

DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO PARA PLANTAS DE ARROZ AVALIADA POR EXTRATORES QUÍMICOS¹

R.R. BELTRÁN^{2,5}; R.I. SILVEIRA³; M.J. PASSOS^{4,6}

²*Aluno de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas-ESALQ/USP.*

³*Depto. de Ciência do Solo-ESALQ/USP, C.P. 9, CEP: 13418-900 - Piracicaba, SP.*

⁴*Aluna de Pós-Graduação em Ciências Florestais-ESALQ/USP.*

⁵*Bolsista CNPq.*

⁶*Bolsista CAPES.*

RESUMO: Avaliou-se a disponibilidade de fósforo para o arroz, em casa de vegetação, em um solo ácido e com deficiência de P. Utilizou-se 0,5 dm³ de solo, cinco fontes de fósforo (fosfato natural Alvorada-FNA, fosfato monoamônico-MAP, superfosfato simples-SFS, superfosfato triplo-SFT, e termofosfato magnésiano-TM), três doses (100, 200 e 300 mg P dm⁻³ de solo), uma testemunha e 10 plantas de arroz por vaso. Analisou-se o fósforo do solo por três extratores: Mehlich-1, Olsen e resina. Os fertilizantes aumentaram significativamente a produção de matéria seca em relação à da testemunha. A máxima produção foi alcançada com MAP e SFS na dose 200 mg P dm⁻³ de solo. A matéria seca, a porcentagem de P e o P absorvido foram correlacionados com os teores de fósforo extraídos do solo pelos três extratores, os quais apresentaram diferenças na extração de P. O extrator Olsen destacou-se dos outros (Mehlich-1 e resina), mostrando-se mais eficiente em predizer a disponibilidade de P para o arroz.

Descritores: adubação, fósforo, análise do solo, *Oriza sativa*, extratores

EVALUATION OF SOIL PHOSPHORUS AVAILABILITY TO RICE PLANTS BY CHEMICAL EXTRACTANTS

ABSTRACT: Phosphorous availability to rice plants was evaluated in an experiment under greenhouse conditions using an acid and low phosphorus soil. Five fertilizers (Alvorada rock phosphate-FNA, amonion monophosphate-MAP, simple

superphosphate-SFS, triple superphosphate-SFT and magnesium termophosphate-TM), three rates (100, 200 and 300 mg P dm⁻³ of soil), one control and ten plants of rice/pot were used. Phosphorus in soil samples were analyzed using the following extractants: Mehlich-1, Olsen and resin. Dry matter, P content and P absorbed by the shoot were correlated with the P recovered by the three chemical methods. The MAP and SFS at the rate of 200 mg P dm⁻³ of soil, allowed the highest dry matter accumulation in above ground parts of rice plants. The MAP and SFS at the rate of 200 mg P dm⁻³ of soil, allowed the highest dry matter in above ground parts of rice plants. Differences among soil chemical P-extractants and a positive correlation with the evaluated parameter were observed. Olsen's extractants showed were the best correlation with rice response to rates and sources of P.

Key Words: fertilization, phosphorus, soil analysis, *Oriza sativa*, extractants

INTRODUÇÃO

Os solos tropicais apresentam baixo teor natural de fósforo. Além disso, a sua disponibilidade para as plantas é baixa, devido ao baixo teor de bases e acidez elevada, fatores que levam à alta fixação desse nutriente. Para contornar essa deficiência, são utilizadas grandes quantidades de adubos fosfatados.

Supondo uma taxa anual de crescimento da demanda de 5%, a duração das atuais reservas brasileiras está limitada a aproximadamente 40 anos. Também deve-se levar em consideração as altas perdas desse elemento que ocorrem desde a etapa de lavra até a assimilação pelas culturas. Essas perdas podem atingir 98% (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1990).

Os altos investimentos iniciais com a adubação fosfatada têm dificultado a exploração efetiva do potencial do solo, pois a correção da deficiência de fósforo se faz normalmente pela aplicação de fosfatos altamente solúveis, como são os superfosfatos e os fosfatos de amônio. Esses adubos, ao se dissolverem em água, transformam-se em ácido fosfórico (H₃PO₄) e fosfato ácido de cálcio (CaHPO₄). Essa solução ácida que se forma no solo exerce um efeito marcante na disponibilidade de P para as plantas, uma vez que o H₃PO₄ produzido concorre para a dissolução dos óxidos de Fe, Al e Mn, acelerando o processo de fixação de P. Em razão disso, a adubação fosfatada é prática indispensável para obtenção de altas produtividades (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1990; Raij, 1991).

