

FÓSFORO ASSIMILÁVEL EM SOLOS REPRESENTATIVOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

[EXCHANGEABLE PHOSPHORUS IN REPRESENTATIVE SOILS OF THE RIO GRANDE DO NORTE STATE]

ALEXANDRE DE OLIVEIRA LIMA
Estudante de Agronomia, ESAM, bolsista do CNPQ
Caixa Postal 137, 59600-970 Mossoró-RN

MAURÍCIO DE OLIVEIRA
Prof. Adjunto, ESAM, Caixa Postal 137, 59600-970 Mossoró-RN

[Recebido em 18.09.1997]

SINOPSE - Tendo como objetivo avaliar a disponibilidade de fósforo assimilável em pedossistemas representativos do Estado do Rio Grande do Norte, foram coletadas amostras superficiais (0-20cm) de quatro tipos de solos: AQd (Entisol), AQh (Entisol), Oe (Histisol) e RZ (Mollisol). Estes pedomateriais foram acondicionados em vasos com capacidade de 1,5dm³, onde foram aplicados três tratamentos arranjados em blocos completos casualizados: 0 (testemunha), 200mg.kg⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) e 200mg.kg⁻¹ de P₂O₅ (ácido fosfórico). Após 30 dias, correspondentes ao período de incubação foram realizadas análises preliminares utilizando quatro métodos de extração de fósforo (Mehlich-1, Bray-1, Olsen e Schofield). O experimento de resposta biológica foi conduzido durante 22 dias em casa de vegetação, utilizando o milho como planta indicadora. Ao final deste período realizou-se nova análise para que fosse efetuada a correlação com a resposta biológica. Observou-se que o método de extração Schofield se mostrou ineficiente na avaliação da disponibilidade de fósforo, o Olsen se mostrou eficiente na avaliação da disponibilidade de fósforo nos solos com menor capacidade tampão e o Mehlich-1 apresentou altos índices de correlação biológica em toda a população de solo estudado.

→Termos adicionais de indexação: pedossistemas, métodos de extração, resposta biológica

ABSTRACT - To evaluate the availability of exchangeable phosphorus in representative soil systems of Rio Grande do Norte State, surface samples (0-20cm) were collected from four soil types: AQd (Entisol), AQh (Entisol), Oe (Histisol), and RZ (Mollisol). These soil materials were conditioned in 1.5dm³ pots, to which three treatments were applied and arranged in randomized complete blocks: 0 (control), 200mg.kg⁻¹ P₂O₅ (simple superphosphate), and 200mg.kg⁻¹ P₂O₅ (phosphoric acid). At 30 days after incubation preliminary analyses were performed utilizing four methods of phosphorus extraction (Mehlich-1, Bray-1, Olsen, and Schofield). The biological response experiment was carried out during 22 days under greenhouse conditions utilizing maize as indicator. At the end of this period new analysis was made in order to correlate to the biological response. It was observed that Schofield method was inefficient for evaluating phosphorus availability, Olsen method was efficient for evaluating phosphorus availability in the soils with lower buffer capacity, and Mehlich-1 method had high biological correlation indexes for all soils studied.

→Additional keywords: soil systems, extraction methods, biological response

INTRODUÇÃO

Atualmente o fósforo é um dos elementos mais estudados em todo o mundo. Esta condição pode ser explicada pela complexidade que envolve sua absorção, devido à forte interação com o solo e pela baixa solubilidade dos compostos formados com esta interação, assim como sua quantificação através da utilização dos métodos químicos de extra-

ção. Neste sentido, vários são os estudos desenvolvidos no intuito de se determinar qual dos métodos atualmente empregados melhor se correlaciona com o fósforo realmente absorvido pela plantas. Segundo RAIJ (1991), a utilização desses vários métodos de extração nas diferentes regiões do mundo é um reflexo da falta de concordância do que seria o método mais adequado. No Brasil, o extrator Mehlich-1 é utilizado praticamente em todos os laboratórios

de rotina do País, exceto nos laboratórios do Estado de São Paulo e alguns do Nordeste, que utilizam o método da resina trocadora de ions, em virtude da provável superioridade desse método, para alguns solos, em relação aos outros métodos rotineiramente empregados no País.

Com relação aos solos do Estado do Rio Grande do Norte, poucos são os trabalhos desenvolvidos no sentido de determinar o método de extração que melhor se correlaciona com o teor de P absorvido pelas plantas e o rendimento das culturas. Assim, faz-se necessário a padronização dos diferentes métodos de extração, além de sua calibração de acordo com as características edafoclimáticas da região.

