

**UniRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**EXTRATORES DE FÓSFORO NO SOLO APÓS 19 ANOS DE APLICAÇÃO  
COM DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS**

**RODRIGO GOMES SILVA**

*Magister Scientiae*

**RIO VERDE**  
**GOIÁS - BRASIL**  
**2021**

**RODRIGO GOMES SILVA**

**EXTRATORES DE FÓSFORO NO SOLO APÓS 19 ANOS DE APLICAÇÃO COM  
DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para à obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**RIO VERDE  
GOIÁS - BRASIL**

**2021**

Universidade de Rio Verde  
Biblioteca Luiza Carlinda de Oliveira  
Bibliotecário: Juatan Tiago da Silva – CRB 1/3158  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - (CIP)

S578e Silva, Rodrigo Gomes

Extratores de fósforo no solo após 19 anos de aplicação com dejetos líquidos de suínos. / Rodrigo Gomes Silva. — 2021.  
54f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. June Faria Scherrer Menezes.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade de Rio Verde – UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2021.

1. Adubação orgânica a longo prazo. 2. Métodos de extração. I. Menezes, June Faria Sherrer.

CDD: 631.6

**RODRIGO GOMES SILVA**

**EXTRATORES DE FÓSFORO NO SOLO APÓS 19 ANOS DE APLICAÇÃO COM  
DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de  
Rio Verde, como parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*

APROVAÇÃO: 13 de abril de 2021



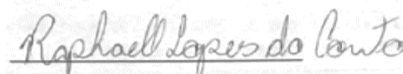
---

Profa. Dra. June Faria Scherrer Menezes  
Presidente da Banca Examinadora  
Membro – FA/UniRV



---

Profa. Dra. Camila Jorge Bernabé Ferreira Braz  
Membro - FA/UniRV



---

Prof. Dr. Raphaell Lopes do Couto  
Membro – FA/UniRV



---

Profa. Dra. Mariana Pina da Silva Berti  
Membro – FA/UEG - Unidade Universitária de Ipameri

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho em primeiro lugar a Deus, que me deu saúde, força e sabedoria para a conclusão do curso de Mestrado em Produção Vegetal da UniRV. Sou grato por todas as bênçãos concedidas.

Aos meus pais, Carlos Pereira da Silva e Eliene Candida Gomes Silva, pelo apoio e incentivo. Por nunca me deixarem desistir dos meus sonhos e não medirem esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

A minha esposa Thaynara Almeida Cabral, pelo companheirismo e apoio de sempre.

A minha orientadora June Faria Scherrer Menezes, pela paciência ao me orientar e incentivo desde a graduação, tornando possível a conclusão deste trabalho.

## **AGRADECIMENTO**

Aos meus pais e a minha esposa que proveram a realização deste sonho. Obrigado pelo apoio durante a realização do curso e do mestrado. Sou eternamente grato a vocês!

A minha orientadora professora Dra. June Faria Scherrer Menezes, pelo apoio, amizade, compreensão e conhecimentos compartilhados, que contribuíram para a execução deste trabalho. Foram anos maravilhosos trabalhando ao seu lado com muita aprendizagem e companheirismo. Obrigado por tudo!

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Produção nacional de suínos e suas problemáticas.....	3
2.2 Fósforo no solo.....	4
2.3 Fósforo na planta.....	6
2.4 Metodologias de análises para determinação do P disponível para as plantas.....	6
2.4.1 Mehlich-1.....	7
2.4.2 Mehlich-3.....	8
2.4.3 Resina .....	8
2.4.4 Olsen.....	9
2.4.5 Bray-1.....	10
2.4.6 P-remanescente.....	10
2.4.7 P-orgânico.....	11
2.4.8 P-total.....	11
2.5 Correlação entre extratores.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Amostragem e preparo das amostras.....	13
3.2 Metodologias para extração e determinação dos teores disponíveis de P .....	14
3.2.1 Fósforo disponível por Mehlich-1.....	14
3.2.2 Fósforo disponível por Mehlich-3.....	15
3.2.3 Fósforo disponível por Bray-1.....	15
3.2.4 Fósforo disponível por Olsen.....	15
3.2.5 Fósforo disponível por Resina.....	16
3.2.6 Fósforo remanescente.....	16
3.2.7 Fósforo orgânico total.....	17
3.2.8 Fósforo total.....	17

3.2.9 Método de leitura da disponibilidade de P por Murphy e Riley (1962).....	17
3.3 Análise estatística.....	18
4 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	18
4.1 Análise de correlação.....	33
5 CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS.....	34
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Características físico-químicas dos solos utilizados no estudo (exceto teores de P). UniRV, GO, 2021.....	13
TABELA 2	Resultados da análise de variância (Quadrado Médio) para P extraído por Mehlich-1, Mehlich-3, P remanescente, Resina, Bray-1 e Olsen em função dos tratamentos (T) (sem adubação, 25, 50, 75 e 100 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos e adubação mineral), profundidades do solo (PS) e interação (D) e profundidade (PS). UniRV, GO, 2021.....	19
TABELA 3	Resultados da análise de variância (Quadrado Médio) para P-orgânico e por P-total em função das tratamentos (T) (sem adubação, 25, 50, 75 e 100 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos e adubação mineral), profundidades do solo (PS) e interação (D) e profundidade (PS). UniRV, GO, 2021.....	20
TABELA 4	Teores de P extraídos por Mehlich-1, Mehlich-3, Resina, Bray-1, Olsen e P remanescente em solos adubados com dejetos de suínos por 19 anos nas profundidades 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm. UniRV, GO, 2021.....	21
TABELA 5	Teores de P-orgânico e P-total em solos adubados com dejetos de suínos por 19 anos nas profundidades 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm. UniRV, GO, 2021.....	25
TABELA 6	Resultados da análise de variância (Quadrado Médio) para P extraído por Mehlich-1, Mehlich-3, P remanescente, Resina, Bray-1 e Olsen em função das tratamentos (T) (sem adubação, 25, 50, 75 e 100 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos), profundidades do solo (PS) e interação (D) e profundidade (PS). UniRV, GO, 2021.....	31
TABELA 7	Resultados da análise de variância (Quadrado Médio) para P-orgânico e P-total em função das tratamentos (T) (sem adubação, 25, 50, 75 e 100 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos), profundidades do solo (PS) e interação (D) e profundidade (PS). UniRV, GO, 2021.....	32
TABELA 8	Parâmetros das regressões polinomiais ajustadas para os teores de P extraídos por Mehlich-1, Mehlich-3, P resina, P remanescente, Bray-1, Olsen, P-orgânico e P-total em função das doses de dejetos de suínos (D), na profundidade do solo 0-10 cm. UniRV, GO, 2021.....	32

TABELA 9	Coefficientes de correlação linear dos valores médios dos teores de P disponível na camada 0-10 cm de profundidade pelos extratores usados. UniRV, GO, 2021.....	33
----------	--	----

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Teores de P no solo, extraídos com os extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Olsen, Bray-1, Resina e P-remanescente com histórico de adubações com dejetos de suínos nas doses 0, 25, 50, 75 e 100 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> e adubação mineral (350 kg ha <sup>-1</sup> de 02.20.18) a longo prazo em três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm). UniRV, GO, 2021.....	27
FIGURA 2	Teores de P-total e P-orgânico no solo com histórico de adubações com dejetos de suínos nas doses 0, 25, 50, 75 e 100 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> e adubação mineral (350 kg ha <sup>-1</sup> de 02.20.18) a longo prazo. UniRV, GO, 2021.....	28
FIGURA 3	Teor de P no solo utilizando os extratores Mehlich-1, Mehlich-3, P-remanescente, Resina, Olsen e Bray-1 com a aplicação de 0, 25, 50, 75 e 100 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos por 19 anos e tratamento com adubação mineral. UniRV, GO, 2021.....	29
FIGURA 4	Teor de P-orgânico e P-total no solo, com a aplicação de 0, 25, 50, 75 e 100 m <sup>3</sup> ha de dejetos líquidos de suínos por 19 anos e tratamento com adubação mineral em função das profundidades do solo (0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm). UniRV, GO, 2021.....	30

## RESUMO

SILVA, R. G. Ms., UniRV - Universidade de Rio Verde, abril de 2021. **Extratores de fósforo no solo após 19 anos de aplicação com dejetos líquidos de suínos.** Orientadora: Prof. Dr. June Faria Scherrer Menezes.

A aplicação de dejetos de suínos sucessivamente numa mesma área como fonte de nutrientes, aumenta os teores de fósforo (P) no solo. Sendo que, na adubação orgânica, parte do P está na forma orgânica (Po) e parte na forma mineral, prontamente disponível para a planta (P-lábil). Possivelmente os teores detectáveis de P no solo variam com o tipo de extrator químico e com a forma de P no solo (Po e P-lábil). Os extratores químicos convencionais mais utilizados na determinação de P no solo possivelmente podem sub ou superestimar os teores de P quando este se encontra na forma orgânica. Desta forma, o objetivo com o trabalho foi selecionar o extrator químico mais adequado para solos com histórico de adubação sucessivamente de dejetos de suíno e que estime a disponibilidade de P no solo que melhor expresse a recomendação da adubação fosfatada. Para isso, foram utilizados solos com aplicação por 19 anos com dejetos de suínos nas doses de 0, 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e adubação mineral (350 kg ha<sup>-1</sup> na formulação 02-20-18), avaliados nas profundidades 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm. Para a extração e determinação dos teores de P nesses solos, utilizaram-se os extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1, Olsen, Resina e P remanescente e a determinação dos teores de P orgânico e P total. Os teores de P determinados por cada extrator foram correlacionados a fim de determinar qual extrator se correlaciona positivamente com P-orgânico e P-total no solo. Adubações sucessivas de dejetos de suínos incrementaram os teores de P disponível do solo (P-lábil) e os teores de P-total e diminuíram os teores de P-orgânico (Po) do solo. Os extratores de P disponível avaliados no solo não foram adequados para determinar os teores de P-orgânico no solo, e o extrator Mehlich-1 obteve melhor correlação com os demais extratores, sendo adequado para determinar o P disponível do solo, principalmente em solos com aplicação a longo prazo de dejetos líquidos de suíno.

