



FÓSFORO DISPONÍVEL EM UM LATOSSOLO APÓS DUAS DÉCADAS DE CULTIVO SOB PLANTIO DIRETO ¹

Larissa Espinosa de Freitas², Amanda Gomes de Souza Balmant³, Maurílio Fernandes de Oliveira⁴, Raphael Alves Bragança Fernnades⁵,

¹Parte da tese de doutorado do primeiro autor, financiada pela CAPES.

²Doutorando do Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, autor por correspondência.

³Estudante de graduação em Agronomia.

⁴Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo

⁵Professor do Departamento de Solos.

Resumo: A essencialidade do fósforo para o desenvolvimento das plantas é conhecida, bem como os processos de fixação desse nutriente nos solos, em especial os do território brasileiro, por serem mais intemperizados. A determinação do P disponível é, portanto, importante na avaliação da fertilidade do solo. O presente estudo tem como objetivo avaliar a disponibilidade do P pelos extratores Mehlich-1 (M1), Mehlich-3 (M3) e pela resina de troca aniônica, em um solo depois de duas décadas de uso sob sistema plantio direto. Amostras do Latossolo Vermelho foram coletadas na camada 0-5 cm e em uma área de cerrado nativo próximo ao experimento. Os resultados indicaram diferenças entre os extratores, em especial na solubilização de formas P-Ca na área de cerrado pelo Mehlich-1. No solo da área de plantio direto, a estimativa do P disponível pelos três extratores foi semelhante. Os dados sugerem a melhoria do status de P no solo com o cultivo, e que o plantio direto durante mais de duas décadas, associado às adubações anuais de fertilizantes fosfatados, foi capaz de aumentar a disponibilidade de P em um solo reconhecidamente com de alta capacidade de adsorção do nutriente.

Palavras-chave: Mehlich-1; Mehlich-3; Plantio Direto; Resina de troca aniônica.

Introdução

O fósforo (P) é um elemento essencial para desenvolvimento das plantas, sendo o segundo macronutriente mais limitante para o seu crescimento. Diante dessa demanda e da baixa fertilidade natural de solos mais intemperizados, a nutrição das plantas, em regiões tropicais, é afetada pelo reduzido conteúdo de P total na solução do solo, uma vez que as fontes solúveis aplicadas nas formas mineral ou orgânica, podem ser fixadas, o que as torna insolúveis e não disponíveis (Brady and Weil, 2013). Estas condições demandam a adição de grandes quantidades de fertilizantes fosfatados que, por sua vez, são obtidos de recursos naturais finitos e apresentam alto custo financeiro e ambiental em sua fabricação, requerendo mudanças e/ou alternativas no seu uso e aproveitamento.

No solo, o P é encontrado nas formas inorgânicas (Pi) e orgânicas (Po), e em frações consideradas lábeis, ou seja, em equilíbrio com a solução do solo e não lábeis, menos disponíveis devido aos fenômenos de adsorção e precipitação do fósforo aos óxidos de Fe e Al (Parfitt, 1979). Entre os manejos adotados no Cerrado brasileiro, o plantio direto se destaca no que se diz respeito à conservação do solo e em ganhos de matéria orgânica, situação que pode afetar a dinâmica do P no solo. Entretanto, estudos sobre a dinâmica no P nesse sistema em situações de avaliação de longo prazo são escassas.



Para se avaliar o P disponível em solos de carga variável, alguns métodos de extração são utilizados, sendo os mais utilizados o Mehlich-1 (Nelson et al., 1953), Mehlich-3 (Mehlich, 1984) e a Resina de Troca Aniônica-RTA (Van Raij et al., 1986).