O presente trabalho teve como objetivo analisar a disponibilidade de fósforo em pedossistemas representativos do Estado Rio Grande do Norte, utilizando quatro diferentes métodos de extração desse elemento.

MATERIAL E MÉTODO

O presente trabalho foi realizado com quatro solos originários de diferentes pedossistemas do Estado do Rio Grande do Norte.

Foram coletadas amostras superficiais (0-20cm) dos seguintes tipos de Solos: Areia Quartzosa Distrófica (AQd) – Entisol, e Areia Quartzosa Hidromórfica (AQh) – Entisol, Orgânico Eutrófico (Oe) – Histosol e Rendzina (RZ) – Mollisol. As amostras foram secas ao ar e peneiradas em malhas de 2,00mm de abertura e acondicionadas em vasos com capacidade para 1,5dm³.

Depois de acondicionados em vasos, foram aplicados os 3 tratamentos: T1 = 0 (testemunha), T2 = 200 mg.kg⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) e T3 = 200 mg.kg⁻¹ de P₂O₅ (ácido fosfórico).

Após a aplicação dos tratamentos passaram-se 30 dias de incubação para que as fontes de fósforo tivessem reação com o solo. Durante este período os vasos foram devidamente umedecidos com água deionizada, permanecendo com teor de umidade próximo da capacidade de campo. Terminado período de incubação, foi realizada a homogeneização dos solos dos vasos, sendo retiradas amostras de cada vaso para análise dos teores de fósforo com os diferentes métodos de extração.

Foram feitas determinações de pH (água 1:2,5), teores de Ca, Mg, Al (extraído pelo KCl), Na

e K (extraído pelo extrator ácido Mehlich-1). Todas as determinações foram efetuados de acordo com orientação do Manual de Análise de Solo da EMBRAPA (BRASIL, 1997).

Foram empregados os seguintes extratores: Mehlich-1 (H₂SO₄ 0,025 N + HCl 0,05 N) conforme BRASIL (1997); Bray 1 (NH₄F 0,03 N + HCl 0,025 N), conforme McKEAGUE (1997), Olsen (NaHCO₃ pH 8,5), conforme RAIJ (1978) e Schofield (CaCl₂ 0,01 M), conforme RAIJ (1978).

Em todos os extratores foi empregada a proporção de 10 (extrator):1 (solo), seguindo o mesmo procedimento para todos os métodos de extração.

Foi instalado experimento de resposta biológica em casa de vegetação da ESAM, sendo empregado o milho, híbrido duplo Agrocere (AG 405). A semeadura foi com cinco sementes por vaso. Após sete dias foi realizado desbaste deixando-se três plantas por vaso. Com 22 dias do plantio, procedeu-se a coleta da parte aérea da planta, obtendo-se as matérias verde e seca (material seco em estufa a 70°C por 72 horas) e os níveis de P absorvido pelas plantas, após a digestão nitroperclórica (MORAIS & RABELO, 1986).

Foram empregados os parâmetros média, variância, desvio padrão, erro padrão da média e o coeficiente de variação para avaliar a viabilidade espacial dos dados além de estabelecer os intervalos de confiança para a média dos teores de fósforo nos solos estudados.

Foi empregado o delineamento em esquema fatorial, com tratamentos dispostos em blocos completos casualizados, com quatro repetições.

Em todas as variáveis foram efetuadas análises de variância e de regressão através de processamento eletrônico de dados, utilizando-se o software SAEG, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa-MG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fósforo recuperado pelos extratores

Na Tabela 1 estão expressos os resultados do P recuperado pelos extratores Mehlich-1, Bray-1 e Schofield juntamente com a dose de P₂O₅ aplicada em cada solo antes do plantio. Verifica-se a semelhança entre os teores de P extraído pelos extratores

TABELA 1 - Teores de fósforo recuperado pelos extratores, antes do plantio, nas diferentes doses e nos solos estudados¹.

