

Eficiência de diferentes extratores de fósforo em solos do Estado do Amazonas⁽¹⁾

Tainah Manuela Benlolo Barbosa⁽²⁾; José Zilton Lopes Santos⁽³⁾; Carlos Alberto Franco Tucci⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq.

⁽²⁾ Doutoranda em Agronomia Tropical, Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus - AM, tainahbenlolo@hotmail.com;

^(3,4) Professor do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus - AM.

RESUMO: A eficiência dos extratores de P pode ser avaliada medindo o grau de associação entre a quantidade extraída e as frações de P predominante no solo. Objetivou-se avaliar os teores das frações de Pi e a fração P orgânico em solos representativos do Estado do Amazonas e suas correlações com P extraído dos solos pelos extratores Mehlich-1, Bray-1, Bray-2, Olsen, resina de troca aniônica-1 e resina de troca aniônica-2. Foram coletadas amostras da camada superficial (0- 20 cm) de oito solos, que foram preparados e submetidos à avaliação quanto da disponibilidade de P por diferentes extratores e frações deste elemento. Além disso, foi avaliada a eficiência de cada extrator pelo coeficiente de correlação entre o teor de P disponível e a fração de P predominante. Os solos apresentam baixos valores de P disponível, exceto LAAM, NF e GH onde os valores são considerados adequados e médios. A fração P-Fe é a predominante nos solos avaliados, sendo que em solos com menor grau de intemperização predomina P-Ca. Os extratores B1, B2, R1 e R2, são os mais indicados para a determinação do P disponível em solos do Estado do Amazonas.

Termos de indexação: P-disponível, frações de P, solução extratora.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de fósforo (P) é caracterizada, pela atividade de íons ortofosfato na solução do solo. É possível que haja solos com o mesmo potencial de fosfato, mas que diferem em relação à capacidade de manter constante a atividade de P em solução, em situação que haja remoção ou adição deste elemento ao solo.

As propriedades dos solos como, teor e tipo de mineral de argila, matéria orgânica, pH e capacidade de troca catiônica (CTC), influenciam na disponibilidade de P e consequentemente na eficiência dos extratores. De modo geral, as extrações do P disponível fornecem valores que variam entre intensidade e quantidade de P no solo, sendo que às vezes pode extrair até parte do P não-lábil, dependendo das propriedades do extrator e das condições de extração.

No Brasil, as análises de rotina utilizam basicamente dois métodos de extração de P, o Mehlich-1 e o resina de troca aniônica. O Mehlich-1 é um método de uso prático, mas com limitações, devido à sensibilidade ao fator capacidade de P (FCP). Quanto à resina, é considerado um método eficiente, sendo menos influenciada pelas características dos solos, mas, apresenta pouca praticidade de uso (Rolim et al., 2008). No que se referem aos outros métodos propostos, Bray-1 é projetado para extrair P de solos ácidos e Olsen para solos alcalinos.

A eficiência do extrator está relacionada com a fração de P predominante no solo que a solução consegue extrair, seja orgânica ou inorgânica. Essas frações tem sido obtidas utilizando metodologias como Hedley et al. (1982) (P-orgânico e inorgânico), Braga (1980) (P-orgânico) e Chang & Jackson (1957) que permite conhecer as frações inorgânicas: P facilmente solúvel em água (P-H₂O), P ligado a alumínio (P-Al), P ligado a ferro (P-Fe) e o P ligado cálcio (P-Ca).

É importante ressaltar que a proporção entre essas frações pode variar entre os solos. Barbosa Filho et al. (1987) avaliando as frações de P em um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (LEd), verificaram que a forma de P extraída no LVd foi P-Fe > P-Ca > P-Al > P-NH₄Cl enquanto para o LEd, a sequência foi P-Fe > P-Al > P-Ca > P-NH₄Cl. Estes autores notaram também que os extratores Mehlich-1, Olsen + EDTA e Bray-1 extraíram predominantemente P-Fe e este correlacionou melhor com a produção da cultura. Por outro lado, Bahia Filho et al. (1982) avaliando as formas de P inorgânico e P disponível em um Latossolo Vermelho-Escuro, verificaram que houve uma estreita relação entre a eficiência do extrator e a fração de P predominante: Mehlich-1: P-Ca >>>> P-Fe > P-Al; Bray-1: P-Al >>>> P-Fe; Bray-2: P-Ca >>> P-Al > P-Fe; Olsen: P-Al >>> P-Fe.

