

INTERAÇÃO ENTRE MATÉRIA ORGÂNICA, FÓSFORO REMANESCENTE E TEOR DE ARGILA NO SOLO

Vitor Barros Lima¹, Carlos Eduardo Costa Paiva, Felipe Vaz Andrade

¹Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, s/nº, Guararema - 29500-000 - Alegre - ES, Brasil, contatovitorbarroslima@gmail.com, cecostapaiva@gmail.com, felipevazandrade@gmail.com

Resumo

O fósforo (P) é um dos nutrientes mais limitantes para a produção agrícola, e consequentemente um dos mais estudados na área de solos e nutrição de plantas, em função da elevada capacidade de adsorção de P pelo solo, diminuindo sua disponibilidade para as plantas. O fenômeno de adsorção no solo é influenciado por fatores como a matéria orgânica do solo (MOS) e o teor de argila. A MOS pode alterar a dinâmica do P no solo, aumentando sua disponibilidade, enquanto solos com maior teor de argila tendem a ter uma maior capacidade de adsorção. Este estudo avaliou a correlação entre o fósforo remanescente (P-rem) e o teor de argila, em diferentes níveis de MOS, em amostras de solos do sul do estado do Espírito Santo. Foram realizadas as estatísticas descritivas, análises de correlação, regressão e a interpretação dos níveis de MOS. Os resultados mostraram uma correlação negativa entre P-rem e teor de argila em níveis baixos e médios de MOS, mas não significativa em nível alto. Apesar da alta correlação observada nos níveis baixos de MOS, não foi possível propor uma equação para estimar o P-rem a partir do teor de argila devido à influência da MOS e da mineralogia da fração argila dos solos estudados.

Palavras-chave: fósforo remanescente, teor de argila e fertilidade do solo.

Área do Conhecimento: Engenharia agrônoma. Agronomia.

Introdução

A textura do solo se relaciona com a capacidade de adsorção. Segundo Pereira et.al (2021), quanto maior o teor de argila, maior a capacidade de adsorção do solo. Para as frações granulométricas do solo, a ordem de maior adsorção de P é a seguinte: argila > silte > areia. No entanto, Eberhardt et al. (2008), explica que a análise de textura mensura o diâmetro de partículas, deixando de considerar a constituição mineralógica desta fração e com isto agrupa solos com características mineralógicas e capacidade de adsorção de P diferentes na mesma classe de argila. O P-rem mostra o residual de P na solução do solo após adição e agitação de uma concentração conhecida de P, sendo, portanto, fortemente relacionado com o poder tampão de P e com a capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) dos solos (KÜLZER *et al.*, 2018).

A MOS desempenha papel fundamental no fenômeno de adsorção de fósforo no solo, atuando na competição pelos sítios de adsorção e, ou na complexação de ferro (Fe) e alumínio (Al) na solução. Hue (1991) comenta que esse comportamento pode ser atribuído ao bloqueio dos sítios de adsorção de P no solo pela MOS adicionada, onde os grupos funcionais carboxílicos e fenólicos dos ácidos orgânicos se ligam às hidroxilas dos óxidos de Fe e Al. Em relação a complexação, segundo Mabagala e Mng'ong'ob (2022) a MOS reage com íons Fe^{2+} e Al^{3+} , formando complexos com esses íons e diminuindo sua concentração na solução do solo, resultando em um aumento de P na solução, influenciando diretamente na adsorção.

O P remanescente apresenta estreita relação com a capacidade máxima de adsorção de fosfatos (VALLADARES *et al.*, 1996). O método, além de ser mais rápido e simples, é potencialmente mais preciso, por avaliar diretamente o potencial de adsorção de P, não sofrendo variações de outros fatores, a exemplo da mineralogia predominante na fração argila dos solos (LISBOA *et al.*, 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre o P-rem e o teor de argila em diferentes níveis MOS.

Metodologia

As amostras de solo avaliadas para este trabalho foram coletadas na região do sul do Estado do Espírito Santo, totalizando 170 amostras, representadas pelos municípios de Alegre; Alfredo Chaves; Bom Jesus do Norte; Guaçuí; Apiacá; Atílio Vivacqua; Cachoeiro de Itapemirim; Dolores do Rio Preto; Guaçuí; Ibatiba; Iúna; Iconha; Jerônimo Monteiro; Marataízes; Mimoso do Sul; Muqui; São José do Calçado e Divino de São Lourenço.

