

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE FÓSFORO

Darlisson Medeiros Santos¹
Otávio Prates da Conceição²

RESUMO: A disponibilidade de P as plantas é um limitantes as produções agrícolas, a determinação desta disponibilidade é feita por extratores que em sua grande maioria emprega em sua composição ácidos fortes, os solos brasileiros em sua maioria do bioma Cerrado possui pH impróprio ao desenvolvimento das culturas, o que se faz necessário a aplicação de corretivos calcários, este e inúmeros fatores como por exemplo, teor de argila, mineralogia do solo, matéria orgânica, tipo de P no solo, CTC, CT de P, nível crítico de P, entre outros interferem na capacidade de determinação da real quantidade de P disponível as plantas, a utilização de um extrator dinâmico, que demonstre capacidade de predição confiável, de custo baixo, e rápida execução, se faz necessário pelo grande volume de amostras realizados nos laboratórios de análises de solo, dentre os trabalhos revisados os extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e resina se mostraram eficientes, sendo que o mehlich-1 se mostrou sensível a alguns fatores do solo, desta forma subestimando ou superestimando o teor de P disponível, o extrator Mehlich-3 se mostrou eficiente em diferentes solos, desde que haja um parâmetro de correlação a CT de P, o método da Resina se mostrou eficiente em diferentes tipos de solo, sendo superior aos demais em diferentes aspectos, sendo sensível na predição total do fator Q, mas ainda superior aos demais.

Palavras-chave: Fósforo disponível; P-Lábil; Extratores de P; P no Solo.

ABSTRACT: The availability of P plants is a limiting agricultural production, the determination of this availability is made by extractors that in their great majority employs in its composition strong acids, the Brazilian soils in the majority of the Cerrado biome has improper pH to the development of the crops, which is necessary to apply calcareous correctives, this and numerous factors such as clay content, soil mineralogy, organic matter, soil P type, CTC, PT CT, critical P level, among others interfere in the ability to determine the real quantity of available P plants, the use of a dynamic extractor, which demonstrates reliable predictability, low cost and fast execution, is required by the large volume of samples carried out in soil analysis laboratories, the Mehlich-1, Mehlich-3 and resin extractors were efficient, and mehlich-1 In this way, the Mehlich-3 extractor proved to be efficient in different soils, as long as there is a correlation parameter at CT of P, the Resin method proved to be efficient in different soil types, being superior to the others in different aspects, being sensitive in the total prediction of the factor Q, but still superior to the others.

Keywords: Phosphorus available; P-Lab; Extractors of P; P in Soil.

1- Graduado em Engenharia Agrônômica pela Fundação Carmelitana Mário Palmério - FUCAMP. Pós Graduado em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas pela Fundação Carmelitana Mário Palmério. Contato: darlissonmedeiros@gmail.com

2- Professor Orientador. Graduado em Engenharia Agrônômica -UFSJ/CSL Mestrando no Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo pela UFLA Bolsista CNPq (GM) Contato: otavio_prates@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

A agricultura está em constante aperfeiçoamento, produzir mais de maneira sustentável e com maior retorno são desafios que produtores e profissionais da área agrícola enfrentam cotidianamente, conhecer as características do solo é à base do bom manejo, e a análise do solo é a ferramenta de diagnose principal para o conhecimento destas características.

A maximização do uso de corretivos e adubos se deve a uma boa interpretação das análises do solo, o Fósforo é um dos elementos de maior complexidade de compreensão, Segundo Elihu e Kliemann, (2005); este elemento é o que mais limita a produção no Cerrado, devido a sua baixa disponibilidade às plantas e seu complexo comportamento no sistema solo-planta, (Silva e Raij, 1999).

O conceito de disponibilidade deste elemento é muito controverso, segundo (Bray, 1947); citado por Bahia Filho et al. (1983), a disponibilidade de P corresponde à estreita relação entre o teor encontrado na planta e o extraído pelo extrator, não levando em consideração os processos intrínsecos do solo como a reposição do elemento.

Neste mesmo trabalho Bahia Filho, (1983), cita (Olsen & Khasawneh, 1980), que foram além e levaram em consideração outros fatores de interpretação, estes fatores levam a novas linhas de pensamentos que geram o melhor entendimento e utilização de diversos extratores para melhor determinar a disponibilidade de P no solo.

Existem diversos métodos de extração de P, que divergem bastante entre si, nos laboratórios de análise de solo brasileiros os mais utilizados são o Mehlich-1 e o Resina Trocadora de íons; (Cruz, 2015).