Diante do exposto, a obtenção de informação quanto às formas de P predominantes nos solos da região amazônica, bem como das correlações existentes entre essas frações e o P disponível por diferentes extratores, poderia auxiliar na seleção de extratores mais eficazes para medir a

disponibilidade de P nos diferentes solos dessa região.

Objetivou-se com o presente estudo avaliar a disponibilidade e frações de P, bem como correlacionar as diversas frações de P com o P extraído com os diferentes extratores, em solos representativos do Estado do Amazonas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Viçosa, utilizando-se amostras de oito solos do Estado do Amazonas: Latossolo Amarelo distrófico muito argiloso (LAa); Latossolo Amarelo distrófico textura média (LAM); Latossolo Amarelo antrópico textura média (LAAm); Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico argiloso (AVAa); Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média (AVAm); Neossolo Flúvico textura média (NF); Gleissolo Háptico arenoso (GH) e Plintossolo Argilúvico textura média (PA). Coletados na camada de 0 - 20 cm, sob mata nativa.

Após a coleta as amostras foram preparadas e submetidas à caracterização química e granulométrica do solo, as quais apresentaram os seguintes resultados: pH em água (4,3; 4,9; 5,6; 4,2; 4,2; 6,2; 4,6; 4,5), Ca^{2+} (0,0; 0,0; 5,7; 0,0; 0,1; 9,6; 0,0; 0,8 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$); P remanescente (34,2; 47,2; 35,7; 37,1; 42,4; 22,2; 48,9; 40,3 mg kg^{-1}); carbono orgânico (3,31; 1,17; 2,53; 0,97; 2,18; 0,35; 1,56; 2,34 %) e teor de argila (680; 60; 230; 540; 180; 180; 70; 160 g kg^{-1}) para os solos LAa, LAM, LAAm, PVAm, PVAa, NF, GH e PA respectivamente.

Separou-se uma alíquota de cada solo para determinação do teor de P disponível pelos extratores Mehlich-1 (M1); Bray-1 (B1); Bray-2 (B2); Resina de Troca aniônica-1 (R1) (Fullin, 1986); Resina de Troca aniônica-2 (R2) (Raij, 1978); e Olsen. Para o fracionamento do P inorgânico usou-se o procedimento proposto por Chang & Jackson (1957), determinando-se, assim, o P facilmente solúvel (P-H₂O), P ligado a alumínio (P-Al), P ligado a ferro (P-Fe) e o P ligado a cálcio (P-Ca). O P orgânico (Po) foi obtido conforme Braga (1980).

Para a avaliação dos diferentes métodos de extração de P, calculou-se a correlação linear de Pearson entre os valores de P obtido pelas diferentes soluções extratoras e as frações de P, sendo testados até o nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Formas inorgânicas e teor orgânico de P

A proporção entre as frações de P foi variável entre e dentro dos diferentes solos estudados. De acordo com os resultados, a presença das frações

de P nos solos obedeceu a seguinte ordem decrescente: P-Fe >> P-Al >>> P-Ca \geq P-H₂O, exceto para os solos AVAm onde P-Al >> P-Fe >> > P-Ca \geq P-H₂O e NF onde P-Ca >>> P-Fe \geq P-Al >>> P-H₂O (Tabela 1). Os maiores teores de P ligado a Fe e Al é consequência do alto grau de intemperismo de grande parte dos solos da região Amazônica, onde em condições de elevada acidez e deficiência em Ca, faz com que a maior parte do P nativo esteja precipitada com Fe e Al, ou é adsorvida à superfície dos sesquióxidos de Fe e Al (Souza Junior et al., 2012). Assim, o extrator de P disponível para as plantas mais indicado para esses solos, na ausência da adubação, deverá ser aquele que tiver maior preferência em extrair P-Fe e P-Al e menor preferência em extrair P-Ca e P-H₂O. Resultados semelhantes foram observados por Fernandes et al. (1998), os quais verificaram predomínio de P-Fe em um Latossolo Roxo do Estado de Minas Gerais. Desdobrando o fator tipo de solo dentro da fração de P, verifica-se que o P-Fe seguiu a seguinte ordem decrescentes entre os solos: LAAm >> GH >> LAa = LAM \geq NF \geq AVAa > PA >> AVAm, enquanto o P-Al obedeceu a seguinte ordem LAAm >>> NF \geq GH > AVAm >> LAM > AVAa > LAa = PA. É importante ressaltar que nos solos com fraca acidez e com maiores teores de cálcio o Pi foi encontrado principalmente na forma de P-Ca (Tabela 1).