O extrator Mehlich-1 (M1) é amplamente utilizado no Brasil, sendo calibrado para as principais espécies agrícolas cultivadas e apresenta como vantagem sua facilidade de execução. Contudo ele demanda diferentes classes de interpretação conforme o teor de argila do solo, pois o extrator é sensível a capacidade de tamponamento dos solos, o que não se verifica no caso da RTA. Uma alternativa ao M1 é o extrator Mehlich-3 (M3), que não promove a solubilização de formas naturais de P-Ca em solos provenientes de rochas calcárias (Mehlich, 1984; Bortolon and Gianello, 2008) e apresenta potencialidade adicional na extração de micronutrientes, como Fe, Mn, Zn e Cu (Silva; Van Raij, 1999). Entretanto, falta ao M3 um conjunto de dados robustos que possibilite sua calibração com o que é absorvido pelas plantas para que possa vir a ser utilizado como método oficial. O método da resina trocadora de ânions (RTA) é o que mais se assemelha com o comportamento das raízes das plantas no solo para aquisição do P (Van Raij et al., 1986), sendo amplamente indicado pela sua exatidão e precisão, mas, por dificuldades operacionais, essa análise é raramente realizada em laboratórios de rotina.

Em face ao exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito do sistema plantio direto, de longo prazo, no teor de P disponível de um Latossolo do cerrado.

Metodologia

O estudo foi realizado na área experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo), localizada no município de Sete Lagoas-MG (19°27.408' S e 44°10.939' W). O solo da área é um Latossolo Vermelho (Santos et al., 2018) de textura muito argilosa (> 65 % de argila). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é tipo Cwa, chuvoso no inverno e quente no verão, com temperatura média de 22 °C.

O sistema de Plantio Direto foi instalado área e vem sendo mantido nos últimos vinte anos para o cultivo do milho em sucessão com a soja. Próximo ao experimento, uma área de Cerrado nativo (CN), mantida em bom grau de preservação, foi utilizada como referência. O estudo considerou um fatorial 2 x 3, considerando dois manejos (Plantio Direto e Cerrado) e 3 extratores (M1, M3 e RTA), em delineamento em blocos ao acaso, com três repetições.

As amostras de solos foram coletadas após a colheita da safra 2017-2018, quando de maneira aleatória duas amostras simples foram coletadas na camada de 0 a 5 cm de profundidade, nas linhas de plantio e duas outras nas entrelinhas, que juntas formaram uma amostra composta. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira com malha de 2,0 mm para análise de P disponível por M1 (Nelson et al., 1953), M3 (Mehlich, 1984) e RTA (Van Raij et al., 2001) extratores. As extrações com Mehlich-1 ($\text{HCl } 50,0 \text{ mmol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 12,5 \text{ mmol L}^{-1}$) e M3 ($\text{NH}_4\text{F } 15 \text{ mmol L}^{-1} + \text{CH}_3\text{COOH } 200 \text{ mmol L}^{-1} + \text{NH}_4\text{NO}_3 \text{ } 250 \text{ mmol L}^{-1} + \text{HNO}_3 \text{ } 13 \text{ mmol L}^{-1} + \text{EDTA } 1 \text{ mmol L}^{-1}$) foram realizadas considerando a proporção 1:10 solo: solução. As amostras foram agitadas com a solução extratora por 5 min e, em seguida, filtradas em papel de filtro lento. Na extração com resina de troca iônica, foi utilizada a metodologia descrita por Van Raij et al. (2001), com adaptações de

Gatiboni et al. (2005) e utilização da relação solo:resina de 1 g:2,5cm². Após a obtenção de todos os extratos, a determinação de P foi realizada por colorimetria, usando o método da vitamina C, modificado por Braga e Defelipo (1974).

Os dados foram submetidos à análise estatística e, após a verificação dos preceitos de homogeneidade da variância e normalidade dos dados, os resultados foram submetidos à ANOVA. Na sequência, as médias foram comparadas pelo teste post-hoc de Tukey ($p < 0,05$) com o uso do software R e utilizando o pacote ExpDes.pt (Ferreira et al., 2014).

Resultados e Discussão

Os anos de cultivo e de fertilizações elevaram os teores de P disponível nas áreas de Plantio Direto segundo os extratores M3 e RTA (Figura 1). Esse resultado concorda com a expectativa de que aplicações contínuas de fertilizantes e práticas de manejos conservacionistas do solo, como no caso do Plantio Direto, no longo prazo, podem contribuir com alterações químicas nos solos, agregando maior estoque de nutrientes quando comparados às áreas nativas e mesmo aos manejos convencionais (Nunes et al., 2011; Santos et al., 2008).