**Palavras-chave:** adubação orgânica a longo prazo, fósforo orgânico, métodos de extração.

## ABSTRACT

SILVA , R. G. Ms., UniRV - University of Rio Verde, april 2021. **Phosphorus extractors in the soil after 19 years of swine slurry application.** Advisor: Prof. Dr.June Faria Scherrer Menezes.

The application of swine slurry successively in the same area as a source of nutrients increases the phosphorus (P) contents in the soil. In organic fertilization, part of the P is in organic form (Po) and part in mineral form, readily available for the plant (P-labile). Possibly the detectable contents of P in the soil vary with the type of chemical extractor and the form of P in the soil (Po and P-labile). Conventional chemical extractors most commonly used in soil P determination may possibly underestimate P contents when it is in organic form. Thus, the objective of this work was to select the most suitable chemical extractor for soils with a history of successive swine slurry application and estimate the availability of P in the soil that best expresses the recommendation of phosphate fertilization. For this reason, soils with application for 19 years with swine slurry application at the doses of 0, 25, 50, 75 and 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> and mineral fertilization (350 kg ha<sup>-1</sup> in formulation 02-20-18) were used, evaluated at depths 0-10 cm, 10-20 cm and 20-40 cm. For the extraction and determination of P contents in these soils, the extractors Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1, Olsen, Resin and P remaining and the determination of P-organic and total-P contents were used. The P contents determined by each chemical extractor were correlated in order to determine which extractor correlates positively with P-organic and P-total in the soil. Successive fertilizations of swine slurry increased the levels of P available (P-labile) and the total-P contents and decreased the P-organic (Po) contents of the soil. The available P evaluated in the soil were not adequate to determine the P-organic contents in the soil and the Mehlich-1 extractor obtained a better correlation with the other extractors, being adequate to determine the available soil P, especially in soils with long-term application of swine slurry.

**Keyword:** Long-term organic fertilization, organic phosphorus, chemical methods.

# 1 INTRODUÇÃO

Para obtenção de altas produtividades é necessário avaliar o estado nutricional do solo. Para isso, é de suma importância conhecer a fertilidade do solo onde se deseja cultivar, a fim de usar adequadamente os corretivos e fertilizantes. Como consequência destes fatores, obter-se-a produtos de qualidade e também a garantia da proteção ambiental. Com o uso adequado de fertilizantes, há melhor utilização dos recursos naturais e ganho econômico, diminuindo os riscos de impactos negativos no processo produtivo.

A análise físico-química do solo deve ser realizada para a avaliação adequada da fertilidade do solo. E para obter a confiabilidade nos resultados, surge a importância de pesquisas relacionadas a essa avaliação, as quais abrangem alguns processos, desde a amostragem do solo, métodos de análise dos nutrientes, técnicas de diagnósticos dos resultados e a interpretação e recomendação da adubação. Todos estes passos tem por propósito determinar a disponibilidade dos nutrientes e também verificar a existência de algum outro fator limitante que esteja prejudicando a produtividade da cultura (CANTARUTTI et al., 2007).

Mesmo que existam métodos de análise de solo consolidadas, é importante que haja pesquisas que comparem metodologias a fim de manter calibrados a relação solo-planta em função dos nutrientes avaliados em questão. Para isso, são realizados estudos utilizando-se vários métodos e posteriormente, a comparação de qual método melhor se correlaciona com a relação solo-planta, quanto do nutriente disponível no solo foi absorvido e acumulado na planta, ou seja, a biodisponibilidade (REIS, 2016)

Um dos nutrientes bastante estudado é o fósforo (P), pelo fato de ser limitante em mais de 30% dos solos em cultivos no mundo e por apresentar baixa eficiência quanto sua utilização como fertilizantes no solo. Outro fator limitante e importante é que as fontes de P mais conhecidas e de fácil acesso estão sendo utilizadas em proporção significativa havendo o risco de uma possível escassez destas matérias primas (VANCE et al., 2003).

A determinação e o conhecimento prévio do teor de P disponível no solo (P-lábil) é fundamental para a recomendação da adubação fosfatada adequada para a obtenção de altas produtividades das culturas (Prochnow et al., 2018). Existem tabelas de recomendação da adubação fosfatada para solos de Cerrado, baseadas nos teores de P e de argila e também na alta capacidade de retenção do fosfato aplicado (capacidade tampão de P - CTP), cujas doses foram baseadas em ensaios de calibração para máxima eficiência física da cultura e utilizando-se fertilizantes minerais fosfatados (Sousa et al., 2016). Porém, em regiões em que há aplicação

de dejetos de suínos no solo como fonte de nutrientes, introduz-se além das fontes inorgânicas, fontes orgânicas de nutrientes no solo, sendo um deles o P.

A utilização de dejetos de suínos é uma alternativa para complementar a adubação mineral, uma vez que esse resíduo possui uma quantidade considerável de nutrientes. Como as propriedades rurais que possuem granjas suinícolas precisam dar destinação adequada a esse resíduos, o seu uso como adubo na agricultura é uma realidade. E nessas propriedades, como ocorrem sucessivas aplicações de dejetos e normalmente sobre a mesma área de cultivo, a quantidade de P adicionada no solo, pode ultrapassar a quantidade de nutrientes que a cultura necessita e além disso, com o passar do tempo, ultrapassar a capacidade de adsorção do solo. Teor excessivo de P no solo, além de proporcionar um desbalanço nutricional, pode resultar no seu transporte para águas superficiais e subsuperficiais, com alto risco de eutrofização (GATIBONI et al., 2008).

O P nos solos tropicais e subtropicais, naturalmente, encontra-se adsorvido com alta energia de ligação e, conseqüentemente, há pouco P disponível para a cultura. A retenção de P nesses solos, ocorre pelo mecanismo de troca de ligantes, saturando os sítios de adsorção com maior avidéz pelo íon fosfato. Como conseqüência, diminui-se a capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) e mais íons fosfatos são adsorvidos com menor energia de ligação, aumentando o seu teor na solução do solo. Aplicações freqüentes de fertilizantes fosfatados em doses superiores àquelas perdidas (colheitas e erosão) podem incrementar a biodisponibilidade de P a ponto de ultrapassar os limites toleráveis pelo ambiente (Sharpley & Halvorson, 1994; Daniel et al., 1998; McDowell et al., 2001).

Desta forma, os objetivos com o trabalho foram determinar os teores disponíveis de P no solo por diversos métodos de extração e quantificar as formas de P nos solos que receberam aplicações por 19 anos de dejetos líquidos de suínos nas doses de 0, 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e adubação mineral, selecionar o extrator químico mais adequado para determinar a disponibilidade de P em solos que receberam sucessivamente aplicações de adubo orgânico e também correlacionar com os teores de P-orgânico total e P-inorgânico total nestes solos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Produção nacional de suínos e suas problemáticas

A região de Rio Verde é conhecida por ser uma das cidades maiores produtoras de suínos no Brasil, ficando atrás apenas do município de Toledo, no Paraná, que foi o maior produtor nacional, (IBGE, 2019). Essa grande produção de suínos se deve ao fato do município apresentar também as maiores produções de grãos do Estado, além de ter uma boa infraestrutura agroindustrial e de transporte para atender o mercado consumidor (LOPES, 1997). A suinocultura pode ser destacada também como uma alternativa de renda nas propriedades rurais, aumentando mão de obra no campo.

Segundo MIRANDA et al. (1999), a capacidade poluente dos dejetos líquidos suínos, em termos comparativos, é muito superior à de outras espécies, inclusive a do ser humano. Em média, a produção de dejetos por suíno, equivale a 3,5 pessoas. Nesta mesma linha de raciocínio, entretanto, uma granja que possui um montante de 2.000 animais em terminação equivale em poder poluente, segundo esse conceito, ao índice populacional de uma pequena cidade de 7.000 habitantes.

No município de Rio Verde e entorno, existem instaladas aproximadamente 143 granjas suinícolas e com produção de de 3,44 milhões de m<sup>3</sup> por ano de dejetos líquidos de suínos (DLS), segundo Menezes (2012). Os dejetos de suínos são ricos em nutrientes, tendo aproximadamente 1% de fósforo (P), segundo dados de Diesel *et al.* (2002). Estes resíduos são aplicados anualmente no solo em doses variáveis conforme a necessidade da cultura implantada na área, segundo os critérios técnicos preconizados por CORRÊA *et al.* (2011).

A aplicação sucessiva dos dejetos de suínos no solo modifica as características químicas do solo, incrementando os níveis de P no solo (Scherer et al., 2007). As formas de P no solo podem ser modificadas pela introdução de P orgânico advindo do resíduo orgânico. Assim, quanto maior a dose e a frequência de aplicação de dejetos no solo, espera-se maior teor de P no solo e provavelmente, maior quantidade de P na forma orgânica e possivelmente maior quantidade de P nos tecidos vegetais (REIS, 2009).

No dejetos de suíno, a maior fração de P do material de origem (fezes, urina e restos de ração) está na forma orgânica (Po), mas com a decomposição do resíduo na composteira ou lagoa de estabilização, uma fração transforma-se em forma inorgânica (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>). A fração mineral será disponibilizada imediatamente para a cultura no primeiro ano de aplicação do



dejeito no solo e cerca de 20 a 40% do P será disponibilizado após o processo de mineralização, tendo assim um efeito residual no solo após cada aplicação (CFSEMG, 1999). A mineralização é a transformação microbiológica do P orgânico em P mineral, sendo gradativa e dependente de vários fatores ambientais (temperatura, pH, umidade, entre outros) e do solo (NOVAIS; SMITH, 1999).