Em relação à compartimentalização de P no solo, a fração Pi foi predominante nos solos avaliados, exceto para o solo PA onde o maior estoque de P estava preferencialmente no compartimento orgânico e AVAm, o Pi e Po foram equivalentes (Tabela 1).

Os resultados de correlações entre o fósforo disponível quantificada por diferentes extratores e as frações de P no solo, demonstram haver diferença quanto ao comportamento dos extratores entre os diferentes solos avaliados. Considerando as frações de P predominante em cada solo, notou-se que, de modo geral, os coeficientes de correlação variam na seguinte ordem decrescente: B1 > B2 > R1 \geq R2 > M1 > Olsen (Tabela 3). Em relação aos altos coeficientes de correlação apresentados pelo B1 deve-se a este método atuar com eficiência através do íon fluoreto, o qual complexa os cátions ligados a P-Al e P-Fe (Holanda et al., 1995), sendo estas as formas predominantes nos solos ácidos e altamente intemperizados da região Amazônica. Comportamento semelhante foi observado por Bahia Filho (1982), o qual verificou que o extrator Bray 1 foi o que demonstrou ser mais eficiente para extrair P em solos com diferentes formas de P inorgânico.

No entanto, dado os altos valores do coeficiente de correlação ($r > 0,9^{**}$) encontrados para os extratores B1, B2, R1 e R2, indicam que estes seriam boas alternativas para quantificar a

disponibilidade de P nesses solos, podendo ser utilizados em laboratórios de análise para o diagnóstico da fertilidade do solo. Uma vez que extratores que apresentam coeficientes de correlação acima de 0,70 são considerados adequados para medir a disponibilidade deste nutriente no solo. Apenas nos solos LAAm, NF e GH, houve correlação ($r > 0,93$) entre o P-H₂O e extratores, notadamente B1, B2, R1 e R2. É importante ressaltar que embora esta fração represente uma proporção muito baixa em relação ao Pi-total, no caso de um cultivo de planta esta seria aquela fração prontamente disponível para absorção. Apesar de todas as soluções extratoras de P testadas serem indicadas para a determinação apenas do Pi, os extratores B1, B2, R1 e M1 ($r \geq 0,9$) correlacionam bem com esta fração, sugerindo que em solos onde a maior proporção de P esteja neste compartimento, estes extratores são potenciais em determinar o P, no entanto, não é possível inferir sobre a labilidade deste.

Disponibilidade de Fósforo

Os teores de P disponível foram bastante variáveis entre os solos e extratores utilizados (Tabela 2). De modo geral, os maiores valores foram observados para os solos LAAm, NF e GH ($\geq 6,4 \text{ mg dm}^{-3}$), enquanto os demais solos LAa, LAAm, AVAa, AVAm e PH, tenderam a apresentar valores inferiores a $4,8 \text{ mg dm}^{-3}$. Os maiores valores de P disponível observados nos primeiros solos possivelmente se justifica em função da maior quantidade de cálcio trocável, bem como ao pH mais elevado nesses solos. Quanto a menor disponibilidade de P nos demais solos deve estar relacionado ao fato do próprio material de formação dos mesmos apresentar baixo teor de P e também as perdas que possam ter ocorrido devido aos processos de intemperização sofridos por estes.

Em relação ao comportamento dos diferentes extratores, nota-se que o potencial de extração foi variável entre os tipos de solos, mas de modo geral, os maiores valores de P recuperado foi observado no extrator Bray 1 enquanto o extrator Olsen apresentou os menores valores. É importante ressaltar que os extratores Mehlich-1, Bray-1 e Bray-2 tenderam a extrair um maior teor de P quando comparado aos demais extratores, principalmente para os solos com maior disponibilidade deste nutriente. A provável explicação para esses resultados seja em função dos extratores ácidos Mehlich-1, Bray-1 e Bray-2 apresentarem efeito complexante sobre o P-Fe e P-Al, liberando o P.

