

## P-Remanescente em substituição à análise textural como índice do poder tampão de fósforo para solos do Rio Grande do Sul <sup>(1)</sup>.

**Douglas Antonio Rogeri<sup>(2)</sup>; Clesio Gianello<sup>(3)</sup>; Magno Batista Amorim<sup>(4)</sup>; Fernando Berlitz<sup>(5)</sup>; Sergio Juliano Souza<sup>(5)</sup>; Tálisson Gonzatto<sup>(5)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado, em partes, com recursos de projetos de extensão do Laboratório e Análises de Solo (FAURGS).  
<sup>(2)</sup> Doutorando em Ciência do Solo do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), bolsista CAPES; Porto Alegre, Rio Grande do Sul, [douglasrogeri@hotmail.com](mailto:douglasrogeri@hotmail.com); <sup>(3)</sup> Professor titular do departamento de solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [cgianello@hotmail.com](mailto:cgianello@hotmail.com); <sup>(4)</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, bolsista CAPES, [magnoeg@gmail.com](mailto:magnoeg@gmail.com); <sup>(5)</sup> Estudante de agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, bolsista da Fundação de Amparo à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (FAURGS).

**RESUMO:** O extrator Mehlich-1 usado nos Estados do RS e SC para avaliar o P disponível apresenta sensibilidade ao poder tampão do solo. Para contornar esta limitação do método é utilizado o teor de argila para classificar os solos em classes de tamponamento. O objetivo do presente estudo foi avaliar a técnica do P-remanescente (P-rem) comparativamente à análise textural como índice do poder tampão dos solos do RS e SC. Foram utilizados 15 tipos de solos representativos do Estado do RS e foram determinados nos mesmos o teor de argila, a capacidade máxima de adsorção de P (CMAP), os teores de Fe por ditionito citrato de sódio e oxalato de amônio, os teores de P-remanescente e a dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> necessária para aumentar 1 mg kg<sup>-1</sup> no solo pelos métodos Mehlich-1 e Mehlich-3. Foram feitas análises de correlação entre P-rem e argila, e estes com atributos de solos relacionados ao tamponamento. Houve correlação significativa entre P-rem e argila, bem como entre estes e os atributos relacionados ao poder tampão do solo, à exceção da argila com a CMAP. A relação entre P-rem e argila foi descrita por uma curva exponencial decrescente. Embora tanto a argila como o P-rem apresentaram correlações significativas com os atributos avaliados, a medida do P-rem evidenciou ser um índice mais fidedigno do poder tampão do solo.

**Termos de indexação:** adsorção de fósforo, Mehlich, óxidos de ferro.

### INTRODUÇÃO

O fósforo é um elemento muito reativo no solo e sua disponibilidade às plantas depende de características intrínsecas de cada solo. A existência de vários métodos para estimar o fósforo disponível no solo é um indicativo de que não há um consenso no meio científico de método padrão, que possa avaliar satisfatoriamente a disponibilidade do nutriente nos diversos sistemas edáficos (Gatiboni, 2003).

A recomendação de adubação fosfatada indicada pela CQFS-RS/SC (2004) nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina utiliza o teor extraí-

do pelo método Mehlich-1 para estimar a disponibilidade às plantas. Recentemente, o método Mehlich-3 vem sendo proposto como substituto ao Mehlich-1, por ser um extrator multielementar, e por não superestimar a disponibilidade de P em solos adubados com fosfatos naturais. Porém, ambos extratores apresentam sensibilidade ao poder tampão do solo. Assim, para se efetuar a recomendação de adubação se faz necessária a correlação da concentração de P obtida na análise com Mehlich com a capacidade tampão de fosfatos no solo, sendo que nos Estados do RS e SC a textura do solo é utilizada para este fim. Entretanto, a determinação da argila é muito trabalhosa, demorada e sujeita a muitas variações (Neto et al., 1996), e por ser uma medida quantitativa não fornece nenhuma informação qualitativa da fração argila.

O método do P-remanescente (P-rem) é uma técnica que vem sendo utilizada por alguns Estados brasileiros como medida do poder tampão dos solos, pois além ser mais prático que a determinação da argila, ele avalia diretamente o potencial de imobilização de P. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a técnica do P-remanescente comparativamente à análise textural como medida do poder tampão do solo na recomendação de adubação fosfatada para solos do RS e SC.

### MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram desenvolvidos em laboratório, em Porto Alegre, RS, no ano de 2012. Foram utilizados 15 tipos de solos representativos do Estado do Rio Grande do Sul (**Tabela 1**), coletados na camada superficial de 0 a 20 cm. Nas amostras de solo foram determinados o teores de argila pelo método da pipeta, a capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) pela isoterma de Langmuir, os teores de Fe e Al extraídos por ditionito citrato de sódio (Fe<sub>d</sub>) e oxalato de amônio a pH 3,0 (Fe<sub>o</sub>), os teores de P-remanescente e a dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> necessária para aumentar 1 mg kg<sup>-1</sup> no solo extraídos pelos métodos Mehlich-1 e Mehlich-3.

Os solos foram incubados com doses crescentes

de fósforo (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) em que foram avaliados mensalmente os teores de fósforo extraídos por Mehlich. A dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> necessária de para se aumentar 1 mg kg<sup>-1</sup> na análise foi quantificada por meio do inverso do coeficiente angular (1/b) da equação linear ajustada entre o P extraído e as doses de fósforo aplicadas.

A determinação do P-remanescente foi feita com a adição 5 cm<sup>3</sup> de TFSA em erlenmayer e 50 ml de uma solução de CaCl<sub>2</sub> 10 mmol L<sup>-1</sup> contendo 60 mg L<sup>-1</sup> de P, conforme a metodologia descrita por Alvarez et al. (2000). Além dos solos descritos, também foram determinados os teores de argila e P-rem de 200 amostras de solo provenientes de diferentes locais do RS, obtidas dentre os solos enviados pelos produtores ao laboratório de análises da UFRGS. As determinações de P no extrato tanto do Mehlich como do remanescente foram feitas por duas metodologias: colorimétrica e por espectrometria de emissão óptica por plasma induzido (ICP-OES).

Foram feitas análises de correlação e regressão entre P-rem e argila, e de ambos contra características dos solos que conferem tamponamento, de modo a obter o melhor indicador do poder tampão de P no solo.

**Tabela 1 – Classificação e unidade de mapeamento das amostras de solos utilizadas no experimento.**

Classificação Brasileira <sup>1</sup>	UM <sup>2</sup>
Vertissolo Ebânico órtico chernossólico	Aceguá
Planossolo Háptico eutrófico vértico	Bagé
Cambissolo Húmico aluminico típico	Bom Jesus
Argissolo Vermelho distrófico arênico	Bom Retiro
Chernossolo Argilúvio férrico típico	Ciriaco
Latossolo Vermelho distrófico típico	Cruz Alta
Latossolo Vermelho aluminoférrico típico	Erechim
Nitossolo Vermelho distrófico latossólico	Estação
Argissolo Vermelho-Amarelo aluminico	Júlio Castilhos
Latossolo Vermelho distrófico típico	Passo Fundo
Planossolo Hidromórfico eutrófico solódico	Pelotas
Latossolo Vermelho distrófico típico	Santo Ângelo
Argissolo Vermelho distrófico Típico	São Jerônimo
Chernossolo Ebânico carbonático vértico	Uruguiana
Latossolo Bruno aluminico câmbico	Vacaria

<sup>1</sup> Embrapa (2006); <sup>2</sup> Unidade de Mapeamento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve correlação significativa e negativa entre argila e P-remanescente, bem como a argila correlacionou-se de forma positiva e os valores de P-remanescente de forma negativa com os atributos do solo relacionados ao poder tampão de fósforo (**Tabela 2**). Todas as correlações foram significativas, com exceção daquela entre argila e capacidade máxima de adsorção de P. O P-remanescente apresentou alto grau de correlação (>0,70\*\*) com todos os atributos do solo avaliados, com destaque para

os coeficientes superiores à argila nos ajustes com a CMAP e Fe extraído por oxalato de amônio (Fe<sub>o</sub>), que são os principais indicadores do poder tampão de P no solo (Novaes et al. 2007).