Para a determinação dos teores de P disponíveis no solo, os extratores químicos mais utilizados em análises de rotina são: Mehlich-1 ( $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025 \text{ mol L}^{-1}$ , pH 1,2) e Resina. O Mehlich-1 é usado em Goiás e na maioria dos estados brasileiros para a previsão de P disponível no solo (SOUSA; LOBATO, 2004) e a resina é muito utilizada em São Paulo (RAIJ et al., 1996). A acidez do extrator Mehlich-1 pode superestimar P, pela solubilidade de P orgânico e outras formas de P (P-Fe e P-Al). A Resina tem baixa sensibilidade à capacidade tampão do solo para P (CTP) nos solos, contrariamente ao Mehlich-1 (NOVAIS; SMITH, 1999). O método da resina trocadora de cátions e ânions, proposto por (RAIJ et al., 1987), apresenta grande eficiência, contudo, os laboratórios de análise de solo, principalmente os de rotina, nem sempre possuem a resina ao seu alcance. Devido estas diversidades de atuação de cada extrator é interessante estudar cada alternativa.

Segundo as afirmativas de PALÁCIO et al. (2000), nenhum método de extração de P de um solo pode representar de modo idêntico a capacidade de uma planta em absorver P, porém, a pesquisa procura incessantemente definir novos métodos que sejam os mais precisos possíveis, pois perdas na produção por falta de adubação, ou por excesso, devido as falhas nas recomendações de P, podem significar um fator decisivo na relação custo/benefício.

## **2.2 Fósforo no solo**

O fósforo (P) é um elemento essencial e apontado como um dos nutrientes mais limitantes às plantas, mesmo havendo uma quantidade relativamente abundante na crosta terrestre. Mesmo que o teor de P no solo seja alto em relação a necessidade da planta, apenas uma pequena fração desse P no solo consegue ser desorvido pelos colóides do solo e assim se tornar disponível para as plantas (CORRALES, 2013).

O P que se encontra no solo, seja ele de interesse agrônômico ou ambiental, é formado por derivados de ácido ortofosfórico e, menos comum, dos pirofosfatos. Sua dinâmica está associada a fatores ambientais aos quais controlam as atividades de microrganismos, que imobilizam ou liberam os íons ortofosfatos, e às propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo (RHEINHEIMER et al., 2008)

A adsorção de P no solo ocorre por algumas reações químicas e também físico-químicas, por causa disso, o P absorvido na superfícies de óxidos de Fe e Al, parte se tornam P-lábil (disponível para as plantas), outra parte de P é fixada, nas forma não-lábil (ALVAREZ V., 1982).

Em algumas literaturas é citado que muitas vezes o P pode se tonar indisponível para as plantas por se formar complexos insolúveis com cátions como Al e Fe, quando encontrado em solos ácidos e com Ca em maiores valores de pH (ABDÚ, 2006; VANCE et al. ,2003).

O P do solo é dividido em dois grupos, sendo eles o fósforo inorgânico (Pi) e o fósforo orgânico (Po), isso vai depender de qual composto ele estará ligado. Dentro do grupo Pi, pode ser dividido em duas partes: o fósforo dos minerais e o fósforo adsorvido (RHEINHEIMER et al., 2008). O Po é uma fonte importante para as plantas, por representar cerca de 80% do fósforo total do solo (RHEINHEIMER; ANGHINONI, 2003), na qual tem como contribuição básica a disponibilidade de P pela mineralização. A contribuição para a disponibilização dessa forma de P no solo, vem normalmente da decomposição dos resíduos vegetais e da microbiota do solo (GATIBONI et al., 2008).

As principais formas de Po no solo são os fosfatos de inositol (10 a 80% do fósforo orgânico total), ácido nucléicos (3%), fosfolipídios (0,5 a 7%) e ésteres fosfato (<5%). Os compostos como os ácidos nucléicos e fosfolipídios, possuem uma maior facilidade para ser mineralizado, já o fosfato de inositol, exibe ligações de alta energia, fazendo com que ele tenha uma maior interação com a fração inorgânica do solo, dificultando a mineralização (HERRERA, 2014).

Do ponto de vista da fertilidade do solo, o P é dividido de acordo com a facilidade que o seu teor e repostado na solução do solo. Mesmo que as separações do fósforo no solo em formas lábeis, moderadamente lábeis e não lábeis, sejam imprecisas, elas ajudam a entender a dinâmica da disponibilidade do fósforo (RHEINHEIMER *et al.*, 2008).

De acordo com Cross & Schlesinger (1995), o grau de estabilidade química e a forma como a solução do solo é tamponada em P determinam a classificação do fosfato em lábil, moderadamente lábil ou não-lábil. A fração lábil pode ser definida como os fosfatos que estão em equilíbrio entre a fase sólida e a solução de solo, podendo retomar rapidamente à solução do solo. Na fração moderadamente lábil os fosfatos estão retidos com energia de ligação capaz de aumentar o tempo para liberação. Por sua vez, o fosfato não lábil é o que não está prontamente disponível para ser disponível a solução do solo (GATIBONI et al., 2013).

O P é transportado do solo até a raiz por meio de difusão, na forma iônica que o nutriente é absorvido como  $H_2PO_4^-$  e  $H_2PO_4^{2-}$  e isso faz com que seja necessário a utilização de um sistema de co-transporte com um cátion (SCHACHTMAN et al., 1998). Posteriormente a absorção, parte

do P será assimilado nos compostos orgânicos como  $\text{PO}_4^{3-}$  (NOVAIS; MELLO, 2007).

### **2.3 Fósforo na planta**

O P na planta tem como função ser constituinte de uma série de compostos orgânicos, como por exemplo: ácidos nucleicos, fosfolipídeos, proteínas, éster fosfato, dinucleotídeos e adenosina trifosfato (ATP), desta forma se torna de suma importância para a maioria dos processos metabólicos como a fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

O P é de grande importância na regulação pós-transducional de enzimas e também no controle de sinalização durante a transdução, ele atua na fosforilação, desfosforilação e na sinalização de proteínas, com isso torna este nutriente no segundo mais limitante no fator nutricional, ficando atrás apenas do nitrogênio (WHITE; HAMMOND, 2008).

Quando ocorre deficiência de P no solo, isso pode acarretar em uma diminuição no crescimento da planta, por ocorrer mudanças na taxa de divisão celular, pode também afetar o alongamento e a produção de frutos e flores (RYCHTER; RAO, 2005). A deficiência desse nutriente pode afetar diretamente a produção de açúcares por concernir as vias metabólicas de carboidratos. Com isso aumenta a produção de antocianinas, porque ocorre o desvio do carbono para esta rota metabólica. Como sintoma de deficiência é observado um crescimento desacelerado, tonalidade roxa em folhas velhas, que são causadas por algumas substâncias (MARSCHNER, 2012).

As plantas possuem mecanismos para poder manter os teores de P sempre adequados no seu interior evitando prejuízos, sendo uma delas a reciclagem deste elemento internamente, através da produção de enzimas capazes de hidrolisar compostos orgânicos, fazendo com que através da síntese das fosfatases liberem o  $\text{P}_i$  dos fosfomonoésteres e as ribonucleases, que são responsáveis pela mobilização do P do RNA (SHEN et al., 2011).

### **2.4 Metodologias de análises para determinação do fósforo disponível para as plantas**

A avaliação do teor de P disponível no solo para as plantas é realizada através do uso de soluções extratoras com características e princípios de extração diversos (NOVAIS; SMITH, 1999). Os métodos de análise de P, tentam estimar a fração de P na fase sólida que possa ser passível de repor o P na solução conforme a necessidade da cultura para aquele nutriente. A eficiência de um método dependerá da forma em que o nutriente está inserido na fase sólida (Al-

P, Ca-P, Fe-P) e de como o extrator irá ter acesso a essa forma (GATIBONI, 2003).

Algumas metodologias analíticas permitem não só quantificar as formas de P no solo (P-total, P-inorgânico e P-orgânico) como também quantificar o fósforo associado a determinadas superfícies ou espécies químicas (TORRENT, 2010). Em laboratórios de análises de fertilidade do solo, a determinação do teor de P disponível é um processo fundamental e o P disponível do solo significa o teor do elemento que pode ser utilizado pelas plantas (TEIXEIRA et al., 2017).

A eficácia dos extratores que são utilizados em laboratório de rotina para avaliar a disponibilidade de P no solo, está ligada com a habilidade que cada um desses extratores tem em quantificar diferentes frações de P inorgânico, que se relacionam de forma positiva com o P absorvido pelas plantas (SOUZA JÚNIOR et al., 2012).

Além do P disponível, algumas metodologias de extração, foram desenvolvidas para poder também quantificar formas menos disponíveis do nutriente, englobando formas lábeis e não lábeis, isso em função da energia de adsorção do nutriente aos minerais do solo (CAMARGO et al., 2010).

Os extratores utilizados para determinação do P disponível são, normalmente, soluções preparadas com reagentes químicos e podem ser classificadas em quatro grupos, de acordo com seu modo de ação, sendo eles: dissolução ácida, troca iônica, complexação de cátions e hidrólise de cátions (RHEINHEIMER et al., 2008).

A determinação de P em solos brasileiros é normalmente avaliada com uso da solução extratora Mehlich-1, embora existam outras soluções extratoras como Bray-1, Mehlich-3, Olsen, Resina, entre outras (TEIXEIRA et al., 2017).