CONCLUSÕES

Os solos apresentam baixos valores de P disponível, exceto LAAm, NF e GH onde os valores são considerados adequados e médios.

A fração P-Fe é a fração predominante nos solos avaliados, sendo que em solos com menor grau de intemperização predomina P-Ca.

Os extratores B1, B2, R1 e R2, são os extratores mais indicados para a determinação do P disponível em solos do Estado do Amazonas.

REFERÊNCIAS

- 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* 6:99-104, 1982.
- 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, p. 147-155, 1987.
- BRAGA, J. M. Avaliação da fertilidade do solo: Análise química. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1980. 87p.
- CHANG, S. C. & JACKSON, M. L. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science*, 84:133-144, 1957.
- FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; CURTI, N.; LIMA, J. M. de; GUEDES, G. A. A. Fósforo e atividade de fosfatase em dois solos sob diferentes condições de uso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.33, n.7, p.1 159.1 170, jul. 1998.
- FULLIN, E. A. Avaliação do fósforo disponível do solo pelo método da resina trocadora de ânions. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1986. 69p. (Tese de Mestrado).
- HEDLEY, M. J.; STEWARD, W. B.; CHAUHAN, B. S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fraction induced by cultivation practices and laboratory incubation. *Soil Science Society America Journal*, 46:970-976, 1982.
- HOLANDA, J. S. de; BRASIL, E. C.; SALVIANO, A. A. C.; CARVALHO, M. C. S.; RODRIGUES, M. R. L.; MALAVOLTA, E. Eficiência de extratores de fósforo para um solo adubado com fosfatos e cultivado com arroz. *Sciencia Agricola*, Piracicaba, 52(3): 561-568, set./dez.1995.
- RAIJ, B. van. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.2, p. 1-9, 1978.
- ROLIM, M. V., NOVAIS, R. F., NUNES, F. N., & ALVAREZ, V. H., Efeito da moagem do solo no teor de



XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO

28 de julho a 2 de agosto de 2013 | Costão do Santinho Resort | Florianópolis | SC

fósforo disponível por Mehlich-1, Resina em esferas e em lâmina. R. Bras. Ci. Solo, v.32, p.1181-1190, 2008.

SOUZA JÚNIOR, R. F. de; OLIVEIRA, F. H. T. de; SANTOS, H. C.; FREIRE, F. J.; ARRUDA, J. A. de. Frações de Fósforo Inorgânico do Solo e suas

Correlações com o Fósforo Quantificado por Extratores e pelo Milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36:159-169, 2012.

Tabela 1. Frações de fósforo inorgânico (Chang & Jackson, 1957) e teores de fósforo orgânico (Braga, 1980) em solos representativos do Estado do Amazonas.

Frações de P	Solo							
	LAA	LAm	AVAm	PA	AVAA	NF	LAAm	GH
mg dm ⁻³								
Chang & Jackson (1957)								
P-H ₂ O	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,7	0,9
P-Al	6,3	10,2	12,2	6,3	7,3	16,3	340,0	15,8
P-Fe	19,2	19,2	6,0	10,3	16,2	17,7	633,7	102,8
P-Ca	0,1	0,1	0,8	0,8	0,1	294,9	102,8	0,4
Braga, 1980								
Po	15,3	13,4	18,3	40,1	16,8	229,6	331,5	20,6

Tabela 2. Teores de P disponível pelos extratores Mehlich-1; Bray-1; Bray-2; Olsen, Res-1 e Res-2, em solos representativos do Estado do Amazonas.

Extratores	Solo							
	LAA	LAm	AVAm	PA	AVAA	NF	LAAm	GH
P disponível (mg dm ⁻³)								
Mehlich-1	1,6	2,1	2,7	2,4	2,4	110,6	210,9	6,4
Bray-1	2,3	2,5	4,3	2,0	3,1	15,9	318,6	11,4
Bray-2	2,5	8,2	3,1	2,0	2,8	42,5	491,9	10,3
Olsen	0,3	2,4	1,7	1,7	6,2	2,4	31,2	1,6
Res-1	1,8	2,2	1,6	1,8	2,1	12,2	50,0	4,8
Res-2	2,3	3,1	2,7	3,1	3,2	51,7	85,3	6,8

Res-1 - Resina de Troca aniônica (Fullin, 1986); Res-2 - Resina de Troca aniônica (Raij, 1978).