Diante do complexo entendimento da disponibilidade de P no solo e nas discordâncias entre quais métodos são mais eficientes em expressar a real disponibilidade de P nos diferentes solos brasileiros objetivou-se com este trabalho revisar alguns trabalhos que buscam o entendimento e a comparação dos principais métodos de extração de P utilizados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DISPONIBILIDADE E IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO

O Fósforo é um elemento fundamental para todo ser nesta fase pode prejudicar de forma irreversível o crescimento das plantas, importante na fotossíntese, transporte de

energia, atua diretamente na fosforilação, integrante dos ácidos nucleicos, fosfolipídios, proteínas, dentre outras diversas moléculas e funções que exerce na planta, (Reis, 2016).

A grande maioria dos solos brasileiros tem excelentes características físicas, entretanto, pobres em bases. Tais solos “velhos” os latossolos (Solos profundos, argila tipo 1:1, levemente plano, rico em óxidos e hidróxidos de ferro, alumínio, caulinita, com pH = (3,5-4,5), se comportam como um dreno de P, e compete diretamente com a planta pelo P no solo, (Novais et al. 2007).

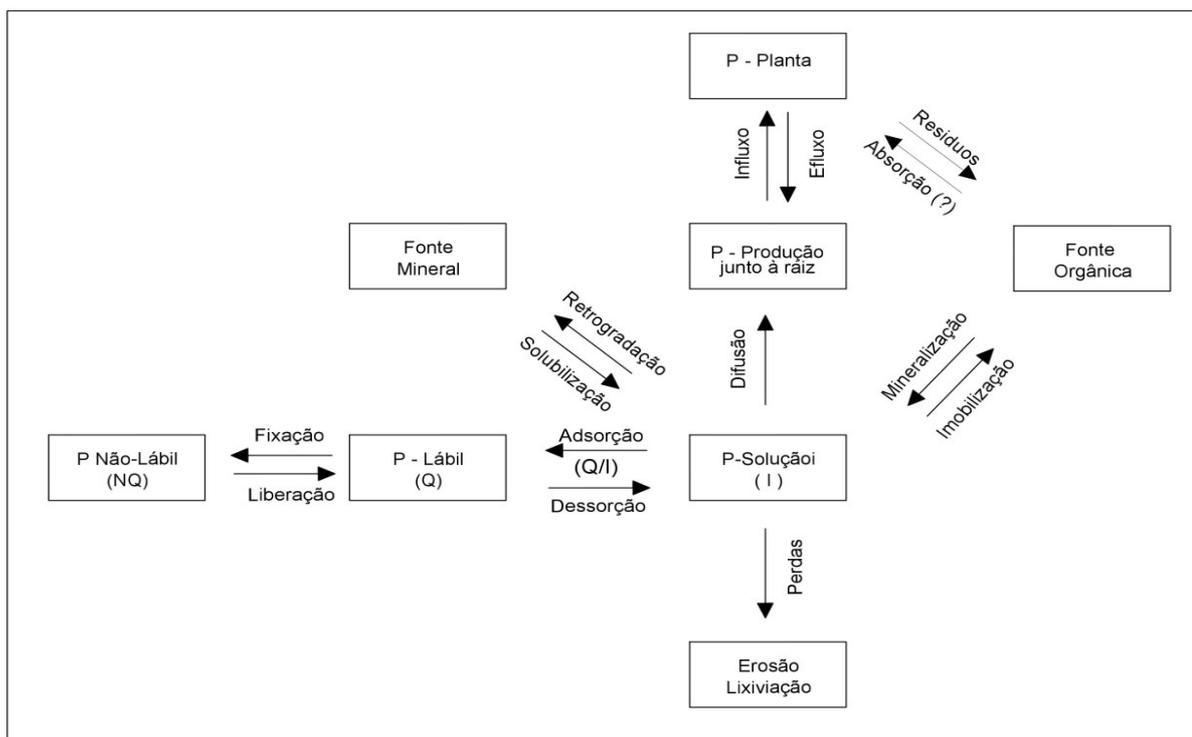
Apesar desse tipo de solo possuir invejável condição física, quimicamente deixa a desejar, a sua composição química acaba se tornando um desafio para estruturar sua fertilidade, a disponibilidade do P no solo é uma das mais complicadas dentre os elementos nutrientes, pela grande afinidade com Ca, Fe e Al, elementos abundantes nos latossolos, é rapidamente envolvido em algum processo que o torna indisponível as plantas; Rolim Neto et al. 2004; Valladares et al. 2003, citados por Cruz, (2015).