#### **2.4.1 Mehlich-1**

O extrator Mehlich-1 ( $\text{HCL } 50 \text{ mmol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 12,5 \text{ mmol L}^{-1}$ ) é um método que foi proposto na década de 50 para extração multielementar sendo P, Ca, Mg, K, Na e  $\text{NH}_4^+$  (Mehlich, 1953). Porém sua utilização só foi se tornar oficial em 1954, nos laboratórios do estado da Carolina do Norte (EUA) (Mehlich, 1984). É empregado para extrair o P do solo em uma fração solúvel, em meio ácido fraco (Mehlich, 1953). O extrator Mehlich-1 é o mais utilizado no Brasil, por ser um método com baixos custos e com baixa demanda de tempo para sua realização, além de ser um método adequado para solos ácidos com baixo teor de matéria orgânica (MYLAVARAPU et al., 2002).

Apesar de ser o extrator mais usado no Brasil e de ter pontos positivos, o método de extração por Mehlich-1, possui a desvantagem de se utilizado em solos adubados com fosfatos

naturais, pode superestimar a disponibilidade de P presente no solo para as plantas. A superestimação de P acontece porque a solução extratora é composta por dois ácidos fortes (sulfúrico e clorídrico), ocorrendo a solubilização dos fosfatos de cálcio (P-Ca) que então ainda na forma indisponível às plantas (NOVAIS et al., 2007).

### **2.4.2 Mehlich-3**

Quando o extrator Mehlich-1 começou a ser utilizado em solos com um pH neutro e alcalino, também em solos em que o P disponível estava na forma de apatita (P-Ca), notou-se que ocorria uma baixa correlação entre o teor de P encontrado na análise com o crescimento e produção das plantas (Mehlich, 1984). Assim, após essas observações, intensificaram estudos para desenvolver novos extratores que culminaram com o desenvolvimento dos extratores Mehlich-2 e Mehlich-3 (CORRALES, 2013).

O extrator Mehlich-3 surgiu em 1984 após modificações feitas na solução extratora Mehlich-2, como a inclusão do cobre (Cu) na extração, e assim aumentando a amplitude de solos com diferentes características que poderiam ser analisados com o mesmo extrator e também assim seria eliminado o poder de corrosão que o Mehlich-2 tinha sobre os equipamentos de laboratório (REIS, 2016).

O extrator Mehlich-3 vem sendo bastante utilizado nos casos que visam extrair vários elementos, tais como P, K, Ca, Mg, pensando na redução de custo das análises, por simplificar os procedimentos analíticos (BORTOLON; GIANELLO, 2009).

### **2.4.3 Resina**

O uso de resina ou resina de troca iônica, como método de extrair e avaliar a disponibilidade de P no solo, foi proposto por Amer et al. (1955). Desde então, vários tipos de resinas vêm sendo utilizadas para determinar a disponibilidade de P e outros elementos no solo. Além disso, a resina também já foi utilizada para determinação da presença de elementos tóxicos e prejudiciais ao desenvolvimento das plantas (MÍSSIO, 1996).

O uso desse método consiste no movimento de íons das partículas de P do solo para a solução, em que a resina irá remover de forma contínua os íons que estiverem presentes na solução, fazendo com que ocorra um desequilíbrio de íons entre as duas fases. Como a capacidade de troca da resina é alta mesmo sendo uma reação de equilíbrio, isso resulta na transferência de P da solução para a resina, assemelhando-se a ação das raízes das plantas ao

absorver o íon do solo (KROTH, 1998).

O método de extração com resina pode ser considerado adequado para determinação da disponibilidade de P do solo pelo fato dele não ser afetado pelas características do solo e também por extrair maior quantidade de P, principalmente em solos argilosos, em que geralmente os valores de P são subestimados pelas soluções ácidas (SILVA et al., 1999).

Porém, o uso desse método em laboratórios de rotinas de análises de solo quase não é usado, por ser um método demorado e por não ser tão fácil conseguir as resinas tornando-os não rentáveis (RAIJ et al., 1987).

#### **2.4.4. Olsen**

O extrator Olsen é caracterizado como um extrator alcalino, pois é um método que foi desenvolvido para solos calcários que possuem a predominância de fosfato de cálcio (ABDÚ, 2006), sendo constituído por uma solução de  $0,25 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{NaHCO}_3$ , regulada a um pH de 8,5 (Olsen et al., 1954). A metodologia com esse extrator consiste no uso do  $\text{HCO}_3^-$  como bom trocador de fosfato, enquanto isso, o Na faz com que diminua a atividade do Ca que fica na solução (CABALCETA, 1993).

Nos solos ácidos a neutros, os ânions de troca  $\text{HCO}_2^-$ ,  $\text{CO}_2^-$  e  $\text{OH}^-$  do Olsen substituem os íons ortofosfatos adsorvidos aos compostos de Fe e Al (Olsen et al., 1954). Além disso, o aumento das cargas negativas na superfície do solo ou o número reduzido de locais de sorção nas superfícies dos óxidos de Fe e Al em altos níveis de pH também aumentam a dessorção do P na solução (KUO, 1996). Devido a alta solubilidade dos ácidos húmicos em soluções levemente alcalinas, parte da fração orgânica também é dissolvido por este extrator (CORRALES, 2013).

Latrou et al. (2014) apontam o método de Olsen como trabalhoso em relação ao método Mehlich-3. Por exemplo, o pH da solução de  $\text{NaHCO}_3$  deve ser mantida em pH 8,5 para obter resultados confiáveis, esse método extrai apenas P.

Quando a solução Olsen é aplicada em solos com alto teor de matéria orgânica, os resultados são mais inconsistentes devido à cor escura do extrato, requerendo com isso etapas adicionais nas análises (NAWARA et al., 2017). A cor do extrato obtido pelo Olsen, varia de amarelado a marrom escuro, dependendo da quantidade de matéria orgânica removida do solo. Com isso, a presença de alta concentração de matéria orgânica pode interferir no desenvolvimento da cor do extrato. Além disso, a acidificação do extrato pode precipitar a matéria orgânica. Essas condições não são adequadas para um método colorimétrico

(SCHOENAU; O'HALLORAN, 2006).

Em trabalho recente, Reid et al. (2020), mostraram que não há uma tendência consistente da influência da capacidade tampão de fósforo (CTP) no P extraído pelo Olsen. Com isso, uma grande quantidade de fertilizantes pode ser evitada ao desconsiderar a medida da CTF na interpretação do P disponível extraído pelo Olsen.

#### **2.4.5 Bray-1**

O extrator Bray-1 utiliza ácidos fortes diluídos como complexante, dentre essa categoria ele é um dos extratores mais utilizados. Além de ocorrer a dissolução seletiva devido a acidez, também ocorre a complexação do alumínio devido à presença do íon fluoreto e assim faz a solubilização do P ligado a esses compostos (KROTH, 1998).

O extrator Bray-1 necessita de filtragem para a sua execução. Além disso, fornece extratos muito amarelos, o que às vezes interfere nos resultados. Como no caso do ácido sulfúrico, são extratores absolutamente empíricos, específicos para determinadas formas de P e não dissolvendo outras, o que pode não coincidir com aquelas mais disponíveis do elemento no solo (RAIJ, 1984).

#### **2.4.6 P-remanescente**

O P-remanescente (P-rem), tem sido estudado para diagnóstico de características químicas do solo, ou seja, para enquadramento dos teores de P no solo. 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 a capacidade tampão de P e com a capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) destes solos (ALVAREZ V, 2000).

Alvarez V. et al. (2000), estudaram que o P-rem é a concentração de P na solução de equilíbrio com agitação até 24 horas do solo com a solução extratora de  $\text{CaCl}_2$   $0,001 \text{ mol L}^{-1}$  a uma concentração conhecida de  $60 \text{ mg L}^{-1}$  de P. Sabe-se que os valores obtidos apresentam estreita correlação com a capacidade tampão (CT) e com a capacidade máxima de adsorção de fosfatos (CMAP). Portanto, a interpretação das análises de solos e recomendações de adubação é estimada pela capacidade tampão pelo P-remanescente.

#### **2.4.7 P-orgânico**

O P-orgânico no solo é geralmente esquecido, talvez pelo fato de que em solos minerais

cultivados, a maior parte do P está na forma inorgânica. Segundo Russel (1973), a contribuição de P orgânico no aproveitamento da planta é muito pequeno em solos de regiões temperadas, em contrapartida Williams (1963), menciona que em regiões tropicais essa contribuição do P-orgânico pode ser significativa.

Em solos com maiores quantidades de matéria orgânica como os sob florestas, os teores de P-orgânico podem variar de 15 a 80% (SILVA; MENDONÇA, 2007). Neufeldt et al. (2000) observaram que sob condições naturais de forte deficiência do nutriente, seja por falta ou força de adsorção, mais de 60% da porção lábil do fósforo foi oriunda do P-orgânico, demonstrando sua importância para a nutrição das plantas.

#### **2.4.8 P-total**

O conteúdo de P-total na maioria dos solos minerais varia entre 0,02 a 0,5% (PÉREZ, 1987), e este pode se subdividir em duas frações principais: uma inorgânica que inclui principalmente fosfatos complexos de Al, Fe e Ca (P-não lábil), que por sua vez se subdivide em uma parcela solúvel em extratores químicos (P-lábil) e uma insolúvel, e outra fração orgânica (P-orgânico). O P disponível se origina da solubilização de minerais fosfatados, da mineralização da matéria orgânica e da adição de fertilizantes (SCHUMACHER, 2004).

A quantidade de P-total de um solo mineral pode ser comparada ao do nitrogênio (N), bem maior que a do potássio (K), do cálcio (Ca) ou do magnésio (Mg). Porém, de maior importância é o fato de que a maioria do P existente nos solos, não se encontram prontamente absorvível pelos vegetais (LIMA, 2005).