Os diversos métodos, tais como Mehlich-1, resina, Olsen, Bray etc., utilizados para avaliação do fósforo no solo, apresentam capacidades de extração diferentes, que nem sempre se correlacionam bem com o P extraído pelas plantas (Raij, 1991; Silva & Braga, 1992). No Brasil, sob condições de fertilidade natural ou após adubação com fosfatos solúveis, os métodos de avaliação citados anteriormente, estimam razoavelmente a disponibilidade de P para as plantas (Galvão & Volkweiss, 1981; Cabala-Rosand & Santana, 1983;). Por outro lado, extratores com tendência para liberação seletiva de fósforo ligado a ferro e alumínio (Mehlich-1, Bray) estimam melhor o fósforo disponível para as plantas, principalmente quando se usam fosfatos

naturais (Tanaka et al., 1981; Grande et al., 1986; Barbosa Filho et al., 1987; Raij, 1991; Stefanutti, 1991).

Há dúvidas na aplicação de fertilizantes fosfatados, quanto aos processos que levam ao baixo aproveitamento pelas culturas e ao uso de um extrator adequado, que permita avaliar com segurança o P realmente disponível para as plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilidade do fósforo no solo para as plantas, utilizando-se cinco fontes de adubos fosfatados, três métodos de extração e o arroz como planta teste.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP, em Piracicaba (SP).

Foram utilizadas amostras de solo (Areia Quartzosa) da camada arável (0 - 20 cm), de textura arenosa, ácido e com baixa concentração de P disponível. Uma amostra composta desse solo foi analisada quimicamente e o resultado encontra-se na [TABELA 1](#).

TABELA 1 - Resultado das análises químicas do solo antes da aplicação dos adubos fosfatados.							
pH	P (mg dm ⁻³)			K	Ca	Mg	V
CaCl ₂	Mehlich-1	Olsen	resina	mmol _c dm ⁻³			%
3,9	4	2	3	0,4	8	4	29

Antes do plantio do arroz efetuou-se a aplicação de cinco fontes de fósforo (fosfato natural Alvorada-FNA, superfosfato simples-SFS, superfosfato triplo-SFT, fostato monoamônico-MAP e termofosfato magnesiano-TM) em três doses (100, 200 e 300 mg P dm⁻³ de solo), além da testemunha. Após homogeneização dos adubos com a terra, foram acondicionados em vasos de 3 dm³ de capacidade, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, e incubados por um período de 60 dias, mantendo-se a umidade próxima da capacidade de campo (determinada através do método do torrão separado pela frente de molhamento (TFSM), segundo Fabricio, 1994). Após a incubação fez-se uma amostragem da terra para análise química.

O restante da terra contida nos vasos, após secagem ao ar, foi dividido em quatro porções, que foram colocadas em vasos de menor capacidade (0,5 dm³), os quais foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, perfazendo 64 unidades experimentais. Antes da semeadura, todos os vasos receberam adubação com

N (uréia 45% de N), K (KCl 60% de K₂O) e Zn (ZnSO₄.7H₂O) na mesma dose, exceto os tratamentos com o MAP, nos quais foi descontado o teor de N que estava contido nesse adubo, segundo recomendação do Boletim 100 do IAC (Raij et al., 1992). Realizou-se a semeadura do arroz, utilizando-se 20 sementes do cultivar "IAC-165", deixando-se 10 plantas por vaso por ocasião do desbaste, 12 dias após a germinação. Durante o desenvolvimento das plantas, a umidade do solo foi mantida próxima da capacidade de campo, mediante pesagem dos vasos e adição de água destilada. Trinta e dois dias após a semeadura, foi colhida a parte aérea das plantas e coletadas amostras de terra para análise química.