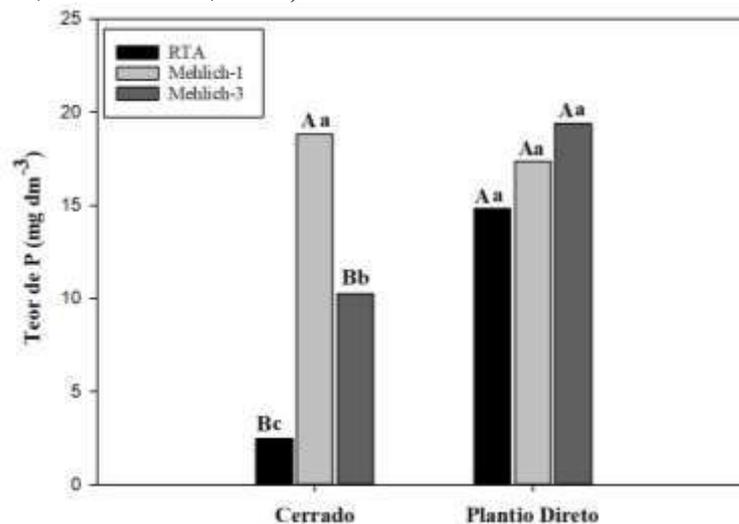


Figura 1 – Teores de P disponíveis no Plantio Direto e Cerrado em diferentes extratores. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si dentro de cada nível de manejo, e médias seguidas de mesma letra maiúsculas não difere entre si dentro do mesmo extrator pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O extrator M1 foi o único que não foi capaz de identificar diferenças entre a área cultivada e o cerrado nativo. Uma das limitações desse extrator é a solubilização de formas de P ligadas a cálcio. Conforme Galvão et al. (2016), no município de Sete Lagoas-MG são encontradas litologias de rochas subterrâneas do Complexo de Belo Horizonte, com sequências de rochas carbonáticas da formação Sete Lagoas. Essa solubilização de formas de P-Ca pode superestimar os teores disponíveis de P, levando a recomendações equivocadas de fertilização.

No Cerrado, os teores de P disponível foram de 18,82 mg dm⁻³ (M1), 10,25 mg dm⁻³ (M2), e 2,49 mg dm⁻³ (RTA). O maior teor obtido com o uso do M1 pode ser associado à extração de formas P-Ca, como indicados previamente. Na extração com M3, o uso de um pH tamponado de 2,5 e do ácido acético (Mehlich, 1984; Bortolon and Gianello, 2008) conferem a não capacidade de solubilização de formas



P-Ca. A extração com RTA proporcionou os menores teores de P disponível. Segundo Gatiboni et al. (2002), este método possui maior eficiência de diagnóstico em solos de menor disponibilidade de P, enquanto os métodos do M1 e M3 são mais eficazes em áreas cultivadas, já com o incremento da fertilidade por meio de fertilizantes inorgânicos.

Na área de plantio direto, os teores foram de 14,38 mg dm⁻³ (M1), 17,35 mg dm⁻³ (M2), e 19,41 mg dm⁻³ (RTA). Nessa condição de solo de fertilidade construída, que já passou pela adição de fertilizantes por mais de duas décadas, a estimativa dos três extratores foi semelhante. Neste caso, o extrator M3 pode ser considerado uma alternativa para a avaliação do P disponível, tendo em vista sua facilidade de execução e similaridade com a RTA. Entretanto, ainda há de se considerar a ausência de tabelas de interpretação e recomendação que associem os teores de P pelo M3 com a capacidade tampão de P no solo (Reis et al., 2019).