#### **2.5 Correlação entre extratores**

A avaliação da fertilidade do solo, de modo operacional, consiste em estudar correlações e calibrações de métodos de análise de solo e planta, em que na fase de correlação estuda-se diferentes tipo de métodos de extração e assim é selecionado o que melhor se relaciona com o método padrão, que é a quantidade absorvida e acumulada na planta (REIS, 2016)

Estudos sobre correlação de análise química do solo, para se tornarem mais praticos e econômicos, costumam ser realizados em casa de vegetação com grande número de solos com características diferentes (SIMS; JOHNSON, 1991). Esses estudos tem como importância comparar os métodos já consolidados, quanto a sua eficiência em predizer a disponibilidade de um nutriente para determinada cultura, ou também a eficiência de um novo método proposto



(REIS, 2016).

Ibricki et al. (1992) e Muniz et al. (1996), verificaram a sensibilidade para detectar variações na disponibilidade de P entre extratores e classificaram na seguinte ordem: Resina > Mehlich-3 > Olsen > Bray-1 > Mehlich-1.

Reis (2016), estudando 11 solos do estado de Minas Gerais e um solo do estado de Espírito Santo, todos com diferentes características mineralógicas e texturais, obteve grandes variações entre os teores de P pelos extratores, devido as diferentes características de cada extrator. Sendo os maiores teores de P obtidos com o extrator Mehlich-1, já os teores obtidos por Mehlich-3 e Resina foram semelhantes.

Em revisão feita por Silva e Raij (1999), foi observado que, nos 72 trabalhos consultados, os métodos mais estudados foram Olsen, Bray-1, Resina e Mehlich-1 (em ordem decrescente). Os autores destacam o interesse pelo método da Resina, mesmo não sendo um método de uso generalizado como os demais.

Steiner et al. (2012), ao avaliarem os extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e Resina aniônica em 12 solos do estado do Paraná, obtiveram os resultados de que os três extratores apresentam uma eficiência semelhante, sendo a maior correlação do teor de P extraído pela Resina (0,93), seguido pelo extrator Mehlich-3 (0,90), em relação ao conteúdo de P nas plantas.

Em um estudo com cinco (5) solos da Amazônia adubados com diferentes fontes de P (fontes solúveis e fosfatos naturais com diferentes reatividades), Brasil e Muraoka, (1997), mostram que o Mehlich-3 e Bray-1, apresentaram melhores correlações e melhor sensibilidade as variações do solo comparados ao Mehlich-1 e Resina.

Ao estudar a variabilidade analítica dos extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 na determinação do P disponível, Santos et al. (2014), observaram que, na extração, deve ser usado o mesmo tipo de erlenmeyer devido a influência do volume vazio nos teores de P extraído, além da padronização do grau de moagem das amostras, que teve influência na extração de P pelo Mehlich-3. Com base nesses resultados, o Mehlich-3 apresenta potencial para prever a disponibilidade de P nos diferentes solos brasileiros, adubados ou não com fosfatos naturais, não só pela boa correlação com o P extraído pelas plantas, mas também por extrair de forma satisfatória, em diferentes solos, K, Fe, Mn, Zn e Cu.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Amostragem e preparo das amostras

Nesse estudo utilizou-se amostras deformadas de um experimento de longa duração, implantado no ano de 2000 na Universidade de Rio Verde (UniRV), sobre um Latossolo Vermelho distroférico (Embrapa, 2013), com 4% de declividade, que apresentava no momento das coletas, na profundidade 0-10 cm, as seguintes características físico-químicas (Tabela 1), seguindo-se as metodologias descritas por Silva (2009).

Tabela 1. Características físico-químicas dos solos utilizados no estudo (exceto teores de P). UniRV, GO, 2021

Amostras	pH	Ca	Mg	K	Al	(H+Al)	MO
	CaCl <sub>2</sub>		----- cmolc dm <sup>-3</sup> -----				g kg <sup>-1</sup>
Controle	6,43	1,22	0,77	0,23	0,55	10,1	47,82
25 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	6,49	5,07	3,77	1,03	0,05	2,3	52,43
50 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	6,72	5,01	3,61	1,08	0,05	2,6	46,54
75 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	6,87	4,25	3,87	1,38	0,05	2,1	55,51
100 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	6,92	4,40	3,53	1,27	0,05	2,8	47,05
Mineral	6,81	3,81	2,92	1,05	0,05	2,3	49,36
Amostras	m	V	CTC	SB	Argila	Silte	Areia
	---- % ----		cmolc dm <sup>-3</sup>		----- g kg <sup>-1</sup> -----		
Controle	19,86	18,07	12,28	2,22	42,63	21,84	35,53
25 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	0,50	81,03	12,18	9,87	43,43	20,77	35,80
50 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	0,51	78,61	12,34	9,70	44,24	20,72	35,04
75 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	0,52	81,60	11,65	9,51	42,93	20,81	36,26
100 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	0,54	76,64	12,01	9,20	42,43	22,42	35,16
mineral	0,64	77,12	10,10	7,79	41,52	24,89	33,59

O experimento era conduzido sob o sistema de plantio direto (SPD), em que foram realizadas 19 sucessivas aplicações de dejetos líquidos de suínos, nas doses de 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, adubação mineral (350 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 02.20.18) e sem adubação (controle),

aplicadas a lanço na superfície do solo, antes da implantação de cada cultivo, uma vez a cada ano. Os cultivos eram intercalados anualmente entre soja e milho.

A amostragem de solo ocorreu em fevereiro de 2019 após a colheita da soja da safra 2018/2019. Na ocasião foram coletadas cinco (05) amostras simples para fazer uma amostra composta por parcela (15 m x 10 m), em três (03) profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, utilizando-se um trado holandês. Considerou-se seis (6) tratamentos, 3 (três) repetições e três (03) profundidades, totalizando 54 amostras de solo.

As amostras de solos foram conduzidas para os laboratórios Multiusuário da UniRV para preparo e condução do trabalho entre os meses de fevereiro de 2019 a outubro de 2020. Inicialmente as amostras de solo foram preparadas em terra fina seca ao ar (TFSA) e após homogeneização, foram obtidas uma amostra de solo de cada amostra composta para caracterização química e física (Tabela 1) e análises de fósforo (P) que foi o objeto de estudo do trabalho.

As metodologias utilizadas para a extração do P e determinação da disponibilidade de P foram: Mehlich-1 (Tedesco et al., 1995), Mehlich-3 (Tedesco et al., 1995), Bray-1 (Bray e Kurtz, 1945), Olsen (Olsen et al., 1954), P remanescente (Alvarez V. et al., 2000) e Resina (Raij et al., 1996). Os extratos foram analisados, respectivamente, por colorimetria pelo método da vitamina C, modificado por Braga e Defelipo (1974).

Para a quantificação do P-orgânico total e P-inorgânico total do solo, foram empregados o método de extração de Olsen e Sommers (1982), com determinação dos teores de P-orgânico e P-total nos extratos seguindo-se o método descrito por Murphy e Riley (1962).

Para melhor compreensão do trabalho foram descritas as metodologias utilizadas para cada extrator.

## **3.2 Metodologias para extração e determinação dos teores disponíveis de P**

### **3.2.1 Fósforo disponível por Mehlich-1**

A solução extratora de Mehlich-1 ou duplo-ácida foi preparada por uma mistura de HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>. Utilizou-se 10 cm<sup>3</sup> de TFSA em um erlenmeyer de 125 mL e depois foi adicionado 100 mL da solução extratora. Agitou-se durante 5 minutos em um agitador horizontal, onde as amostras foram deixadas para decantar por 16 horas. Posteriormente foi pipetado uma alíquota de 5 mL do sobrenadante e adicionado 10 mL de solução ácida de molibdato de amônio diluída e 30 mg de ácido ascórbico em pó. Agitou-se a solução por 2

minutos e deixo-as desenvolver a cor (azul) por uma hora. Efetuou-se a leitura da densidade ótica (absorbância) no fotolorímetro, no comprimento de onda de 660 nm (Tedesco et al., 1995).

### **3.2.2 Fósforo disponível por Mehlich-3**

A extração pelo método Mehlich-3, foi realizada seguindo-se a metodologia de Mehlich (1984) sendo preparada com uma solução da mistura de HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> com NH<sub>4</sub>F 0,03 mol L<sup>-1</sup>. Para a extração foi utilizado 2,5 cm<sup>3</sup> de TFSA em frasco de plástico de 125 mL e adicionado 25 mL da solução extratora. A solução extratora com a amostra de solo foi agitada durante 5 minutos em agitador horizontal a 200 rpm. Após esse período, a solução foi filtrada em papel filtro de porosidade média, para obtenção do sobrenadante.

Para a determinação do P, retirou-se 2,0 mL do sobrenadante para tubo de 50 mL e adicionou-se 26 mL da solução de trabalho, misturou-se bem e após 15 minutos foi efetuada a leitura da absorbância no fotolorímetro usando-se o comprimento de onda de 880 nm (Silva et al., 2009).

### **3.2.3 Fósforo disponível por Bray-1**

A extração pelo método de Bray-1, foi realizada através da adição de 2,5 cm<sup>3</sup> de solo em erlenmeyer com 50 mL da solução extratora (NH<sub>4</sub>F 0,03 mol L<sup>-1</sup> + 0,91 mL de HCl 0,025 mol L<sup>-1</sup>). As amostras foram colocadas para agitar por 5 minutos e logo após deixando-as em repouso por 16 horas. Após esse intervalo foi utilizado 5 mL do extrato obtido em 20 mL da solução estoque diluída (50 mL da solução estoque e mais 1,5 g de ácido ascórbico em balão de 1000 mL completando-se o volume com água destilada) e deixou o extrato-solução em contato por 10 min. Posteriormente foi realizada a leitura da disponibilidade de P no espectrofotômetro a 885 nm.