As análises químicas das amostras de solo de MO, pH em CaCl₂, K, Ca Mg e H+Al, foram realizadas conforme Raij & Quaggio (1983), e o P além da extração com resina, foi analisado por dois outros extratores, Olsen (NaHCO₃ a pH 8,5), utilizando 5 cm³ de terra em 50 mL do extrator e um tempo de agitação de 30 minutos (Olsen et al., 1954); Mehlich-1 (HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025 N), utilizando 5 cm³ de terra em 25 ml do extrator e um tempo de agitação de 15 minutos (Nelson, et al., 1953). A análise química da matéria seca da parte aérea das plantas de arroz foi realizada conforme Malavolta et al. (1989).

Os resultados obtidos foram avaliados por meio de análise de variância, comparando as médias pelo teste de Tukey a 5%. Os resultados de P absorvido pela parte aérea das plantas de arroz, de doses e fontes de fósforo foram analisados por regressão. A produção de matéria seca foi correlacionada com o P extraído pelos três extratores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado das análises químicas do solo após a incubação com os fosfatos são apresentados na [TABELA 2](#). Observa-se que houve mudanças significativas das condições químicas do solo, tendo em vista o fato desses adubos fosfatados comportarem-se como corretivos de acidez, aumentando o índice pH e a saturação por bases (V%) (Termofosfato) e adicionando bases (Superfosfatos).

TABELA 2 - Resultado das análises químicas do solo após 60 dias de incubação com os adubos fosfatados.									
Fonte	Dose P	pH P - mg dm ⁻³				K	Ca	Mg	V
	mg dm ⁻³	CaCl ₂	Mehlich-1	Olsen	resina	mmol _c dm ⁻³			%
FNA	100	4,5	76	18	30	0,4	11	2	37
	200	4,5	178	23	50	0,4	15	4	49
	300	4,5	285	98	89	0,4	20	3	51
MAP	100	4,0	62	53	44	0,5	06	3	23
	200	4,3	134	101	126	0,3	09	3	28
	300	4,3	196	167	147	0,5	06	2	21
SFS	100	4,6	49	23	51	0,4	22	2	49
	200	5,1	146	68	86	0,4	31	2	62
	300	5,0	234	120	224	0,2	55	4	75
SFT	100	4,5	49	48	35	0,5	11	3	38
	200	4,5	133	96	109	0,3	15	3	42
	300	4,6	225	151	227	0,3	18	3	46
TM	100	6,5	53	37	65	0,6	28	16	79
	200	6,6	141	129	167	0,5	36	2,4	85
	300	6,7	210	151	189	0,5	42	29	89
T	0	4,2	4	2	3	0,4	7	3	29

Dentre as fontes testadas, o termofosfato promoveu o maior índice pH e maior V%. Essa capacidade de corrigir a acidez do solo e aumentar a V% também foi observada por Mello et al. (1981) e é devida à liberação de OH⁻ e silicatos alcalinos. Segundo Mendez Baldeón, 1995, essa capacidade neutralizante do termofosfato deve-se à presença do ânion silicato, na forma de silicato de cálcio (CaSiO₃). O CaSiO₃ dissocia-se e produz íons Ca²⁺ e SiO₃⁻; o Ca²⁺, por sua vez, desloca o Al³⁺ do complexo, enquanto o SiO₃⁻ neutraliza os íons H⁺ presentes na solução do solo e converte-se em H₂ SiO₃ (Malavolta, 1985).

A reação alcalina dos termofosfatos aumenta o pH na região afetada pelo fertilizante, precipitando os íons Al³⁺ e Fe³⁺ livres, diminuindo assim a adsorção e a insolubilização do P ao redor das partículas e permitindo a liberação do nutriente em condições que favorecem uma menor reatividade do mesmo com os componentes dos solos ácidos. Os superfosfatos aumentaram ligeiramente o pH devido à liberação de íons OH⁻ na solução do solo (Braun, 1980; Oliveira et al., 1984; Malavolta & Alcarde, 1986; Fassbender, 1987).

Em geral, os fertilizantes contribuíram para o aumento da saturação por bases até níveis considerados ótimos para o desenvolvimento das plantas de arroz, por terem cálcio (fosfato natural Alvorada, superfosfato simples e superfosfato triplo) e magnésio (termofosfato magnesiano) na sua composição, exceto o monofosfato de amônio que não contém esses nutrientes.