Os solos utilizados foram secos ao ar, destorroados e passados em peneira de 2 mm. A determinação dos teores de argila do solo, baseou-se na metodologia proposta por Donagemma *et al.* (2011). Para determinação do P-rem utilizou-se a metodologia descrita por Alvarez *et al.* (2000), que consiste na adição de 5 g de solo em erlenmeyer, com uma solução de CaCl_2 0,01 mol L^{-1} contendo 60 mg L^{-1} de P, seguindo a relação solo: solução de 1:10. Os erlenmeyers foram agitados durante cinco minutos em agitador orbital e deixados em repouso para decantação do solo durante 16 horas. Após esse período, foi tomada uma alíquota para quantificação do P na solução de equilíbrio (P-rem) por colorimetria, conforme Braga e Defelipo (1974). Na determinação dos teores de MO utilizou-se a metodologia descrita por Walkley e Black (1934), que consiste na oxidação do carbono, em meio fortemente ácido, seguido da determinação por titulometria, utilizando sulfato ferroso amoniacal, para quantificar o carbono orgânico do solo (Silva, 2009).

Os valores encontrados foram submetidos à análise estatística realizada por meio do software de planilhas Microsoft Excel (2019). Foram realizadas análises da estatística descritiva, correlação linear de Pearson ($p < 0,05$) e regressão linear. A normalidade dos dados foi comprovada pelo teste de Shapiro-Wilk. Esses dados foram processados para a obtenção de valores de correlação linear de Pearson e estimar um modelo de regressão linear que apresentasse valores significativos para a relação P-rem e teor de argila. Os teores de MOS foram classificados em três diferentes níveis (baixo, médio e alto) de acordo com os critérios do Manual de Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado do Espírito Santo - 5ª Aproximação (PREZOTTI *et al.*, 2007).

Resultados

Foi realizada uma análise descritiva das variáveis P-rem e teor de argila, em diferentes níveis de interpretação de MOS (PREZOTTI *et al.*, 2007), conforme apresentado na Tabela 1.

Na Tabela 1 foi observado um decréscimo da quantidade de P-rem, à medida que o nível de MOS aumenta, onde foi verificado os valores de 32,30; 25,43 e 16,03 mg L^{-1} , para os níveis, baixo, médio e alto, respectivamente.

Avaliando os teores médios de argila, para cada nível de MOS observa-se um aumento na quantidade de argila à medida que o nível de MOS também aumenta. Foram verificados os valores de 32,47; 39,80 e 47,90% para o nível baixo, médio e alto, respectivamente. Os valores mínimos de P-rem foram 13,56; 3,64 e 1,88 mg L^{-1} , e para os teores de argila, 5,34; 14,63 e 35,00% para o nível baixo, médio e alto de MOS, respectivamente.

Tabela 1 – Média, desvio padrão, máximo, mínimo e número de amostras das variáveis P-rem e teor de argila, em diferentes níveis de MOS.

Variável	P-rem (mg L^{-1})					Argila (%)				
	n	Média (mg L^{-1})	DP	Máximo	Mínimo	n	Média (%)	DP	Máximo	Mínimo
Baixo	55	32.30	9.37	51.35	13.56	55	32.47	12.19	62.76	5.34
Médio	84	24.90	9.06	47.70	3.64	84	39.80	10.70	72.53	14.63
Alto	30	16.30	9.84	42.65	1.88	30	47.90	6.72	62.61	35,00
Total	169	25.80	10.80	51.30	1.88	196	38.92	11.90	72.53	5.34

n = número de amostras e DP = desvio padrão.

Fonte: Autores

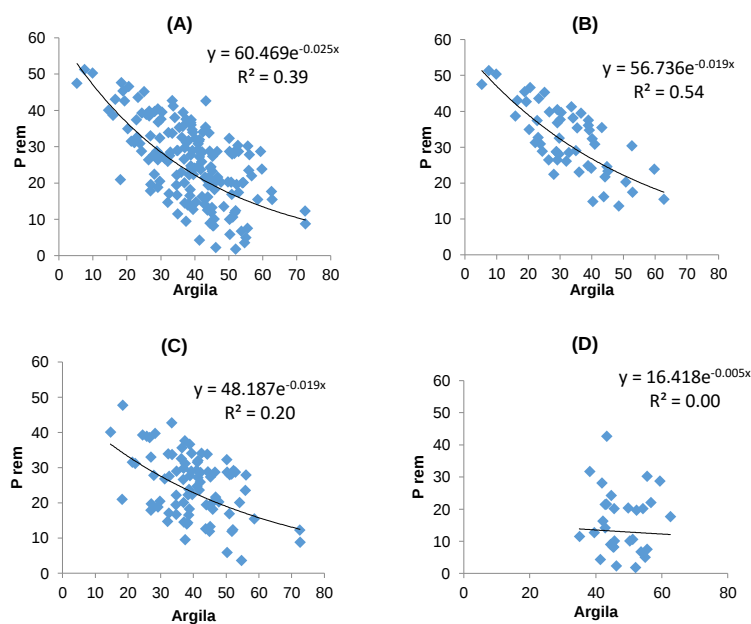
Tabela 2 – Correlação de Pearson (r) das variáveis P-rem e teor de argila, em diferentes grupos de classificação de MOS (dag/dm³)