Tratamentos	Fósforo no solo (mg/kg)			
	Oe	Rz	AQd	AQh
Extrator Mehlich-1.....			
Testemunha	68,72 b	5,25 a	2,13 b	1,85 b
200 ppm (H ₃ PO ₄)	135,93 a	2,58 a	72,72 a	48,05 a
200 ppm (super simples)	247,20 a	3,81 a	79,89 a	68,88 a
Extrator Bray-1.....			
Testemunha	13,42 b	4,38 a	5,45 b	2,51 b
200 ppm (H ₃ PO ₄)	214,00 a	14,36 a	51,12 a	57,08 a
200 ppm (super simples)	205,16 a	18,49 a	80,85 a	55,66 a
Extrator Schofield-1.....			
Testemunha	1,82 a	1,58 a	1,09 a	1,78 a
200 ppm (H ₃ PO ₄)	7,94 a	2,97 a	2,77 a	3,89 a
200 ppm (super simples)	6,50 a	14,08 a	4,55 a	10,64 a

¹ Letras iguais, em cada coluna e extrator, indicam médias estatisticamente semelhantes pelo teste de Tukey (P<0,05).

TABELA 2 - Resumo da análise de variância para os teores de fósforo recuperado pelos diferentes métodos de extração em função da dose aplicada.

FV	GL	QM
Blocos	3	119,75 ^{ns}
Tratamento (Trat)	2	55843,52*
Solo	3	35863,26*
Extrator (Ext)	2	54381,93*
Trat × solo	6	8942,77*
Trat × Ext	4	11685,09*
Solo × Ext	6	60198,14*
Resíduo (erro)	117	328,71*
CV = 41,79%		

^{ns} Não significativo. ** Significativo pelo teste F (P<0,01).

TABELA 3 - Teores de fósforo recuperado (mg/kg) pelo extrator Olsen, nos diferentes solos, antes e após o plantio¹.

Tratamentos	Solo		
	RZ	AQd	AQh
Antes do plantio.....		
Testemunha	14,72 c	3,22 b	10,36 b
200 ppm (H ₃ PO ₄)	63,38 b	66,18 a	79,72 a
200 ppm (super simples)	96,24 a	68,13 a	75,53 a
Após o plantio.....		
Testemunha	16,42 b	1,04 b	3,52 b
200 ppm (H ₃ PO ₄)	42,48 a	74,31 a	48,68 a
200 ppm (super simples)	49,28 a	69,53 a	56,11 a

¹ Letras iguais, em cada coluna, indicam médias estatisticamente semelhantes pelo teste de Tukey (P<0,05).

Mehlich-1 e Bray-1 nos solos Oe, AQd e AQh, sendo que na Rendzina (RZ) as quantidades de P recuperadas foram menores em relação aos outros solos.

Este comportamento explica o efeito significativo da interação solo x extrator apresentado de P recuperado, por todos os métodos, nos dois períodos

TABELA 4 - Teores de fósforo recuperado pelos extratores, após o plantio, nas diferentes doses e nos solos estudados¹.

Tratamentos	Fósforo no solo (mg/kg)			
	Oe	Rz	AQd	AQh
.....Extrator Mehlich-1.....				
Testemunha	3,21 b	8,58 a	1,56 b	5,44 b
200 ppm (H ₃ PO ₄)	126,87 a	4,62 a	67,15 a	73,98 a
200 ppm (super simples)	145,59 a	3,62 a	81,20 a	96,83 a
.....Extrator Bray-1.....				
Testemunha	13,85 c	4,39 a	8,38 b	4,31 b
200 ppm (H ₃ PO ₄)	192,15 b	13,52 a	83,09 a	80,24 a
200 ppm (super simples)	251,04 a	13,76 a	88,67 a	105,09 a
.....Extrator Schofield-1.....				
Testemunha	1,82 a	0,55 a	0,79 a	4,16 a
200 ppm (H ₃ PO ₄)	7,46 a	2,14 a	1,88 a	14,67 a
200 ppm (super simples)	13,62 a	3,22 a	4,00 a	19,35 a

¹ Letras iguais, em cada coluna e extrator, indicam médias estatisticamente semelhantes pelo teste de Tukey (P<0,05).