Todas as fontes de fósforo utilizadas no ensaio aumentaram significativamente a produção de matéria seca, a concentração de P e o P absorvido pelas plantas de arroz, em relação à testemunha. As correlações que foram altamente significativas ao nível de 5 %, entre o P adicionado ao solo com a produção de matéria seca, o teor de P e com o P absorvido pela parte aérea das plantas de arroz (TABELA 3). Observa-se que o maior valor do coeficiente de correlação com a produção de matéria seca foi obtido quando se aplicou SFS ($R^2 = 0,97$) e o menor quando se aplicou FNA ($R^2 = 0,63$). O P absorvido correlacionou-se melhor com o SFS ($R^2 = 0,99$) e pior com o TM ($R^2 = 0,89$). Resultados semelhantes foram encontrados por Grande et al. (1986).

TABELA 3		
Correlações estabelecidas entre o fósforo adicionado ao solo (X) na forma de diferentes adubos fosfatados, com a produção de matéria seca (Y), concentração de fósforo na matéria seca (Y) e fósforo absorvido pela parte aérea das plantas de arroz (Y) .		
Fonte	Equação	R ²
Produção de matéria seca (g/vaso)		
FNA	$Y=1,026+0,018748X-0,000036625X^2$	0,63*
MAP	$Y=0,986125+0,036886X-0,0001X^2$	0,96*
SFS	$Y=1,026875+0,029744X-0,00007843X^2$	0,97*
SFT	$Y=1,103375+0,029521X-0,00007981X^2$	0,93*
TM	$Y=1,13775+0,025902X-0,000063375X^2$	0,90*
Concentração de P na matéria seca (g kg ⁻¹)		
FNA	$Y=0,1695+0,00147X$	0,91*
MAP	$Y=0,011045+0,000142X+0,00000089X^2$	0,98*
SFS	$Y=0,01454+0,000215X-0,000000818X^2$	0,98*
SFT	$Y=0,01486+0,000386X$	0,94*
TM	$Y=0,014535+0,000462X-0,000001143X^2$	0,89*
P absorvido pela parte aérea (mg/vaso)		
FNA	$Y=2,57975+0,06006X$	0,94*
MAP	$Y=0,70275+0,13879X$	0,95*
SFS	$Y=1,69275+0,1465X$	0,99*
SFT	$Y=0,37662+0,2509x-0,00043244X^2$	0,94*
TM	$Y=2,16775+0,19279X-0,000483X^2$	0,89*
* Significativo ao nível de 5%, pelo teste Tukey		

Os teores de P obtidos com os extratores, para cada dose de P adicionada ao solo, apresentaram comportamento bastante diferenciado. A capacidade de extração de P em geral foi decrescente na seguinte ordem: Mehlich-1, resina e Olsen (TABELA 4). Os métodos da resina e Olsen se comportam bem por extraírem formas lábeis de fósforo em processo similar ao das raízes das plantas, expressando o equilíbrio entre P-lábil e P-solução (Grande et al., 1986; Barbosa Filho et al., 1987; Raij, 1991; Stefanutti, 1991). Estes métodos, tendo menor influência sobre as formas não disponíveis de P-Ca no solo, apresentam vantagens sob condições de adubação com fosfatos naturais (Cabala-Rosand & Santana, 1983), nos quais os extratores ácidos são ineficientes (Raij et al., 1984).