COEFICIENTE DE PEARSON	
Geral	-0,60
MOS	
BAIXO	-0.73
MÉDIO	-0.45
ALTO	ns

Ns = não significativo. Fonte: Autores

Na correlação entre P-rem e teor de argila (Tabela 2), observou-se o valor do coeficiente de determinação (r) de -0,60, englobando todas as amostras independentemente do nível de MOS. Quando foram separados os níveis de MOS em classes de interpretação (baixo, médio e alto), o resultado observado foi igual à -0,73 no nível baixo, -0,45 no nível médio, com um p-valor inferior a 0,05. Para o nível alto de interpretação da MOS a correlação não foi significativa (p-valor > 0,05). Após comprovada a correlação foi realizada a análise de regressão (figura 1).

Figura 1 – Regressão entre P-rem (mg L⁻¹) e teor de argila (%) (A), e dentro dos níveis de MOS (B – baixo; C – médio e D – alto).



Fonte: Autores

O modelo exponencial foi o que melhor ajustou para a dispersão dos dados (Figura 1), sendo o maior coeficiente de determinação (R^2) no nível baixo (Figura 1 B). Em contrapartida, foi observado que o R^2 no nível alto de interpretação da MOS (Figura 1 D), foi menor que 0,01.

Discussão

Visualiza-se pela Tabela 1 o decréscimo dos valores de P-rem, à medida que os teores de MOS aumentam. Ao compararmos os valores máximos e mínimos, percebe-se que a amplitude dos valores dos níveis de MOS apresentam alta variabilidade nos dados. Isso implica que nas classes observadas, a MOS pode ter influenciado positiva ou negativamente nos valores de P-rem.

O acréscimo dos teores de MOS acompanhando o acréscimo dos teores de argila (Tabela 1) pode ser explicado pela proteção física e química da MOS pela fração argila. Segundo Rice (2002), os agregados do solo protegem fisicamente (internamente) a MOS da mineralização causada pelos microrganismos. Prasad e Power (1997) afirmam que o conteúdo de MOS em solos de textura argilosa é duas a quatro vezes maior que o dos solos de textura arenosa. Como consequência da proteção física, sua mineralização é dificultada pelo acesso limitado aos microrganismos e suas enzimas e pela menor difusão de O_2 e água (CHRISTENSEN, 2001). Segundo Boeni (2007), a proteção química é dependente da interação entre os compostos orgânicos e os minerais, que altera a taxa de degradação ou a síntese de novos compostos orgânicos.

A interferência da MOS nos valores de P-rem é constatada pelo coeficiente de correlação (Tabela 2). A MOS possui característica ambígua da disponibilidade de P em solução, aumentando ou diminuindo a concentração de P em solução. Esse efeito pode influenciar nos valores de P-rem, que é medido na solução do solo. Zhang *et al.* (2019) relatou que a aplicação contínua de adubos orgânicos ou palha aumenta a redução de Fe (III) no solo, levando ao aumento da dessorção de P (aumento de P em solução). No entanto Pereira *et al.* (2021), a MOS do solo pode apresentar pontes de cátions, como Al^{3+} , Fe^{2+} e Ca^{2+} , conferindo o seu caráter aniônico, adsorvendo fósforo via ponte metálica.

A correlação geral (independentemente do nível de MOS) e a correlação para as classes, média e baixa foram significativas, e segundo vários autores (ROGERI, 2013; ARRUDA *et al.*, 2017; KÜLZER *et al.*, 2018) quanto maior o teor de argila, menor será o valor de P-rem. Para nível alto não ocorreu correlação entre as variáveis, comprovando que os teores elevados de MOS influenciam na adsorção e dessorção de P, comprometendo os resultados de P-rem. Andrade (2001), ao pesquisar o efeito da aplicação de resíduos orgânicos na adsorção de P, concluíram que a adição de MOS reduziu a fixação de P nos solos avaliados. No entanto, Valladares *et al.* (1996), observaram que o aumento dos teores de carbono orgânico diminuiu os valores de P-rem.

Na Figura 1 (A) o R^2 sugere que aproximadamente 36,86% da variabilidade no teor de argila pode ser explicada pela variabilidade de P-rem, indicando que a equação proposta não pode ser explicada, implicando que outros fatores, como MO, estão afetando significativamente o P-rem. Quando separados os níveis de MO, Figura 1 (B, C e D), observa-se que o valor de R^2 decresce à medida que que os níveis de MO aumentam, destacando o caráter ambíguo da MOS na adsorção de P.