O manejo do P é influenciado por diversos fatores, adsorção ou fixação pelo solo, matéria orgânica e microrganismos, possui baixa mobilidade no solo, variando sua disponibilidade com o manejo, capacidade de armazenamento do solo, pH, reduzindo assim sua eficiência à utilização das plantas, (Gatibone et al. 2007; Cruz, 2015).

No solo o P pode ser encontrado em diversas formas, sejam elas disponíveis (na solução do solo) P-Lábil, ou indisponíveis P - Não Lábil (adsorvidos aos coloides do solo, fixados nos minerais primários e secundários, imobilizado pela matéria orgânica ou microbiota do solo), (Novais et al. 2007; Reis, 2016).

Conhecer o ciclo deste nutriente e a forma como ele se comporta em cada solo é fundamental para a melhor utilização e manejo do mesmo (Figura 1).

vivo, participa diversos processos metabólicos, fornece energia na forma de ATP, fase inicial das plantas, a deficiência de P

Figura 1. Formas de Fósforo no sistema solo-planta; interdependências e equilíbrios.

Fonte: Adaptado de Novais et al. (2007).

Simplificar o entendimento dos fatores que atuam na disponibilidade do P no solo é um meio para maximizar o aproveitamento e a disponibilização deste elemento; Larsen, 1952; Olsen, 1952; Schofield, 1955; Beckett e White, 1964; Beckwith, 1965; Holford e Mattingly, 1979; foram os primeiros a utilizarem os conceitos de Intensidade (I), Quantidade (Q), Capacidade Tampão de fosfatos (CT) e difusão, conceitos que simplificaram e ajudaram a compreender o comportamento deste elemento no solo e como é disponibilizado para as plantas, (Novais et al. 2007; Reis, 2016).

A quantidade de P na solução do solo e sua concentração são representadas pelo fator I de P; o P lábil que não se encontra na solução do solo, ou seja, está adsorvido, mas de uma forma de fácil disponibilização, corresponde ao fator Q. O “regulador” da quantidade de P na solução do solo, (liberado ou adsorvido) é representado pelo fator CT, o fósforo disponível compreende $Q + I$, (Reis, 2016).

A dinâmica dos nutrientes no solo e os mecanismos que afetam sua disponibilidade às plantas vão variar em cada tipo de solo, situação que no Cerrado é ainda mais acentuada. Coelho & Alves, (2004), citados por Figueiredo, (2010), observaram 14.436 análises de solo da região do Cerrado nos estados de Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal, puderam

evidenciar que a metade das amostras realizadas pelo método de Mehlich-1, apresentaram teores de P disponível na faixa de 5mg/dm^3 , considerado como Baixo e Muito Baixo segundo o Boletim 100 e a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, resultado também encontrado por Figueiredo, (2010), que ao examinar 2406 análises de solo obteve resultados de teores de P extraído por Resina de 26% e 28% das amostras com muito baixo ($< 5\text{mg/dm}^3$) e baixo ($6-12\text{mg/dm}^3$) respectivamente.

2.2 MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE FÓSFORO

O método de extração empregado deve ser conduzido da forma mais confiável possível, existem diversos métodos para extração de P, Ácido Cítrico, Bray-1, Bray-2, CaCl_2 -Egner, IAC, Mehlich-1, 2 e 3, Morgan, Olsen, Papel Aniônico, Resina, Resina Mista, Truog, Valor-A, Valor-E, Valor-L, (Novais & Smith, 1999), (Figura 2), dentre os mais utilizados pelos LAS Laboratórios de Análise de Solo pelo mundo se destacam, Mehlich-1, Bray-1 e Olsen, (Corrales, 2013), no Brasil se destacam Mehlich-1 e Resina de troca aniônica, (Arruda, Lana e Pereira, 2015), sendo o mais empregado nos procedimentos de rotina o M1, por ser rápido e de custo baixo, (Reis, 2016; Raij et al, 2001).

Arruda, Lana e Pereira, (2015), avaliaram a disponibilidade de Fósforo em dois solos do cerrado sob influência da calagem com os métodos M1 e Resina de Troca Aniônica observou superioridade do método de Resina, mesmo em doses elevadas de calcário o método da Resina foi mais eficiente em avaliar a quantidade de P disponível que o M1.

Trabalhos semelhantes vem demonstrando o mesmo resultado, Novais et al.,(2007), cita diversos trabalhos onde o M1 foi ineficiente em estimar a disponibilidade de P, Raij e Quaggio, (1990), citados por Arruda, Lana e Pereira, (2015), observaram que o M1 não foi capaz de determinar o P disponível na correlação do pH e P sob influencia da aplicação de CaCO_3 .