TABELA 5 - Síntese da análise da variância para matéria verde, matéria seca e teor de fósforo na planta em função da dose aplicada, nos solos estudados

FV	GL	QM		
		Matéria verde	Matéria seca	P
Bloco	3	4,90 ^{ns}	0,15 ^{ns}	5081,75 ^{ns}
Tratamento (T)	2	136,09**	2,00**	261798,30**
Solo (S)	3	375,22**	8,16**	306529,60**
B × S	9	6,18 ^{ns}	0,67 ^{ns}	7597,58 ^{ns}
T × S	6	5,16 ^{ns}	0,45 ^{ns}	47407,60**
Erro	24	7,63	0,12	2551,07
CV%		26,11	22,67	15,05

^{ns} Não significativo. ** Significativo pelo teste F (P<0,01).

na Tabela 2 e corrobora com os resultados apresentados por GONÇALVES *et alii* (1989) e FAGUNDES NETO (1995), que encontraram um menor poder de recuperação de fósforo dos extratores Mehlich-1 e Bray-1 em solos com elevada capacidade tampão. Já o extrator Schofield não apresentou diferença entre os teores de P recuperados, evidenciando assim seu baixo poder de extração na população de solos estudados.

Houve efeito significativo para a correlação entre tratamento (teor e fonte de fósforo) e o extrator, o que indica que os extratores recuperaram quantidades diferentes de P nos três tratamentos testados. Já o efeito significativo de correlação entre tratamento e solo evidencia a capacidade de adsorção das doses aplicadas em relação ao solo estudado.

Com relação ao extrator Olsen (Tabela 3), verifica-se sua superioridade na extração de P em relação aos extratores Mehlich-1, Bray e Schofield, antes e após o plantio na Rendzina (RZ). Esta superioridade pode ser explicada por ser o Olsen um extrator com pH mais elevado (8,5), contendo íons bicarbonatos que atuam complexando os cátions ligados ao P, aumentando assim a extração deste elemento. Já nas AQd e AQh o poder de extração do Olsen se equivale ao dos outros métodos de extração. Tal comportamento se dá em virtude da estabilidade e versatilidade deste método nas mais variadas condições de solo (RAIJ, 1978). Com relação ao solo orgânico, não foi possível obtenção de leitura de fósforo neste solo. Na Tabela 4 são encontrados os teores de P extraído (após o plantio), onde se evidencia a semelhança entre os teores

TABELA 6 - Produção da matéria verde, matéria seca e absorção de fósforo pelas plantas, em função dos tratamentos aplicados na população de solos estudados.

Tratamentos	Matéria verde (g)			
	Oe	RZ	AQd	AQh
Testemunha	4,32 b	16,31 a	3,06 b	7,21 a
200 ppm (H ₃ PO ₄)	10,55 a	18,28 a	4,45 ab	8,97 ab
200 ppm (super simples)	11,12 a	21,21 a	9,12 a	12,16 a
Tratamentos	Matéria seca (g)			
	Oe	RZ	AQd	AQh
Testemunha	0,60 b	2,79 ab	0,43 b	1,11 b
200 ppm (H ₃ PO ₄)	1,38 ab	2,30 b	0,62 b	1,33 b
200 ppm (super simples)	1,12 b	3,00 a	1,50 a	2,03 a
Tratamentos	P (mg/g)			
	Oe	RZ	AQd	AQh
Testemunha	0,25 b	0,09 a	0,16 b	0,25 b
200 ppm (H ₃ PO ₄)	0,42 a	0,16 a	0,63 a	0,44 a
200 ppm (super simples)	0,50 a	0,12 a	0,62 a	0,43 a

¹ Letras iguais, em cada coluna, indicam médias estatisticamente semelhantes pelo teste de Tukey (P<0,05).

TABELA 7 - Matriz de correlação simples entre os teores de fósforo no solo pelos diferentes extratores e acumulado na planta em quatro solos representativos do Estado do Rio Grande do Norte.

Extrator	Solo			
	Oe	RZ	AQd	AQh
Depois do plantio.....			
Mehlich	0,9924**	-0,9974**	0,9933**	0,9647 ^{ns}
Bray-1	0,9481 ^{ns}	0,6302 ^{ns}	0,8949 ^{ns}	1,0000**
Olsen	-	0,6985 ^{ns}	0,9998**	0,9936**
Schofield	0,8662 ^{ns}	0,0555 ^{ns}	0,7556 ^{ns}	0,7275 ^{ns}

^{ns} Não significativo. ** Significativo pelo teste F (P<0,01).

correspondentes a antes e após o plantio. Esta tendência pode ser explicada pelo curto período (22 dias) que separa a primeira da segunda determinação.

Fósforo recuperado pelas plantas

A Tabela 5 contém a síntese da análise de variância referente às produções de matérias seca e verde e P absorvido pelas plantas, em função dos tratamentos aplicados e dos solos estudados.

