina (RDIU, RFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Gleissolo Melânico (GM)

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | | |
|--------------------|----------------------|------------|------------|----------|--------------------|---------------------|
| | RDI | RDIU | RF | RFU | BAI | BDI |
| Resíduo (R) | 189,838** | 7357,00** | 2175,510** | 864,00** | 453,381** | 23,285** |
| Corretivo (C) | 18,620 ^{ns} | 10523,70** | 178,689** | 96,00** | 18,559* | 0,818 ^{ns} |
| R x C | 99,136** | 12674,16** | 77,703** | 29,35* | 1,03 ^{ns} | 0,760 ^{ns} |
| Erro | 6,789 | 400,27 | 12,641 | 7,47 | 3,687 | 0,431 |
| CV (%) | 10,25 | 6,84 | 4,78 | 6,62 | 11,63 | 5,40 |

**,* e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 17A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BF) amostras secas, Bray I (BDIU, BFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, fosfatase ácida (FAAI, FADI, FAF), antes da inundação aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente para o solo Gleissolo Melânico (GM)

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|-----------|-------------------------|---------------|-------------------------|
| | BF | BDIU | BFU | FAAI | FADI | FAFL |
| Resíduo (R) | 28,667** | 2805,41** | 1887,54** | 23705528,847** | 7358362,932** | 1255590,462** |
| Corretivo (C) | 0,164 ^{ns} | 16,33 ^{ns} | 33,32* | 399510,428** | 407901,960* | 16976,774 ^{ns} |
| R x C | 0,334 ^{ns} | 75,55** | 52,99** | 37235,970 ^{ns} | 954871,204** | 21205,722 ^{ns} |
| Erro | 0,421 | 11,56 | 7,67 | 12746,911 | 95910,382 | 25352,580 |
| CV (%) | 5,64 | 6,80 | 6,56 | 4,88 | 9,91 | 9,46 |

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 18A. Quadrados médios dos valores de P por Mehlich I (MAI) e Resina (RAI) antes da inundação; Mehlich I (MDI, MF) amostras secas, Mehlich I (MDIU, MFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Organossolo Mésico (OY)

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | | |
|--------------------|----------------|----------------------|---------------------|-----------|----------------------|---------------------|
| | MAI | MDI | MDIU | MF | MFU | RAI |
| Resíduo (R) | 10292,041** | 1305,375** | 4160,67** | 468,167** | 1998,38** | 1568,167** |
| Corretivo (C) | 168,167** | 333,792** | 689,54** | 34,625** | 556,54** | 1865,695** |
| R x C | 98,167* | 19,625 ^{ns} | 49,29 ^{ns} | 14,292* | 34,875 ^{ns} | 7,758 ^{ns} |
| Erro | 18,458 | 10,042 | 15,42 | 2,917 | 11,708 | 16,163 |
| CV (%) | 5,35 | 8,12 | 4,16 | 5,94 | 6,38 | 5,64 |

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 19A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BAI) antes da inundação; Resina (RDI,RF), Bray I (BDI) amostras secas, Resina (RDIU, RFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, para o solo Organossolo México (OY)

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | | |
|--------------------|----------------|------------|-----------|-----------|----------------------|------------|
| | RDI | RDIU | RF | RFU | BAI | BDI |
| Resíduo (R) | 134,356** | 20027,70** | 2143,26** | 8656,40** | 80,374** | 153,0554** |
| Corretivo (C) | 17,166** | 978,92** | 242,590** | 1047,68** | 0,1289 ^{ns} | 4,3135** |
| R x C | 15,847** | 1103,66** | 137,964** | 46,86* | 0,7595 ^{ns} | 11,4117** |
| Erro | 0,3736 | 73,30 | 11,346 | 11,52 | 0,2499 | 0,2691 |
| CV (%) | 5,51 | 6,37 | 9,05 | 6,27 | 5,78 | 8,90 |

**,* e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 20A. Quadrados médios dos valores de P por Bray I (BF) amostras secas, Bray I (BDIU, BFU) amostras úmidas, aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente, fosfatase ácida (FAAI, FADI, FAF), antes da inundação aos 60 dias após inundação e na época do florescimento, respectivamente para o solo Organossolo México (OY)

| Fontes de Variação | Quadrado médio | | | | | |
|--------------------|----------------|---------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| | BF | BDIU | BFU | FAAI | FADI | FAFL |
| Resíduo (R) | 122,677** | 188,27** | 140,844** | 10561235,155** | 146772,016** | 689200,598** |
| Corretivo (C) | 12,649** | 42,70** | 28,093** | 502366,838** | 42942,052* | 165352,263** |
| R x C | 7,9402** | 0,443 ^{ns} | 0,368 ^{ns} | 57498,437 ^{ns} | 15390,402 ^{ns} | 2188,734 ^{ns} |
| Erro | 0,1995 | 0,800 | 0,431 | 40393,081 | 11035,362 | 17272,787 |
| CV (%) | 7,91 | 10,58 | 9,68 | 6,43 | 8,39 | 6,06 |

**,* e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.