Os valores de P-remanescente apresentaram melhores ajustes com os teores de Fe de baixa cristalinidade (Fe<sub>o</sub>) comparativamente à argila (**Figura 1**). Por outro lado, o teor de argila apresentou coeficientes de correlações maiores com o somatório de Fe pedogênicos (Fe<sub>d</sub>) e com o Fe cristalino (Fe<sub>o</sub>-Fe<sub>d</sub>) (**Tabela 1**). Isso demonstra que o teor de argila está melhor relacionado com a quantidade de óxidos de ferro, diferentemente do P-rem que é mais sensível aos tipos de óxidos que mais adsorvem fósforo. As formas de ferro de baixa cristalinidade (Fe<sub>o</sub>) apresentam maior área superficial específica, o que determina maior reatividade química com os fosfatos, traduzindo-se em maior capacidade de adsorção de fósforo.

A dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> necessária para aumentar 1 mg kg<sup>-1</sup> de P nas análises por Mehlich-1 e Mehlich-3 correlacionou-se significativamente com os teores de argila e valores de P-remanescente (**Figura 2**). A dose necessária para aumentar 1 mg kg<sup>-1</sup> é uma medida direta da sensibilidade do extrator Mehlich em relação ao poder tampão do solo. Essa informação é muito importante na definição de doses para se efetuar a adubação de correção, com objetivo de atingir o nível crítico de P nos solos.

A significância da dose para aumentar 1 mg kg<sup>-1</sup> com P-rem e argila indica que ambas as medidas podem ser usadas como índices do poder tampão do solo. Entretanto, quando usamos os teores de argila podemos incorrer em alguns erros. Os pontos circulados (**Figura 2 B**) ficaram muito distantes (outliers) da curva ajustada entre a dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> necessária para aumentar 1 mg kg<sup>-1</sup> e os teores de argila. Estes solos pertencem a três classes diferentes de tamponamento com base no teor de argila (CQFS-RS/SC, 2004), e fazem parte das unidades de mapeamento Bom Jesus (19 % de argila – classe 4); Ciriaco (38% de argila – classe 3) e Vacaria (53 % de argila – classe 2). Estes solos apresentam atributos comuns entre ambos, como a elevada capacidade de adsorção de P (> 3500 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), altos teores de Fe<sub>o</sub> (4,5, 8,3 e 5,6 g kg<sup>-1</sup> para o solo Vacaria, Ciriaco e Bom Jesus, respectivamente) e elevadas doses para aumentar 1 mg kg<sup>-1</sup> (> 55 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Nos atributos avaliados relacionados ao poder tampão do solo, as três unidades citadas sempre figuraram entre os que apresentaram os maiores valores, sendo, portanto, os mais tamponados dentre os solos estudados. Porém, os mesmos são classificados em três classes diferentes de tamponamento quando é utilizado o teor de

argila para classificá-los. Esta incongruência é desfeita se forem utilizados os valores de P-remanescente, pois os três solos apresentaram baixos valores de P-rem e, ambos pertenceriam à classe de maior tamponamento. Deste modo, a utilização da textura como medida do poder tampão do solo pode deixar muito a desejar, por não ser sensível a fatores qualitativos da fração argila.

A relação entre P-rem e argila foi descrita por uma curva exponencial decrescente, tanto para os solos usados no experimento como para aqueles selecionados do laboratório de rotina, com coeficientes de determinação significativos de 0,79 e 0,73, respectivamente (**Figura 3**). Com base nessa curva poderia ser proposta uma tabela entre P-rem e argila para interpretação dos teores de P extraídos por Mehlich em função dos valores de P-rem. Entretanto, a curva exponencial ajustada pode ser inadequada para este propósito. Mesmo com um alto coeficiente de correlação, verifica-se elevada dispersão de pontos na faixa de 10 a 60% de argila, em que se tem um intervalo de 50 % de argila e menos de 15 mg L<sup>-1</sup> de P remanescente. Portanto, o raciocínio estatístico não se aplica neste caso (**Figura 3 B**). Ou seja, o P remanescente para os solos aqui estudados não se relaciona adequadamente à classe textural, não obstante a significância dos coeficientes de determinação. Dessa forma, a tabela a ser proposta pela equação não seria adequada. Por outro lado, se o P remanescente fosse estreitamente relacionado à classe textural, a única vantagem que se teria em substituir um pelo outro seria a operacionalidade, menos laboriosa que a determinação da argila.