A solução estoque foi composta por 20 g de molibdato de amônio + 200 mL de H<sub>2</sub>O + 0,70 g de tartarato de antimônio e potássio + 320 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### **3.2.4 Fósforo disponível por Olsen**

A extração pelo método de Olsen, foi realizada através da adição de 2,5 cm<sup>3</sup> de solo em erlenmeyer com 50 mL da solução extratora composta por NaHCO<sub>3</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 8,5. As

amostras foram agitadas por 30 minutos e posteriormente colocadas em repouso por 16 horas. Após esse intervalo, foi retirado 5 mL do extrato obtido (sobrenadante) e adicionado 10 mL da solução estoque diluída (80 mL da solução estoque + 2 g de ácido ascórbico em balão de 1000 mL completando o volume com água destilada), deixando extrato-solução em contato por 10 min. Após esse tempo, realizou-se a leitura no espectrofotômetro a 885 nm.

A solução estoque foi composta por 20 g de molibdato de amônio + 200 mL de H<sub>2</sub>O + 0,70 g de tartarato de antimônio e potássio + 320 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### 3.2.5 Fósforo disponível por Resina

A extração de P no solo pela Resina foi realizada pesando-se 1,0 grama de solo para tubo de centrifuga com tampa de rosca e adicionando-se 20 mL de água destilada. Dentro de cada tubo com a amostra de solo e água, foi adicionado 1 lâmina de RTA (resina trocadora de aníons), então o tudo foi agitado (agitador *end-over-end*) por 16 horas a uma rotação de 33 rpm.

Após o tempo de agitação, a resina RTA foi retirada do tubo com auxílio de uma pinça, tendo o excesso de solo presente na resina retirado lavando-se a RTA com uma pisseta de água. Posteriormente, a resina foi colocada em um recipiente contendo 15 mL de HCl 0,5 mol L<sup>-1</sup>, e deixada em repouso por aproximadamente 90 min com o tubo aberto. Após esse período, o tubo foi fechado e agitado por 30 minutos em agitador horizontal. Após a agitação, retirou-se a resina. O solo e água foram centrifugados a 6.000 rpm por 15 minutos para decantar. O teor de P foi determinado no sobrenadante (extrato de HCl) seguindo-se o método de Murphy e Riley (1962).

### 3.2.6 Fósforo remanescente

A determinação do P remanescente foi realizada colocando-se 7,5 cm<sup>3</sup> de TFSA em um erlenmeyer de 125 mL e adicionando-se 75 mL de solução de CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> contendo 60 mg L<sup>-1</sup> de P (solução de equilíbrio). Agitou-se essa solução por 5 minutos em agitador horizontal e deixou em repouso por aproximadamente 16 horas.

Após o tempo de repouso, foi tomado uma alíquota de 0,2 mL e adicionado 4,8 mL de H<sub>2</sub>O e misturou-se 5 mL de amostra obtida com 5 mL do reagente de trabalho. Decorridos 30 minutos, foi realizada a leitura da absorbância da amostra em um espectrofotômetro no comprimento de onda de 775 nm.

### 3.2.7 Fósforo orgânico total

Colocou-se 1 g de cada amostra de solo em duplicata: sendo a primeira amostra denominada de conjunto A para cadinhos de porcelanas e a outra amostra denominada de conjunto B para *snap-cap* de 100 mL.

As amostras do conjunto A, foram levadas à mufla para ignificar a 550°C por 2 horas (a temperatura foi elevada gradualmente). Após a queima e resfriamento, o conjunto A (amostras ignificadas) foi transferido para *snap-cap* e então adicionado 50 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>.

Nas amostras do conjunto B (amostras sem ignificar), também foram adicionadas 50 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>.

As amostras do conjunto A e B, foram agitadas por um período de 2 horas em agitador horizontal e posteriormente centrifugadas a 6000 rpm por 10 minutos.

Nos extratos obtidos foram determinados os teores de P, seguindo-se a metodologia proposta por Murphy e Riley (1962).

Para determinação dos teores de P orgânico total, foi considerada a seguinte equação: P orgânico total = P ignificado (conjunto A) – P não ignificado (conjunto B).

### 3.2.8 Fósforo total

O P total foi determinado pelo método de digestão ácida, em que foi pesado 0,05 g de solo (TFSA) em tubo de digestão com 1 mL de MgCl<sub>2</sub> saturado (MgCl<sub>2</sub> em água destilada até saturação da solução) e 7,5 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. A digestão iniciou-se no bloco digestor, à temperatura de 200°C por um período de 90 minutos. Após esse tempo, a amostra foi colocada para esfriar e posteriormente adicionou-se 3 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Então o tubo retornou ao bloco digestor por mais 60 minutos com temperatura de 100°C. Após esse período, a solução foi esfriada novamente, novamente e transferida para um balão de 100 mL, em que se completou o volume com água destilada. Em seguida a leitura de P-total foi realizada pelo método de Murphy e Riley (1962).

### 3.2.9 Método de leitura da disponibilidade de P por Murphy e Riley (1962)

Para realizar o método de leitura de Murphy e Riley, foi necessário o preparo de 2 soluções (solução A e solução B). A solução A foi preparada com 15,35 g de (NH<sub>4</sub>) Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O dissolvido em 200 mL de água destilada, também foi dissolvido 0,3511 g de

$K(SbO)C_4O_6 \cdot 1,5H_2O$  em 100 mL de água destilada. Então juntou-se as duas dissoluções e adicionou-se 178 mL de  $H_2SO_4$  concentrado e após esfriar, completou-se o volume para 1000 mL com água destilada.

Para a solução B foi dissolvido 1,356 g de  $C_6H_8O_6$  (ácido ascórbico) com 100 mL da solução A em balão volumétrico. Sendo que, a solução B foi preparada no momento do seu uso.

Pipeta-se uma alíquota de 2 mL da amostra conforme o extrator e o reserva em um copo de polietileno (*copinho de café*), adiciona-se água destilada até atingir o volume de 3 mL. Após essa mistura, adicionou-se uma gota de *p*-nitrofenol 0,25% para dar a reação de cor. Então essa amostra foi neutralizada com uma solução de NaOH 10 mol  $L^{-1}$ . Após a neutralização, foi adicionado 0,5 mL da solução B. Aguardou-se 30 minutos para a reação. Em seguida foi realizada a leitura de absorvância em um espectrofotômetro com comprimento de onda de 880 nm.

### 3.3 Análise estatística

Os dados obtidos dos teores de P determinados por cada extrator, foram submetidos à análise de variância em cada parcela amostrada, em cada profundidade e quando significativos os resultados foram comparados pelo teste de médias Tukey ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira, 2019). Posteriormente os teores de P determinados por cada extrator, foram correlacionados entre si e com os teores de P-orgânico e P-total, utilizando correlação de Pearson do programa GENES.

Os resultados dos teores disponíveis de P determinados por cada extrator, utilizando-se apenas as adubações com dejetos de suínos nas doses de 25, 50, 75 e 100  $m^3 ha^{-1}$  e sem adubação (0  $m^3 ha^{-1}$ ) e na profundidade de 0-10 cm, foram submetidos à análise de variância e quando significativos aplicou-se REGRESSÃO ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira, 2019).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo fato de cada um dos extratores químicos utilizados apresentarem diferentes reagentes químicos e também extraírem diferentes formas de P, não foi realizada análise estatística para comparar o desempenho entre os extratores.

Avaliaram-se os teores de P em função das adubações (25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, adubação mineral (350 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 02.20.18) e sem adubação) e profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm) para cada tipo de extração em solos que receberam por 19 anos de aplicações sucessivas com essas adubações (Tabelas 2 e 3).

Verificou-se que para todos os extratores de P, os tratamentos utilizados apresentaram significância, indicando assim que os teores disponíveis de P no solo diferiram com os históricos de adubações (Tabelas 2 e 3). Nota-se também que para variável profundidade houve diferença significativa para todos os extratores. Esse resultado indica que a profundidade do solo afeta os teores de P no solo.

Na interação entre tratamento (T) *versus* profundidade do solo (PS), observa-se que houve significância para as variáveis, exceto para o extrator Olsen e para os teores de P-orgânico e P-total (Tabelas 2 e 3). Estes resultados indicam que os teores de P variaram conforme as adubações e profundidades do solo.

Pela análise de variância, observou-se que os coeficientes de variação (CV) foram altos, com exceção dos teores de P determinados pelo extrator Resina, com 8,38% (Tabela 2) e Bray-1, P-orgânico e P-Total com 10,67, 8,71 e 5,33% respectivamente (Tabela 3).

Tabela 2. Resultados da análise de variância (Quadrado Médio) para P extraído por Mehlich-1, Mehlich-3, P remanescente, Resina, Bray-1 e Olsen em função dos tratamentos (T) (sem adubação, 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos e adubação mineral), profundidades do solo (PS) e interação (D) e profundidade (PS). UniRV, GO, 2021

F.V.	G.L.	Quadrado Médio					
		P Mel1	P Mel3	P rem	P res	P Bray1	P Olsen
Tratamento (T)	5	1276,74*	1755,59*	663,41*	2118,52*	701,12*	1864,16*
Bloco	2	129,05	326,38	245,69*	5,69	22,33	584,31
Prof. (PS)	2	1004,19*	1803,12*	1000,35*	1139,53*	837,87*	1370,79*
T x PS	10	331,77*	732,99*	201,39*	72,24*	105,88*	257,02 ns
Erro	34	2032,24	101,88	45,31	10,02	9,16	176,85
CV (%)		70,49	66,14	50,08	8,38	10,67	47,42
Média (mg dm <sup>-3</sup> )		10,97	15,26	13,44	37,79	28,35	28,04

F.V. = Fonte de variação; G.L. = Grau de liberdade; C.V. = Coeficiente de variação. \* significativo a 1% de probabilidade; \*\* significativo a 5% de probabilidade e ns= não significativo pelo teste F.

Medeiros (2020), comparando métodos de extração de P disponível em solos do semiárido, observou que entre os extratores, a Resina foi a que obteve um menor valor no



coeficiente de variação com CV=26% e para Mehlich-1 com o maior valor (CV = 107%), corroborando com o presente trabalho em que o CV foi de 8,38 e 70,49 % para Resina e Mehlich-1, respectivamente (Tabela 2).