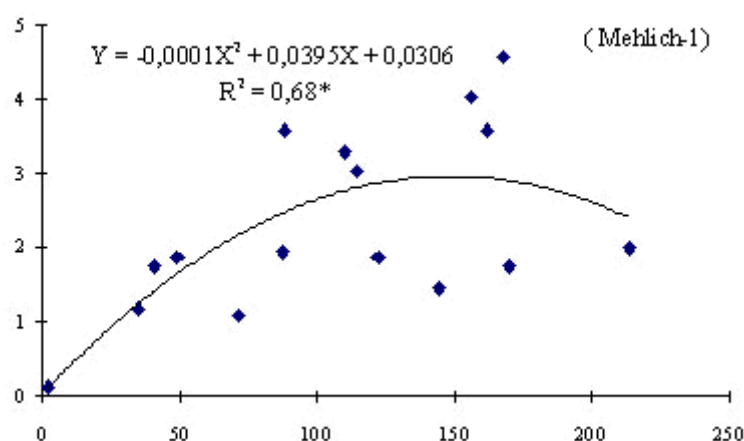
TABELA 4					
Teor de fósforo recuperado do solo pelos extratores, em função das doses para cada fonte de fósforo aplicada ao solo, após a colheita das plantas de arroz. Médias de quatro repetições.					
Métodos	Fontes	Doses - mg P dm ⁻³ de solo			
		0	100	200	300
		mg P dm ⁻³			
Mehlich-1	FNA	2,0 d A	71,4 c A	144,2 b A	213,6 a A
	MAP	2,0 d A	35,0 c B	109,9 b B C	155,8 a B
	SFS	2,0 d A	40,6 c B	114,1 b B	167,4 a B
	SFT	2,0 d A	49,0 c B	88,2 b C	161,8 a B
	TM	2,0 d A	87,5 c A	122,2 b A B	169,8 a B
C.V. % = 12,81 D.M.S.: fontes = 11,0967, doses = 9,3266					
Olsen	FNA	1,6 c A	9,9 b C	15,7 a D	20,4 a D
	MAP	1,6 d A	36,6 c A	65,8 b A	84,6 a A
	SFS	1,6 d A	31,7 c A	52,4 b B	59,4 a B
	SFT	1,6 d A	32,2 c A	60,8 b A	83,6 a A
	TM	1,6 d A	19,0 c B	34,5 b C	53,6 a C
C.V. % = 7,97 D.M.S.: fontes = 2,6618, doses = 2,2372					
resina	FNA	3,6 d A	23,9 c A	42,7 b C	58,0 a C
	MAP	3,6 d A	29,8 c A	68,1 b B	112,4 a B
	SFS	3,6 d A	32,5 c A	66,4 b B	105,1 a B
	SFT	3,6 d A	36,2 c A	71,8 b B	115,9 a B
	TM	3,6 d A	35,0 c A	129,7 b A	197,8 a A
C.V. % = 12,75 D.M.S.: fontes = 7,1953, doses = 6,0475					
Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na vertical ou letras minúsculas distintas na horizontal, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%.					

A [TABELA 5](#) apresenta as correlações, que foram altamente significativas, entre os três extratores e a produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz. Observa-se que o método Olsen ($R^2 = 0,94$) apesar de extrair relativamente menos fósforo que o Mehlich-1 ($R^2 = 0,91$) e a resina ($R^2 = 0,87$), foi o método que melhor correlacionou-se com este parâmetro.

TABELA 5		
Correlações estabelecidas entre o P extraído do solo pelos três extratores e a produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz após a colheita.		
Extrator	Equação	R ²
	Produção de matéria seca (g/vaso)	
Mehlich-1	$Y = 1,19808 + 0,04006X - 0,00016X^2$	0,91*
Olsen	$Y = 1,02534 + 0,11107X - 0,00108X^2$	0,94*
resina	$Y = 1,39658 + 0,04348X - 0,00019X^2$	0,87*

O extrator Mehlich-1, apresentou uma boa correlação com a produção de matéria seca da parte aérea das plantas de arroz. Este resultado somente é possível sob condições de fertilidade natural do solo ou quando do uso de adubos fosfatados solúveis (Galvão & Volkweiss, 1981; Cabala-Rosand & Santana, 1983).

Na [figura 1](#) são apresentadas as regressões polinomiais entre o P absorvido pela parte aérea do arroz e os teores de P extraído pelos três métodos. Percebe-se que o P-Mehlich-1 foi o que apresentou o menor coeficiente ($R^2 = 0,68$), o P-resina ($R^2 = 0,85$) e Olsen ($R^2 = 0,90$). Fato semelhante aconteceu quando se analisou a produção de matéria seca.