O modelo de equação da Figura 1 (B), é o que melhor estima os valores de P-rem em relação ao teor de argila, quando comparado ao R^2 da Figura 1 (C), contudo possui uma elevada dispersão dos dados, isso implica que além da MOS, o fator mineralogia da fração argila está afetando o P-rem. Fox & Searle (1978) explicam que a adsorção de fósforo em solos tropicais pode ser classificada, segundo a sua mineralogia, na seguinte ordem: quartzo, alumínio na MOS < argilas 2:1 < argilas 1:1 < óxidos cristalinos de ferro e alumínio < óxidos amorfos de ferro e alumínio. Esclarecendo que apesar das correlações Figura 1 (A, B e C) serem significativas, não foi possível estimar o P-rem a partir somente do teor de argila, pelas equações propostas, uma vez que além do teor de MOS, a constituição mineralógica da fração argila pode está influenciando na adsorção de fósforo no solo.

Conclusão

Os teores de matéria orgânica no solo interferem, positivamente ou negativamente, nos valores de P-rem. A fração argila exerce uma proteção física e química da MOS. Quanto menor a quantidade de matéria orgânica, maior será a correlação (negativa) entre as variáveis P-rem e teor de argila. Não é possível estimar P-rem em relação ao teor de argila pelas equações propostas neste estudo.

Comentado [s1]: ANDRADE ET AL ?

Referências

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. Tese (Doutorado em ciências do solo). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2001.

ALVAREZ, V. V. H. *et al.* Determinação e uso do fósforo remanescente. **B. Inf. SBBS**, v. 25, n. 1, p. 27-32, 2000.

ARRUDA, J. A. *et al.* Fósforo remanescente em solos do Seridó Paraibano. **Revista Principia**, n.35, p.42-49, 2017.

BOENI, Madalena. **Proteção física da matéria orgânica em Latossolos sob sistemas com pastagens na região do Cerrado Brasileiro**. 2007. Tese (Doutorado em ciências do solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2007.

BRAGA, J. M.; FELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fosforo em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, v. 21, 1974.

CHRISTENSEN, B. T. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. **European journal of soil science**, v. 52, n. 3, p. 345-353, 2001.

EBERHARDT, D. N. *et al.* Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em Latossolos sob pastagens no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.1009-1016, 2008.

DA SILVA, F. C. *et al.* **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009., 2009.

DONAGEMA, G. K. *et al.* **Manual de métodos de análise de solos**. Embrapa Solos. Documentos, 132. 2ª edição revista. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 230p, 2011.

FOX, R. L.; SEARLE, P. G. E. Phosphate Adsorption by Soils of the Tropics. **Diversity of soils in the tropics**, v. 34, p. 97-119, 1978.

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

KULZER, R. G. *et al.* Potencial de uso do fósforo remanescente em substituição à análise de textura em solos da região das missões. **Jornada de iniciação científica e tecnológica**, v. 1, n. 8, 2018.

LISBOA, B. B. *et al.* Determinação do fósforo remanescente como método alternativo à textura na indicação da classe de disponibilidade de fósforo em três solos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 18, n. 1, p. 81-84, 2012.

MABAGALA, F. S.; MNG'ONG'O, M. E. On the tropical soils; The influence of organic matter (OM) on phosphate bioavailability. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 5, p. 3635-3641, 2022.

PEREIRA, D. S.; COSTA, Y. K. S.; CARVALHO, L. B. O elemento P: formas e dinâmica em solos tropicais. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 5, n 2021, 2021.

PRASAD, R.; POWER, J. F. **Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture**. New York: Lewis Publishers, 356 p, 1997.

PREZOTTI, L. C *et al.* **Recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória, ES, SEEA/ INCAPER/CEDAGRO, 305 p, 2007.

Comentado [s2]: OU 1996

Comentado [VB3R2]:

Comentado [s4]: NÃO CONSTA NO TEXTO

Comentado [VB5R4]:



Educação: ferramenta essencial para um mundo justo, sustentável e inclusivo

ROGERI, D. A. **P-Remanescente em substituição à análise textural como índice do poder tampão de fósforo para solos do Rio Grande do Sul.** Tese (Doutorado em ciências do solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande Sul, 2013.

Comentado [s6]: ROGERI ET AL., 2013

RICE, C. W. Organic matter and nutrient dynamics. **Encyclopedia of soil science**, v. 2, p. 1180-1183, 2002.

VALLADARES, G. S. *et al.* Fósforo remanescente e correlações com teores de carbono orgânico e argila em horizontes superficiais de solos do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Universidade Rural. Série Ciências Exatas e da Terra**, v. 18-20, n. 1-2, p. 35:36, 1996.

ZHANG, Y. *et al.* Phosphorus adsorption and desorption characteristics of different textural fluvo-aquic soils under long-term fertilization. **Journal of Soils and Sediments**, v. 19, p. 1306-1318, 2019.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil science**, v. 37, n. 1, p. 29-38, 1934.

Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).