Tabela 3. Coeficientes de correlação linear simples entre os teores de P extraídos pelos extratores Mehlich-1 (M1); Bray-1 (B1); Bray-2 (B2); Olsen (OL), Resina de Troca aniônica (R1) e Resina de Troca aniônica (R2) e os teores das frações de P no solo.

Extratores	Frações de P					Extratores	Frações de P				
	Po	P-H ₂ O	P-Al	P-Fe	P-Ca		Po	P-H ₂ O	P-Al	P-Fe	P-Ca
LAA											
M1	-0,70 ^{ns}	-	-0,71 ^{ns}	-0,63 ^{ns}	0,45 ^{ns}	M1	0,99*	-	1,00*	-1,00*	-1,00*
B1	1,00*	-	1,00*	1,00*	-0,96**	B1	0,99*	-	1,00*	-1,00*	-1,00*
B2	-0,56 ^{ns}	-	-0,55 ^{ns}	-0,63 ^{ns}	0,77 ^{ns}	B2	0,99*	-	1,00*	-1,00*	-1,00*
OL	-0,98**	-	-0,97**	-0,99*	0,98**	OL	0,99*	-	0,99*	-1,00*	-1,00*
R1	-0,80 ^{ns}	-	-0,79 ^{ns}	-0,85 ^{ns}	0,93**	R1	-0,99*	-	-1,00*	1,00*	1,00*
R2	0,31 ^{ns}	-	0,29 ^{ns}	0,40 ^{ns}	-0,62 ^{ns}	R2	0,98*	-	0,99*	-0,99*	-1,00*
LAm											
M1	-0,98*	-	-1,00*	-0,99*	0,91**	M1	-0,47 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,4 ^{ns}	-0,4 ^{ns}
B1	0,98**	-	1,00*	0,98*	-0,91**	B1	-0,99	0,95 ^{ns}	1,00	1,00	-0,99
B2	0,45 ^{ns}	-	0,28 ^{ns}	0,40 ^{ns}	-0,64 ^{ns}	B2	-0,99	0,93	0,99	0,99	-0,99
OL	-0,90**	-	-0,84 ^{ns}	-0,91**	0,92**	OL	-0,99	0,96 ^{ns}	1,00	1,00	-1,00
R1	0,99*	-	1,00*	0,99*	-0,92**	R1	0,53 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,49 ^{ns}	0,48 ^{ns}
R2	0,99*	-	1,00*	0,99*	-0,92**	R2	-0,99	0,94	0,99	0,99	-0,99
LAAm											
M1	-0,99	-1,00	-1,00	-0,97	-0,99	M1	0,98	1,00	0,99	-0,95	0,96
B1	1,00	1,00	1,00	0,98	0,99	B1	-0,99	-1,00	-1,00	0,96	-0,95
B2	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	B2	0,99	1,00	1,00	-0,96	0,95
OL	-0,54 ^{ns}	-0,46 ^{ns}	-0,52 ^{ns}	-0,59 ^{ns}	-0,57 ^{ns}	OL	-0,51 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	-0,46 ^{ns}	0,41 ^{ns}	-0,16 ^{ns}
R1	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	R1	0,34 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,39 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,64 ^{ns}
R2	0,99	1,00	1,00	0,97	0,99	R2	0,97	0,98	0,99	-0,90	0,99
AVAA											
M1	-1,00	-	-0,99	-1,00	0,97	M1	0,99	-	-0,33 ^{ns}	1,00	-1,00
B1	1,00	-	1,00	1,00	-0,96 ^{ns}	B1	1,00	-	-0,39 ^{ns}	1,00	-1,00
B2	0,99	-	1,00	0,98	-0,93 ^{ns}	B2	1,00	-	0,39 ^{ns}	1,00	1,00
OL	-1,00	-	-1,00	-1,00	0,96	OL	0,47 ^{ns}	-	-0,99	0,47 ^{ns}	-0,51 ^{ns}
R1	-1,00	-	-0,99	-1,00	0,97	R1	1,00	-	-0,39 ^{ns}	1,00	-1,00
R2	-1,00	-	-1,00	-1,00	0,96	R2	-1,00	-	0,39 ^{ns}	-1,00	1,00
PA											

ns: não-significativo; *, **: significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F.