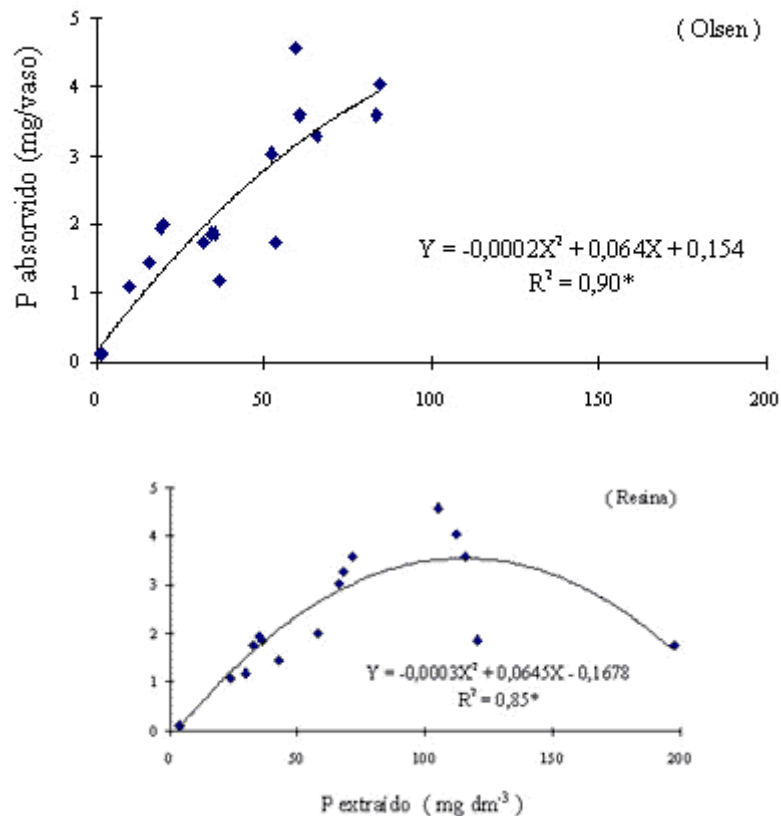


Figura 1 - Regressão polinomial dos teores de P extraídos Pelos extratores Mehlich-1, Olsen e resina com o P absorvido pela parte aérea das plantas de arroz.

As regressões polinomiais entre as doses de P aplicadas ao solo e o P extraído pelos métodos ([Figuras 2](#) e [3](#)) mostram aumentos significativos dos teores de P extraídos com as doses aplicadas de todas as fontes fosfatadas. Os efeitos das fontes foram semelhantes sobre os teores de P-resina e P-Olsen. O extrator Mehlich-1 extraiu mais fósforo insolúvel (FNA), mostrando a elevada capacidade extratora do método, que promoveu a remoção de altas quantidades de P do solo, sem a devida correspondência com a resposta biológica das plantas de arroz. Resultados coincidentes com os relatados por diversos autores (Goedert & Lobato, 1980; Bahia Filho et al., 1982; Barbosa Filho et al., 1987).

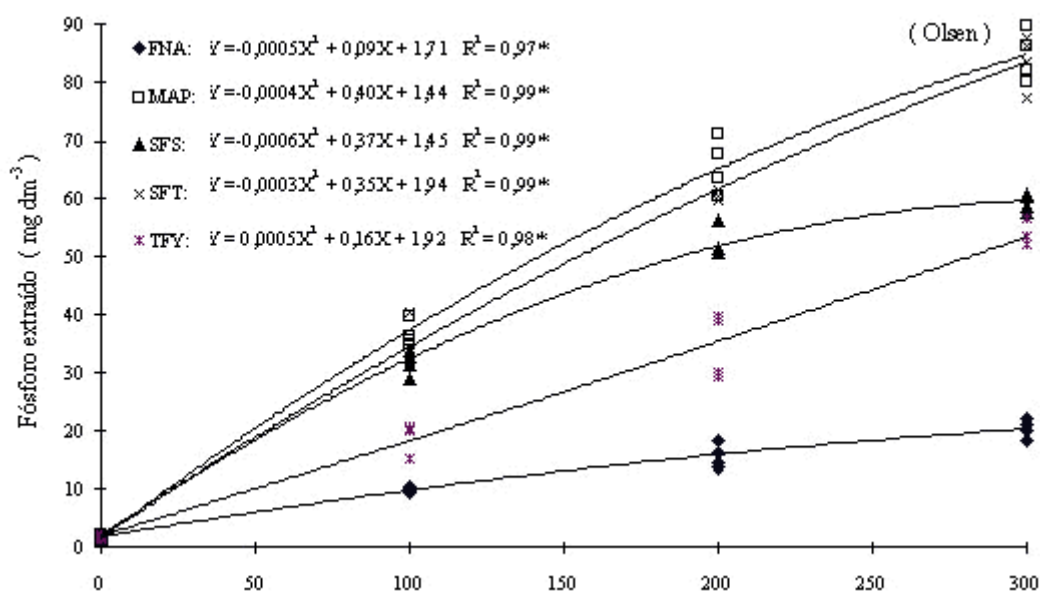


Figura 2 - Regressão polinomial das doses de fósforo aplicadas ao solo e os teores de fósforo extraídos pelos métodos Olsen e Mehlich-1.