O uso de P-rem como índice do poder tampão de P do solo também pode solucionar um problema recorrente, que tem sido observado nos laboratórios de rotina, que é a subestimação dos teores de argila nas análises. Com a evolução do sistema plantio direto, tem-se constatado aumento do teor de matéria orgânica com concomitante diminuição da capacidade de adsorção de fósforo dos solos (Donagemma et al., 2008). Por outro lado, o acréscimo do teor de matéria orgânica em associação com a fração argila do solo proporciona a formação de microagregados muito estáveis, que não são dispersos pelo método usual de determinação (bouyoucos). Com isso, ocorre uma superestimação da fração silte sem, necessariamente, diminuir seu poder tampão de P, o que resulta em enquadramento incorreto dos solos nas classes de tamponamento. A medida do P-rem pode contornar este problema, uma vez que a mesma é sensível tanto ao aumento como a diminuição do potencial de adsorção de fósforo ao longo do tempo, independentemente da

evolução da estrutura dos solos no sistema plantio direto.

## CONCLUSÕES

Os resultados mostram que o enquadramento dos solos do RS e SC em classes de argila para fins de estimar seu tamponamento de P não é adequado e que deve ser usado o P-rem, se há a intenção de se continuar utilizando tanto o Mehlich-1 como o Mehlich-3 para estimar a disponibilidade de P solo para as plantas no RS e SC. Neste trabalho, é verificado que o P-rem é um índice mais fidedigno do poder tampão dos solos do que o teor de argila.

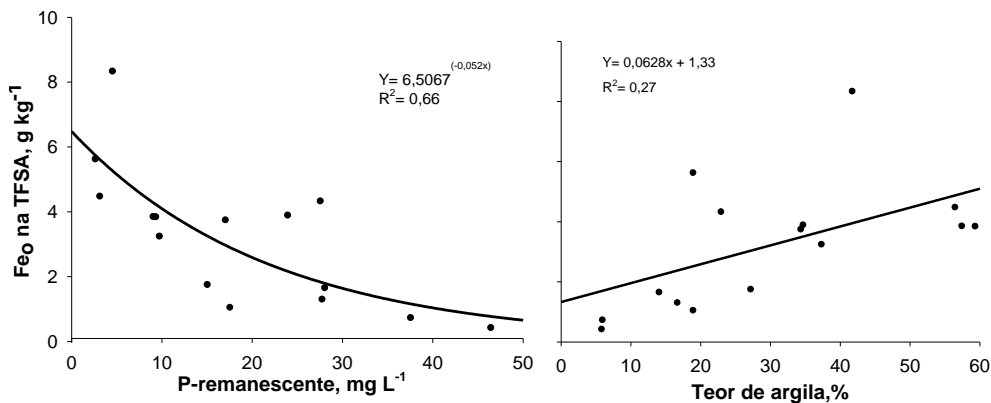
## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. Boletim Informativo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 25:27-32, 2000.
- CQFS-RS/SC. Comissão química e de fertilidade do solo. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre, 400 p., 2004.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Rio de Janeiro; Embrapa, 2006.306p.
- DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; ALVAREZ V.; V. H.; KER, J. C.; FONTES, M. P. F. Fósforo remanescente em argila e silte retirados de latossolos após pré-tratamentos na análise textural. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:1785-1791, 2008.
- GATTIBONI, L. C. Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas. 2000. 213f. Tese de Doutorado (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- NETTO, A.R. Influência da mineralogia nas propriedades físico-químicas de solos brasileiros. 1996, 144p. Dissertação (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.
- NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1017p., 2007.