Coeficiente de variação alto, indica uma grande amplitude entre as repetições em função dos teores de P. Em geral, os teores de P são muito variáveis, mesmo sendo dentro de uma mesma parcela que recebeu a mesma dose, pela heterogeneidade da adubação e do tipo de análise química (Chitolina, 1982, citado por Silva, 2009). Barreto et al. (1974) citam que o CV para teores de P em dois tipos de solos foram 51,5 %, mesmo aumentando o número de amostras simples por hectare para 30, pois há variação entre os teores de P numa mesma gleba.

Tabela 3. Resultados da análise de variância (Quadrado Médio) para P-orgânico e por P-total em função das tratamentos (T) (sem adubação, 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos e adubação mineral), profundidades do solo (PS) e interação (D) e profundidade (PS). UniRV, GO, 2021

F.V.	G.L.	Quadrado Médio	
		P org	P total
Tratamento (T)	5	152.044,86*	5.593.645,66*
Bloco	2	175.125,86*	1.113.380,22
Prof. (PS)	2	1.536.491,34*	27.407.601,78*
T x PS	10	24.770,53	286.518,97
Erro	34	18.134,19	240.155,61
CV (%)		8,71	5,33
Média(mg dm <sup>-3</sup> )		1.546,68	9.199,2167

F.V. = Fonte de variação; G.L. = Grau de liberdade; C.V. = Coeficiente de variação. \* significativo a 1% de probabilidade; \*\* significativo a 5% de probabilidade e ns= não significativo pelo teste F.

Coeficiente de variação alto, indica uma grande amplitude entre as repetições em função dos teores de P. Em geral, os teores de P são muito variáveis, mesmo sendo dentro de uma mesma parcela que recebeu a mesma dose, pela heterogeneidade da adubação e do tipo de análise química (Chitolina, 1982, citado por Silva, 2009). Barreto et al. (1974) citam que o CV para teores de P em dois tipos de solos foram 51,5 %, mesmo aumentando o número de amostras simples por hectare para 30, pois há variação entre os teores de P numa mesma gleba.

Verificou-se que os teores de P aumentaram no solo em função das adubações com dejetos de suínos, sendo a adubação sucessiva com 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS a que proporcionou o maior incremento de P no solo, principalmente na camada de 0-10 cm de profundidade, independentemente do tipo de extrator utilizado (Tabela 4). Com a maior adubação com DLS, os teores de P na profundidade de 0-10 cm foram 89,44 mg dm<sup>-3</sup> (Mehlich-3) > 82,77 mg dm<sup>-3</sup> (Olsen) > 66,54 mg dm<sup>-3</sup> (Mehlich-1) > 62,18 mg dm<sup>-3</sup> (Bray-1) > 61,73 mg dm<sup>-3</sup> (Resina) >

54,59 mg dm<sup>-3</sup> (P-rem), de acordo com cada extrator respectivamente (Tabela 4).

Avaliando os teores de P nas profundidades do solo, verificou-se que com a maior dose de dejetos, houve variação do P entre as profundidades, independente do extrator (Tabela 4). Diferentemente foram os resultados com os extratores Resina e Bray-1, que houve diferença estatística entre as profundidades com menores doses de dejetos e também com a adubação mineral. Provavelmente essas diferenças estejam relacionadas com os altos CV obtidos com as análises (Tabelas 2 e 3).

Tabela 4. Teores de P extraídos por Mehlich-1, Mehlich-3, Resina, Bray-1, Olsen e P remanescente em solos adubados com dejetos de suínos por 19 anos nas profundidades 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm. UniRV, GO, 2021

Prof. Cm	Adubações					
	Dejeto líquido de suínos (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )					Mineral (kg ha <sup>-1</sup> ) 380 (2.20.18)
	0	25	50	75	100	
	Mehlich-1 (mg dm <sup>-3</sup> )					
0-10	3,99 aB	4,10 aB	10,08 aB	17,01 aB	66,54 aA	13,53 aB
10-20	3,26 aB	4,09 aB	5,04 aB	8,37 aAB	24,74 bA	8,80 aAB
20-40	1,25 aA	2,65 aA	2,22 aA	7,29 aA	12,26 bA	2,19 aA
	Mehlich-3 (mg dm <sup>-3</sup> )					
0-10	4,80 aB	9,21 aB	18,33 aB	24,87 aB	89,44 aA	12,42 aB
10-20	6,00 aA	7,99 aA	9,97 aA	10,43 aA	28,23 bA	8,92 aA
20-40	2,35 aA	7,23 aA	7,84 aA	7,99 aA	11,03 bA	7,63 aA
	Resina (mg dm <sup>-3</sup> )					
0-10	12,03 aE	47,35 aCD	52,24 aBC	59,06 aAB	61,73 aA	44,42 aD
10-20	8,47 abD	44,41 aAB	33,93 bC	46,07 bA	50,53 bA	38,06 bBC
20-40	3,43 bD	44,63 aA	33,23 bBC	34,97 cBC	37,04 cAB	28,43 cC
	Bray-1 (mg dm <sup>-3</sup> )					
0-10	17,79 aC	31,09 aB	33,98 aB	34,82 aB	62,18 aA	34,33 aB
10-20	14,29 abC	29,56 aAB	22,42 bB	30,77 abA	33,92 bA	31,90 aA
20-40	11,59 bC	19,51 bB	22,11 bAB	26,83 bAB	29,56 bA	23,63 bAB
	Olsen (mg dm <sup>-3</sup> )					
0-10	16,41 aB	19,14 aB	32,70 aB	35,62 aB	82,77 aA	34,66 aB
10-20	12,66 aB	18,65 aB	27,57 aAB	29,73 aAB	52,06 bA	26,00 aAB
20-40	10,05 aA	17,50 aA	19,12 aA	19,29 aA	29,64 bA	20,98 aA
	P-remanescente (mg dm <sup>-3</sup> )					
0-10	3,58 aC	16,27 aBC	16,07 aBC	22,54 aB	54,59 aA	15,59 aBC
10-20	1,72 aB	9,53 aAB	15,68 aAB	17,05 aAB	19,31 bA	9,91 aAB
20-40	1,17 aA	5,98 aA	7,65 aA	10,30 aA	10,10 bA	4,91 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Avaliando os teores de P nas profundidades do solo, verificou-se que com a maior dose de dejetos, houve variação do P entre as profundidades, independente do extrator (Tabela 4). Diferentemente foram os resultados com os extratores Resina e Bray-1, que houve diferença estatística entre as profundidades com menores doses de dejetos e também com a adubação

mineral. Provavelmente essas diferenças estejam relacionadas com os altos CV obtidos com as análises (Tabelas 2 e 3).

Pelo método de Mehlich-1, houve incremento de P no solo de quase 17 vezes (16,7) com a aplicação de  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS e de quase 4 vezes (3,4) no solo que recebeu anualmente fertilizante mineral, na camada mais superficial do solo, em relação ao solo que não recebeu nenhuma adubação ( $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS). Esses resultados indicam que adubações sucessivas com DLS e fertilizante mineral adicionam P no solo, porém com os DLS resultou num residual muito maior de P na camada superficial do que com o fertilizante mineral, com teores de P de  $66,54 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $13,53 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente (Tabela 4).

Resultados semelhantes foram obtidos por Scherer et al. (2010), em que foram observados altos teores de P na camada de 0–5 cm nos solos que receberam dejetos por mais de 20 anos. Resultados semelhantes também foram obtidos por outros autores, em que encontraram expressivo acúmulo de P na superfície dos solos que receberam aplicação de dejetos (CERETTA et al., 2003; GESSEL et al., 2004; SCHERER et al., 2007).

Em relação as profundidades do solo avaliadas, os teores de P determinados por Mehlich-1, não diferiram entre as camadas, exceto na maior adubação com DLS, em que na camada 0-10 cm, os teores de P foram maiores do que nas camadas mais profundas. No solo que recebeu a maior dose de DLS ( $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ao ano), verificou-se altos teores de P nas camadas 10-20 cm e de 20-40 cm, indicando que os DLS aplicados sucessivamente em altas doses também aumentam os teores de P em profundidade. Esse resultado foi semelhante para todos os tipos de extratores avaliados (Tabela 4).

Verificou-se que os teores de P extraídos por Mehlich-1, diminuíram em função do aumento em profundidade, porém sem apresentar diferença significativa, exceto no solo que recebeu sucessivamente  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos de suínos por 19 anos, mostrando que a maior concentração de P extraído por Mehlich-1, está na camada mais superficial (0-10 cm) com teor de  $66,54 \text{ mg dm}^{-3}$  de P (Tabela 4).

Segundo Barbosa et al. (2013), o extrator Mehlich-1, é um extrator com maior facilidade de execução, porém com algumas limitações, devido à sensibilidade ao fator capacidade de P (FCP) e que o Mehlich-1 possui maior poder de extração de P quando comparado com outros extratores, principalmente em solos que possui maior quantidade desse nutriente, pelo fato dele ser uma solução ácida ( $\text{pH} < 4$ ).

Com o extrator químico Mehlich-3, extraiu-se maior teor de P do que com o extrator Mehlich-1 (Tabela 4), mostrando assim que o Mehlich-3, possui maior poder de extração sobre solos adubados com fontes orgânicas que o extrator Mehlich-1. Esse resultado pode ser devido

a sua maior concentração ácida, fazendo assim maior dissolução do P disponível no solo. Nos solos avaliados, o valor de recuperação do Mehlich-3, foi 1,6 vezes a mais que o P recuperado pelo Mehlich-1 (Tabela 4). Resultado semelhante aos de Tran et al. (1990), os quais verificaram que em solos ácidos, o P recuperado tinha um valor de 1,3 vezes a mais que o P recuperado pelo extrator Mehlich-1.