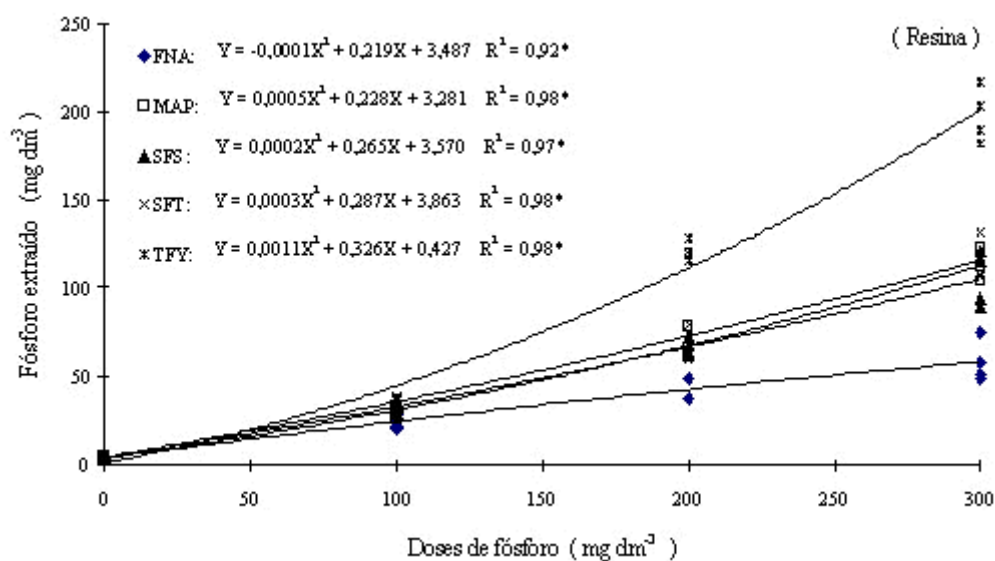


Figura 3 - Regressão polinomial das doses de fósforo aplicadas ao solo e os teores de fósforo extraídos pelo método da resina.

CONCLUSÕES

- As fontes de fósforo utilizadas comportaram-se de forma diferente em relação aos extratores do solo.

- O adubos em geral aumentaram a V% do solo, sendo que o termofosfato foi o que mais contribuiu no aumento deste parâmetro.
- Aumentos significativos do pH do solo foram obtidos quando se aplicou TM.
- A maior produção de matéria seca foi obtida com o MAP na dose 200 mg P dm⁻³ de solo. A dose 100 foi suficiente para atingir a máxima resposta do arroz, em termos de matéria seca e P absorvido, para todas as fontes testadas, exceto para o MAP e FNA.
- O extrator Mehlich-1 extraiu mais fósforo que o de Olsen e a resina, porém a melhor correlação com a resposta do arroz às fontes e doses de fósforo, deu-se com o extrator Olsen.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAHIA FILHO, A.F.C.; VASCONCELLOS, C.A.; SANTOS, H.L.; MENDES J.F.; PITTA, G.V.E.; OLIVEIRA, A.C. Formas de fósforo inorgânico e fósforo "disponível" em um latossolo vermelho-escuro, fertilizado com diferentes fosfatos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.6, n.2, p.99-104, 1982. [[Links](#)]
- BARBOSA FILHO, M.P.; 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**, v.11, n.2, p.147-155, 1987. [[Links](#)]
- BRAUN, W.A.G. Relação fosfato-solo-planta e termofosfato. **Fertilizantes**, v.2, n.1, p.3-8, 1980. [[Links](#)]
- CABALA-ROSAND, P.C.; SANTANA, M.B.M. Disponibilidade de fósforo e diagnose pela análise química do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, n.2, p.109-118, 1983. [[Links](#)]
- FABRICIO, A.C. Suprimento de boro e zinco para cultivares de trigo: em solução nutritiva e em dois tipos de solo. Piracicaba, 1994. 92p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. [[Links](#)]
- FASSBENDER, H.W. **Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina**. 2. ed. San José: IICA, 1987. 480p. [[Links](#)]
- GALRÃO, E.Z.; VOLKWEISS, S.J. Disponibilidade de fósforo do solo para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, n.2, p.114-118, 1981. [[Links](#)]
- GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. Eficiência agronômica de fosfatos em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.15, n.3, p.311-318, 1980. [[Links](#)]
- GRANDE, M.A.; CURI, N.; QUAGGIO, J.A. Disponibilidade de fósforo pelos extratores de Mehlich-1 e resina, em solos cultivados com arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, n.2, p.100-105, 1986. [[Links](#)]