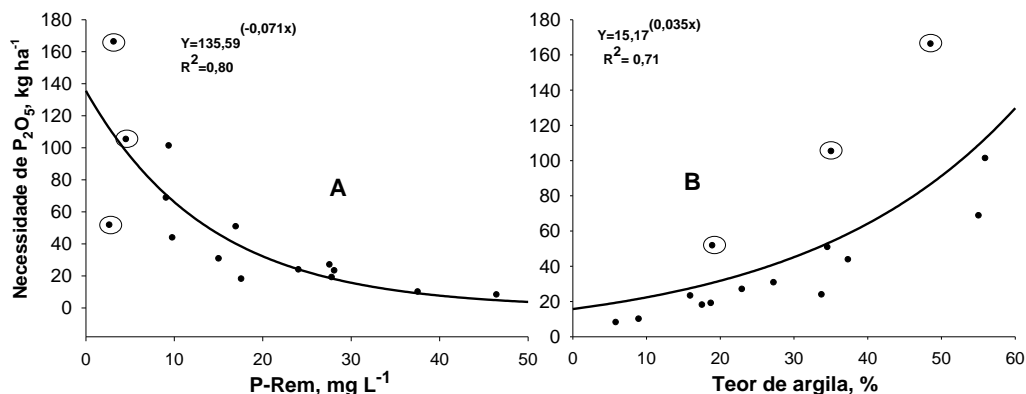
**Tabela 2** - Coeficientes de correlação linear simples entre argila e P-remanescente contra atributos do solo relacionados ao poder tampão de fósforo de 15 solos do Rio Grande do Sul.

	P-rem <sup>(1)</sup>	Fe <sub>d</sub> <sup>(2)</sup>	Fe <sub>o</sub> <sup>(3)</sup>	(Fe <sub>d</sub> -Fe <sub>o</sub> ) <sup>(4)</sup>	Nec-M1 <sup>(5)</sup>	Nec-M3 <sup>(6)</sup>	CMAP <sup>(7)</sup>
Argila	-0,72**	0,91**	0,50**	0,90**	0,79**	0,52**	0,49 <sup>ns</sup>
P-rem		-0,72**	-0,72**	-0,68**	-0,73**	-0,70**	-0,88**

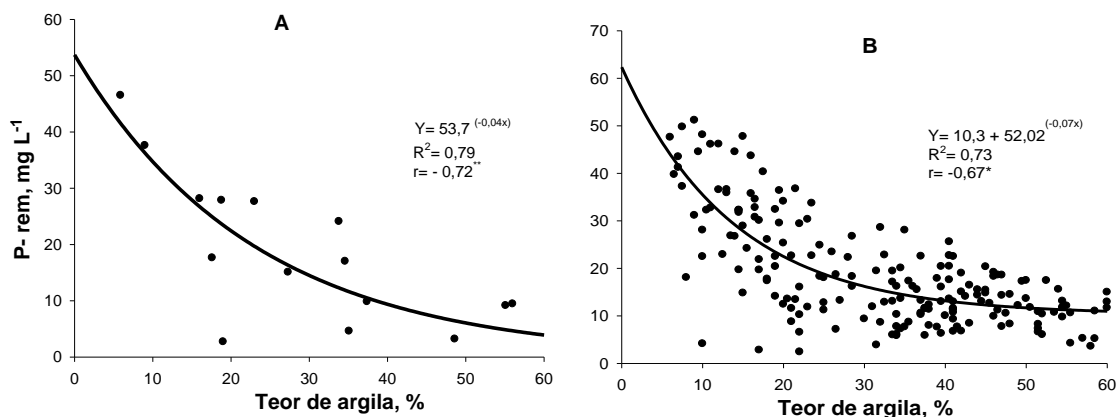
<sup>1</sup>Fósforo remanescente; <sup>2</sup>Fe extraído por ditionito citrato de sódio; <sup>3</sup>Fe extraído por oxalato de amônio; <sup>4</sup>Conteúdo de Fe de alta cristalinidade; <sup>5</sup>Dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para aumentar 1 mg kg<sup>-1</sup> na análise por Mehlich-1 e <sup>6</sup>Mehlich-3; <sup>7</sup>Capacidade máxima de adsorção de P; \*, \*\* e <sup>ns</sup> significativos a 5 e 1% e não-significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.



**Figura 1** – Ferro extraído por oxalato de amônio na terra fina seca ao ar (TFSA) em função dos teores de argila e P remanescente



**Figura 2**- Necessidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para aumentar 1 mg kg<sup>-1</sup> de P na análise de solo utilizando-se o método Mehlich-1 (M1), em função dos valores de P-remanescente (A) e teor de argila (B). As doses necessárias para aumentar 1 mg kg<sup>-1</sup> são referentes a avaliação feita 30 dias após o início da incubação.



**Figura 3**- Valor de fósforo remanescente (P-rem) de acordo com o teor de argila em diferentes amostras de solo. A - Solos utilizados no experimento B - Amostras de produtores enviadas ao laboratório de rotina (200 amostras).