A maioria dos extratores utilizados emprega em sua composição ácidos fortes, o que às vezes pode influenciar os resultados dependendo do tipo de solo e dos elementos neles existentes, segundo Bahia Filho et al. (1983), estes podem influenciar diretamente a capacidade de predição de P disponível, em seu trabalho avaliando a sensibilidade de extratores a CT de P, pelos extratores M1 e Bray 1, encontrou resultados onde o M1 superestimou a quantidade de P disponível no solo, removendo frações não lábeis de P pela dissolução dos fosfatos pelos ácidos neles presentes.

Figura 2. Principais extratores de P, composição e referência

Extrator	Composição	Referência
Ácido Cítrico	Ácido cítrico a 10 g/L	Dyer (1894)
Bray-1	HCl 25 mmol/L + NH ₄ F 30 mol/L	Bray e Kurtz (1945)
Bray-2	HCl 100 mmol/L + NH ₄ F 30 mol/L	Bray e Kurtz (1945)
CaCl ²	CaCl ₂ 10 mmol/L	Schofield (1955)
Egner	Lactato de Ca 10 mmol/L + HCl 20 mmol/L	Egner et al. (1960)
IAC	H ₂ SO ₄ 25 mmol/L	Gatani e Gargantini (1954)
Mehlich-1	HCl 50 mmol/L+H ₂ SO ₄ 12,5 mmol/L	Mehlich (1953)
Mehlich-2	NH ₄ F 15 mmol/L+CH ₃ COOH 200 mmol/L+NH ₄ Cl 200 mmol/L+HCl 12 mmol/L	Mehlich (1978)
Mehlich-3	NH ₄ F 15 mmol/L+CH ₃ COOH 200 mmol/L+NH ₄ NO ₃ 250 mmol/L+HCl 12 mmol/L+HNO ₃ 13 mmol/L+EDTA 1 mmol/L	Mehlich (1984)
Morgan	CH ₃ COOH 540 mmol/L+NaC ₂ H ₃ O ₂ 700 mmol/L (pH = 8)	Morgan (1941)
Olsen	NaHCO ₃ 500 mmol/L (pH = 8,5)	Olsen et al. (1954)
Papel aniônico	Papel de filtro impregnado de fe(OH) ₃	Van der Zee et al. (1987)
Resina	Resina de adsorção aniônica	Amer et al. (1955)
Resina	Resina mista (catiônica + aniônica)	Raij et al. (1986)
Truog	H ₂ SO ₄ 1 mmol/L + (NH ₄) ₂ SO ₄ (pH = 3,0)	Truog (1930)
Valor A	³² P	Fried e Dean (1952)
Valor E	Troca isotópica entre solo-P e ³² P	McAuliffe et al. (1948)
Valor L	Troca isotópica entre solo-P e ³² P avaliada por meio de planta	Larsen (1952)

Fonte: Adaptado de (Reis, 2016). Adaptado de Novais e Smyth (1999).

Segundo Reis, (2016), citando (Novais e Smyth, 1999; Silva e Raij, 1999; Bortolon et al. 2009) o extrator Mehlich-1 possui boa capacidade preditiva em solos ácidos, baixa CTC e pobres P-Ca, já em solos argilosos e com pH elevado ou com adição de calcário, seus ácidos são desgastados, subestimando a realidade de P no solo.

Os inúmeros trabalhos confirmando os problemas do M1 na predição das variações de P, além dos problemas ocorrentes nos laboratórios pela corrosão dos materiais pelo cloreto e a intenção de ampliar a utilização do método moveram Mehlich a desenvolver dois novos extratores, (Mehlich, 1984), o Mehlich-2 e Mehlich-3, com a substituição do cloreto pelo nitrato e adição do EDTA, o que auxiliou na extração de micronutrientes, Mehlich, (1984); citado por Reis, (2016).

Alguns trabalhos comparando o método da Resina de troca aniônica com M1 e M3 obtiveram resultados onde a Resina foi superior: (Arruda, Lana e Pereira, 2015; Silva e Raij,

1999), outros observaram semelhança nos resultados: (Braida et al. 1996; Gatiboni et al.2005).

Entretanto, segundo Novais e Smyth, (1999), solos onde a CT é elevada e são ricos em P-Ca, a resina se demonstra sensível ao determinar totalmente a dessorção do P do fator Q, Silva e Raij, (1999), salientam que estes valores de erros são muito pequenos em comparação a outros extratores mais sensíveis a estes fatores.