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Tecnologia de produção de fertilizantes**. São Paulo, 1990. 237p. [[Links](#)]

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**. Piracicaba: Fertilizantes Mitsui, 1985. 251p. [[Links](#)]

MALAVOLTA, E.; ALCARDE, J.C. Adequação da legislação sobre fosfato às tecnologias visando o aproveitamento de fosfatos brasileiros na produção de fertilizantes. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 3., Brasília, 1986. **Anais** Brasília: IBRAFOS, 1986. p.177-198. [[Links](#)]

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p. [[Links](#)]

MELLO, F.A.F.; ARTUR, V.; VICTORIA, R. Efeito de três adubos fosfatados sobre a acidez de um solo hidromórfico. **Revista de Agricultura**, v.56, n.4, p.301-311, 1981. [[Links](#)]

MENDEZ BALDEÓN, J.R. Efeito da ação alcalinizante e da competição entre silicato e fosfato na eficiência do termofosfato magnésiano em solos ácidos. Piracicaba, 1995. 88p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. [[Links](#)]

NELSON, W.L.; MEHLICH, A.; WINTERS, E. The development, evaluation and use of soil tests phosphorus availability. In: PIERRE, W.H.; NORMAN, A.G. (Ed.). **Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition**. New York: Academic Press, 1953. p.89-122. (Agronomy. A Series of Monographs, 4) [[Links](#)]

OLIVEIRA, O.F. de; CAMARGO, C.E.O.; RAMOS, V.J. Efeito do fósforo sobre os componentes de produção, altura das plantas e rendimento de grãos, em trigo. **Bragantia**, v.43, n.1, p.31-44, 1984. [[Links](#)]

OLSEN, S.R.; COLE, C.V.; WATANABE, F.S.; DEAN, L.A. **Estimation of available phosphorus in soils extraction with sodium bicarbonate**. Washington: USDA, 1954. 19p. (Circular, 939). [[Links](#)]

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres; POTAFOS, 1991. 343p. [[Links](#)]

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81). [[Links](#)]

RAIJ, B. van.; FEITOSA, C.T.; SILVA, N.M. Comparação de quatro extratores de solos. **Bragantia**, v.43, p.17-29, 1984. [[Links](#)]

RAIJ, B. van; SILVA, N.M. da; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELINAZZI, R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1992. 107p. (Boletim Técnico, 100). [[Links](#)]

SILVA, J.T.A.; BRAGA, J.M. Sensibilidade de extratores de fósforo e nível crítico de dez solos do Estado de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.39, n.226, p.542-553, 1992.

[[Links](#)]

STEFANUTTI, R. Efeito da granulometria do termofosfato magnesiano no aproveitamento do fósforo. Piracicaba, 1991. 76p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. [[Links](#)]

TANAKA, R.T.; BAHIA, V.G.; COELHO, A.M.; FREIRE, J.C. Seleção de extratores de fósforo do solo em função das respostas das plantas de milho (*Zea mays* L.) e da adubação com fosfato de Patos-de-Minas em condições de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, n.1, p.38-42, 1981. [[Links](#)]

Recebido para publicação em 25.04.97

Aceito para publicação em 11.03.98

¹Trabalho apresentado no XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo/Águas de Lindóia-SP, 4 - 8 de Agosto de 1996.