Os dados obtidos na área de plantio direto indicam que as adubações fosfatadas anuais foram capazes de elevar os teores de P disponível a níveis mais do que satisfatórios. Considerando os dados de M1, na comparação com a tabela de interpretação de resultados da 5ª Aproximação do Estado de Minas Gerais (Alvarez et al., 1999), nota-se que os teores são considerados muito bons para solos muito argilosos (> 60 % de argila). Para esses solos muito argilosos, a categoria “muito bom” para o P disponível é acima de 12 mg dm⁻³. Ainda que o solo tenha uma grande capacidade de adsorção do nutriente, o sistema do plantio direto tem conseguido manter seu status no solo em condições ideais para as plantas.

O estudo agora segue com novas avaliações para se buscar identificar como esse P encontra-se na área e qual o papel do manejo conservacionista, em especial, da matéria orgânica do solo nesta dinâmica.

Conclusões

O uso do plantio direto por mais de duas décadas associado a adubações anuais de fertilizantes fosfatados foi capaz de aumentar consideravelmente a disponibilidade de P em um solo reconhecidamente com de alta capacidade de adsorção do nutriente.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG (Projeto APQ-00887-17), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e à Embrapa Milho e Sorgo.

Literatura citada

- ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez V VH, editors. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.
- BORTOLON L, GIANELLO C. Interpretação de resultados analíticos de fósforo pelos extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 em solos do Rio Grande do Sul. *Rev Bras Ciência Do Solo*. 2008;32:2751-6.
- BRADY, N. C, WEIL, R. R. *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. 3ª edição. Porto Alegre: 2013
- BRAGA, J. M, DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de P em



- extratos de solo e material vegetal. *Rev Ceres*.21:73-85, 1974
- FERREIRA, E.B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. *Appl Math*, 05:2952-8, 2014.
- GALVÃO P, HIRATA R, CORDEIRO A, BARBATI D, PEÑARANDA J. Geologic conceptual model of the municipality of Sete Lagoas (MG, Brazil) and the surroundings. *An Acad Bras Cienc*, 88:35-53, 2016.
- GATIBONI LC, KAMINSKI. J.; RHEINHEIMER, D. S.; SAGGIN, A. *Quantificação do fósforo disponível por extrações sucessivas com diferentes extratores em Latossolo Vermelho distroférrico. Rev Bras Ciência Do Solo*, 26:1023-9, 2002.
- GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; DOS SANTOS, D. R. Modificações nas formas de fósforo do solo após extrações sucessivas com Mehlich-1, Mehlich-3 e resina trocadora de ânions. *Rev Bras Cienc Do Solo*, 29:363-71, 2005.
- MEHLICH, A. Mehlich 3 Soil Test Extractant: A Modification of Mehlich 2 Extractant. *Commun Soil Sci Plant Anal*, 15:1409-16. 1984.
- NELSON, W. L.; MEHLICH, A.; WINTERS, E. The development, evaluation and use of soil tests for phosphorus availability. In: Pierre WH, Norman AG, editors. *Soil fertilizer phosphorus*. New York: Academic Press; 1953. p. 153-88.
- NUNES, R. S.; LOPES, A.A.C; SOUSA, D.M.G.; MENDES, I. C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. *Rev Bras Cienc Do Solo*, 35:1407-19, 2011.
- PARFITT RL. Anion adsorption by soils and soil materials. *Adv Agron*, 30:1-12, 1979.
- VAN RAIJ B.; QUAGGIO, J.A.; DA SILVA, N.M. Extraction of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium from soils by an ion-exchange resin procedure. *Commun Soil Sci Plant*;17:547-66, 1986.
- REIS, J.V.; ALVAREZ, V.V.H.; DURIGAN, R.D.; PAULUCIO, R.B.; CANTARUTTI, R.B. Interpretation of soil phosphorus availability by mehlich-3 in soils with contrasting phosphorus buffering capacity. *Rev Bras Cienc Do Solo*,3:32-44, 2019.
- SANTOS, D.R., GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural.*, 38:576-86, 2008.
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F. CUNHA, T.J.F. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 5°. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2018. 480p.
- SILVA, F.C.; VAN RAIJ, B. Phosphorus availability in soils, determined by different extracting procedures. *Pesqui Agropecu Bras*, 34:267-88. 1999.