Comparando os métodos de extração M1, M3 e RM, Reis, (2016), observou que o método da resina mista e o Mehlich-3 foram inferiores ao M1 quando o parâmetro foi extração de P em relação a disponibilidade de P, os extratores M1 e M3 superaram o RM, quando comparou o poder de recuperação e níveis críticos, o P-rem e a argila foram os fatores que melhor se relacionaram, sendo que a RM foi a única que não se mostrou sensível a CT, para recomendação em diferentes tipos de solos o mesmo recomenda o M3 para avaliar o P disponível, ressaltando que se utilize algum fator de correlação para a CT, como P-rem ou o teor de argila.

Silva e Raij, (1999), revisando 72 trabalhos sobre extratores de O, recomendam a Resina de troca de íons, por correlacionarem P no solo e absorvido pela planta, poder ser utilizado em diferentes tipos de solo, em diferentes níveis de pH, correlacionar o efeito da calagem com o aumento da disponibilidade de P para as plantas, o método que melhor representa o fator Q de P.

3. CONSIDERAÇÕES

Os diferentes trabalhos observados demonstram o grande número de pesquisas relacionadas ao extrator Mehlich-1, em sua maioria este foi considerado ineficiente subestimando ou superestimando a disponibilidade de P, não sendo recomendado em solos onde é feita a correção do solo com calcário.

Alguns trabalhos recomendam o extrator Resina, podendo ser empregado em diferentes tipos de solo, sua confiabilidade é considerada superior aos demais por simular o sistema radicular das plantas, entretanto pelo maior tempo de execução não é viável para testes de rotina.

O Mélich-3 foi considerado superior ao Mehlich-1 em diversos trabalhos, pode ser empregado em diversos tipos de solos, desde que balizado por algum parâmetro de correlação ou correção para a CT do solo.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ARRUDA, E. M.; LANA, R. M. Q.; PEREIRA, H. S.; Fósforo extraído por mehlich-1 e resina de troca aniônica Em solos submetidos á calagem. **Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Uberlândia**, v. 31, n. 4, p. 1107-1117, 2015.

BAHIA FILHO, A. F. C.; BRAGA, J. M.; RIBEIRO, A. C.; NOVAES, R. F. Sensibilidade de extratores químicos à capacidade tampão de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 243-249, 1983.

BORTOLON L; GIANELLO C. Interpretação de resultados analíticos de fósforo pelos extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 32, 2008, pp. 2751-2756.

BRAIDA JA, CAMARGO, FAO, ROSSO IJ, GIANELLO C, MEURER EJ. Comparação de métodos de determinação da disponibilidade de fósforo do solo para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**.; VOL. 20, 1996, p. 345-347.

CORRALES R A. **Avaliação e Calibração de extratores de fósforo em três diferentes ordens de solo da Costa Rica**. [Dissertação]. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba, 2013.

CRUZ C V. **Efeito Residual de Fontes de Fósforo e Adubação Fosfatada no Crescimento do Milho**. [Dissertação]. (Mestrado em Agronomia - Agricultura). Universidade Estadual paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015.

ELIHU A S; KLIEMANN, H J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de cerrado e sua avaliação por extratores químicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, vol. 35, núm. 3, 2005, pp. 139-146.

FIGUEIREDO V, C. **Avaliação de laboratórios de análise de solo e da fertilidade do solo de lavouras cafeeiras em produção, na região sul de Minas Gerais**. [Dissertação]. (Mestrado em Sistemas de Produção na Agropecuária). Universidade José do Rosário Vellano Faculdade de Agronomia Unifenas. Alfenas-MG, 2010.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. ; RHEINHEIMER, D. S.; FLORES, J. P. C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 691-699, 2007.

GATIBONI, C. L; KAMINSKI, J; RHEINHEIMER, S. D. Modificações nas formas de fósforo do solo após extrações sucessivas com Mehlich-1, mehlich-3 e resina trocadora de ânions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 29, núm. 3, 2005, pp. 363-371.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N.; Fósforo. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, B. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. VIII. p. 472-552.

NOVAIS S, V. **Desgaste dos extratores Mehlich-1 e Fosfato Monocálcico e fatores que controlam a solubilização de fosfato Bayóvar.** [Dissertação]. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2014.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C; CANTARELLA, H; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. 285p.

RAIJ, B. V. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMANDA, T., ABDALLA, S. R. S. (editores). **Fósforo na agricultura brasileira.** Piracicaba-SP. Potafos, 2004. cap. 4, p. 107-114.

REIS L. V. **Potencial do Extrator Mehlich-3 na Avaliação da Disponibilidade de Fósforo de Diferentes Solos.** [Dissertação]. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2016.

SILVA, F. C.; RAIJ, B. V. Disponibilidade de fósforo em solos avaliados por diferentes extratores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 267-288, 1999.