Na correlação entre tratamentos e solos houve diferença significativa na absorção de P pela planta, evidenciando que há variação na absorção deste elemento entre os solos em função das doses e fontes de P utilizadas.

Na Tabela 6 observa-se que as produções de matérias verde e seca e os teores de P absorvido pelas plantas foram maiores na Rendzina em virtude da maior afinidade dos sítios de adsorção propiciando maior disponibilidade de nutrientes.

Com relação à absorção de P, observou-se maior recuperação de P nos solos com menor capacidade tampão (AQd e AQh) e menores recuperações nos solos com maior poder tampão (RZ). Sendo assim, a capacidade tampão é fator relevante e esclarecedor na avaliação da disponibilidade de P no solo (BAHIA FILHO *et alii* 1983; GONÇALVES *et alii*, 1989; FAGUNDES NETO, 1994 e MORAIS, 1995).

Correlação entre o fósforo aplicado nos solos e os teores de fósforo recuperado pela planta.

Pelos coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os teores de fósforo recuperado pelos extratores e os acumulados pelas plantas (Tabela 7), verifica-se que o extrator Mehlich-1 explicou em 89% o montante do fósforo absorvido pelas plantas após o plantio no solo orgânico, mostrando sua superioridade em relação aos outros métodos neste

solo.

Na Rendzina, o extrator Mehlich-1 apresentou alta correlação negativa com o fósforo recuperado pelas plantas. Esta condição pode ser explicada pela tendência que tem este extrator ácido de solubilizar maiores quantidades de P ligado a Ca. Este P, contudo, não está disponível para as plantas. Para este mesmo solo o extrator Olsen não se mostrou eficiente para a resposta biológica quanto à recuperação de P (Tabela 3).

Para o solo AQd observou-se comportamento semelhante entre o Mehlich-1 e o Olsen. Já no solo AQh o Olsen confirmou ser o extrator que melhor explicou a resposta biológica juntamente com o Bray-1. Esta superioridade do Olsen se explica pelo fato de que, em solos ácidos adubados, a reserva de P-lábil se encontra em grande parte na forma de Al e Fe (BARBOSA FILHO *et alii*, 1987), e os resultados alcançados sugerem a preferência do Olsen na avaliação do P “extraível” neste solo.

CONCLUSÕES

O método de extração Schofield se mostrou ineficiente na avaliação da disponibilidade de fósforo.

O extrator Olsen mostrou-se eficiente na avaliação da disponibilidade de fósforo nos solos com menor capacidade tampão, todavia, não foi possível, com este extrator, efetuar medição de fósforo no extrato obtido do solo orgânico.

O extrator Mehlich-1 foi o que apresentou melhores índices de correlação biológica média em toda a população de solos estudados.

LITERATURA CITADA

- BAHIA FILHO, A. F. L.; BRAGA, J. M.; RIBEIRO, A. C. & NOVAES, R. F. (1983). Sensibilidade de extratores químicos a capacidade tampão de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 7(3):243-245.
- BARBOSA FILHO, M. P.; KINJO, T & MURAOKA, T. (1987). Relação entre fósforo “extraível”, reações inorgânicas de fósforo e crescimento do arroz em função de fonte de fósforo, calagem e tempo de incubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 11(2):147-155.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. S. N. L. C. S. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997 [n.p.].

FAGUNDES NETO, A. L. (1995). Disponibilidade de fósforo em três solos representativos da região de Mossoró-RN. Mossoró: ESAM. (Monografia de graduação).

GONÇALVES, J. L. M.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. & RIBEIRO, A. C. (1989). Cinética de transformação de fósforo-lábil em não-lábil, em solos de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 13(1):13-24.

McKEAGUE, J. A. (1978). **Manual on Soil Sampling and Methods of Analysis**. Ottawa: Canadian Society of Soil Science.

MORAIS, E. R. C. (1995). Fosfatagem, calagem e disponibilidade de fósforo em amostras sub-superficiais de Areia Quartzosa álica do município de Serra do Mel-RN, Mossoró: ESAM. (Monografia de graduação).

MORAIS, E. R. C. & RABELO, N. (1986). Um método simples para digestão de amostra de plantas. Brasília, EMBRAPA/DDT.

RAIJ, B. V. (1978). Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 2(1):1-9.

RAIJ, B. V. (1991). **Avaliação da fertilidade do solo**. São Paulo: Ceres/Potafos.