De acordo com Lins e Cox (1989), em solos do cerrado cultivados com soja, em casa de vegetação, o Mehlich-3 obteve valores maiores que Bray-1 e Resina. Segundo Beegle (2005), o fato do extrator Mehlich-3 extrair maior teor de P é em parte devido as suas características químicas em que extrai preferencialmente o P ligado ao Fe e ao Al e, em menor proporção o P ligado a Ca.

Bortolon e Gianello (2008), citam que o extrator Mehlich-1, extrai baixa quantidade de P em solos com predominância de caulinita e óxido de Fe e Al, sendo assim as quantidades de P extraídas por esse método, normalmente são inferiores as extraídas pelos métodos Mehlich-3 e Resina, corroborando com os resultados desse trabalho.

Em contra partida aos resultados dos autores mencionados acima, Simonete et al. (2015), estudando a eficiência de métodos analíticos na predição da disponibilidade de P para arroz irrigado em solos catarinenses, observou teores de P extraído por Mehlich-1 mais altos que métodos Mehlich-3 e Resina, isso pode ser explicado provavelmente pelo fato dos solos de estudo possuírem maiores teores de P ligado ao cálcio (P-Ca).

Segundo Michaelson e Ping (1986), pelo fato de ter na composição química do Mehlich-3 o íon fluoreto, faz com que este método se torne mais eficiente na extração de P ligados a alumínio (P-Al) e ferro (P-Fe), que são formas predominantes em Latossolos.

Conforme houve aumento das doses de dejetos de suínos, também aumentou o teor de P extraído por Resina (Tabela 4). Observou-se que com a dose de  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos de suínos na profundidade de 0-10 cm, obteve-se o maior teor de P que foi de  $61,73 \text{ mg dm}^{-3}$  sendo 4 vezes (3,5) maior que o teor de P obtido no tratamento controle (Tabela 4).

Os teores de P extraídos por Resina tiveram grande variação entre os tratamentos e em profundidades, exceto apenas com a aplicação de  $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS nas três profundidades avaliadas (Tabela 4). Estes resultados podem ser explicados pelo fato da Resina ter uma maior sensibilidade ao fixar e extrair o P disponível. Rajj (1991), explica que a Resina possui uma ótima eficiência e que isso está aliado ao próprio método, que por não possuir composição química, ela faz a transferência apenas do P-lábil do solo em meio aquoso.

A extração de P por Resina, foi o método em que se observou maior variação em função dos tratamentos e profundidades, mostrando a maior sensibilidade do método com o aumento

das doses de dejetos e teores de P no solo (Tabela 4). Observou-se também que com a adubação mineral, obteve-se os maiores teores de P em relação ao mesmo tratamento em comparação com os outros métodos de extração de fósforo. Resultados adaptados de BORTOLON & GIANELLO (2006), mostraram que em solos argilosos, o método da Resina extrai mais P do que em solos arenosos, e a extração é ainda maior em solos com altos teores de P.

Resultados obtidos por Raij e Diest (1980), mostram que a Resina se mostrou mais eficiente em retirar P do solo tratado com superfosfato triplo. Os teores de P extraídos pela Resina no tratamento que recebeu adubação mineral, também foram maiores do que os obtidos para outros dois outros métodos testados (Mehlich-1 e Mehlich-3) e são concordantes com os resultados obtidos por Raij et al. (1986).

O extrator Bray-1, teve um bom desempenho na extração de P em solos adubados com dejetos de suínos por 19 anos, pois com o aumento das doses de DLS houve incremento no teor de P, mostrando que com o aumento das aplicações dos resíduos, altos teores residuais de P foram detectados no solo (P residual). Teores esses acima da exigência nutricional em P das plantas. Não foi observado aumento do teor de P em profundidade até no tratamento com aplicação sucessiva de  $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS, mostrando que o método Bray-1 conseguiu extrair maiores teores de P independentemente da profundidade (Tabela 4).

Os extratores Bray-1 e Olsen, forneceram extratos muitos escuros/amarelados, onde foi necessário fazer uma filtração para tentar minimizar essa interferência. Raij (1984), também argumenta que esses dois extratores necessitam de filtração, porque fornecem extratos amarelados, e que isso pode interferir no método de leitura, que é colorimétrico.

Notou-se que o extrator Olsen, foi um dos que extraiu maiores teores de P, principalmente com a aplicação da maior dose de DLS de  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Tabela 4). Provavelmente esses resultados podem estar relacionados a maior liberação do P pela substituição de P dos sítios de adsorção dos colóides pelos ânions da solução extratora em condições em que o pH do solo não seja tão ácido, pois Olsen é um extrator de solução alcalina ( $\text{NaHCO}_3$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ), desenvolvida para solos calcários por Olsen et al. (1954).

Segundo MALAVOLTA et al., (1997), o extrator Olsen possui uma capacidade de extrair maiores teores de P que outros extratores, pelo fato de além de extrair as formas solúveis de P, ele também tem a capacidade de quebrar ligações entre o P e os colóides do solo e assim, extrair ainda formas não-lábeis de fósforo, tal como P-orgânico.

O teor de P no solo segundo a metodologia de Olsen é interpretada como:  $< 15 \text{ mg dm}^{-3}$  os teores de P são baixos,  $15$  a  $22,5 \text{ mg dm}^{-3}$  como teores médios,  $22,5$  a  $30 \text{ mg dm}^{-3}$  como teores altos e  $> 30 \text{ mg dm}^{-3}$  como sendo teores extremamente altos (KORALAGE et al., 2015).

Como observado na Tabela 4, os teores de P obtidos com o extrator Olsen, mostram-se na maioria em níveis alto a muito alto. Esses resultados indicam que conforme houve aumento nas doses de dejetos de suínos, houve também incremento no teor de P nos solos, principalmente na profundidade 0-10 cm.

Os maiores teores de P-orgânico foram obtidos nos solos que receberam sucessivamente 25, 50 e 75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS na profundidade 0-10 cm (Tabela 5). Na profundidade 10-20 cm, os maiores teores de P-orgânico foram detectados nos solos que receberam adubação mineral em relação ao solo do tratamento controle (Tabela 5). E na profundidade 20-40 cm, não houve diferença entre os teores de P-orgânico em relação as adubações (Tabela 5).

A aplicação sucessiva de DLS, aumentou os teores de P-orgânico no solo pelo fato dos dejetos líquidos de suínos serem uma fonte orgânica de adubação. Porém, não necessariamente, os maiores teores de P-orgânico foram verificados nas maiores doses de dejetos aplicadas, pois o maior teor de P-orgânico foi de 2.057,32 mg dm<sup>-3</sup>, com a adubação de 75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS (Tabela 5).

Os teores de P-orgânico foram maiores nas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm (Tabela 5). Esses resultados eram esperados, pois o aporte de matéria orgânica foi maior nas camadas superficiais, em que a atividade microbiana é mais intensa.

Tabela 5. Teores de P-orgânico e P-total em solos adubados com dejetos de suínos por 19 anos nas profundidades 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm. UniRV, GO, 2021

Prof. Cm	Adubações					Mineral (kg ha <sup>-1</sup> ) 02.20.18
	Dejeto líquido de suínos (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )					
	0	25	50	75	100	
	P orgânico (mg dm <sup>-3</sup> )					
0-10	1522,87 Ca	1940,52 ABa	1893,40 ABa	2057,32 Aa	1665,19 BCa	1825,20 ABCa
10-20	1341,28 Bab	1772,18 ABa	1644,58 ABa	1582,25 ABb	1472,81 ABa	1700,53 Aa
20-40	1156,75 Ab	1322,63 Ab	1255,40 Ab	1221,53 Ac	1165,10 Ab	1300,57 Ab
	P total (mg dm <sup>-3</sup> )					
0-10	9385,62 Da	10531,33 BCa	10969,6 ABa	11930,8 Aa	9631,68 Da	9693,20 Da
10-20	8232,22 Cb	9354,86 BCb	9793,16 ABb	10591,85 Ab	9162,63 BCb	8901,20 BCb
20-40	7470,97 ABb	8309,11 ABc	8547,48 Ac	8639,75 Ac	7132,64 Bb	7306,80 Bb
	P orgânico em relação ao P total (%)					
0-10	16,23	18,42	17,26	17,24	17,29	18,83
10-20	16,29	21,33	16,79	14,94	16,07	19,10
20-40	15,48	15,92	14,69	14,14	16,33	17,80

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Os maiores teores de P-total foram obtidos nos solos que receberam sucessivamente 50 e 75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS, nas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm. E na profundidade 20-40 cm, os teores de P-total apresentaram-se inferiores nos tratamentos com 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS e com a adubação mineral (Tabela 5). Esses resultados indicam que o aporte de P via dejetos, foi proporcional às doses aplicadas até a dose de 75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS. Possivelmente houve maior extração de P com as culturas implantadas na área durante todo o período de condução do ensaio.

Fallas (2013), em seu trabalho obteve teor de P-total superior a 2.000 mg dm<sup>-3</sup> em três tipos de solos da Costa Rica, diferentemente dos solos em estudo em que os teores de P-total foram maiores que 10.000 mg dm<sup>-3</sup>. Teores altos de P-total são justificados pela adição de altas doses de dejetos que forneceram grande parte desse P.

A aplicação sucessiva de DLS aumentou os teores de P-total no solo, mas não necessariamente, os maiores teores de P-total foram verificados nas maiores doses de dejetos aplicadas, pois o maior teor de P-total foi de 11.930,80 mg dm<sup>-3</sup>, com a adubação de 75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS (Tabela 5).

As porcentagens de P-orgânico em relação ao P-total, foram semelhantes em todos os tratamentos e profundidades, mantendo-se a relação entre 15 a 21% (Tabela 5).

Os teores de P no solo extraídos com os extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Olsen, Bray-1, Resina e P-remanescente com histórico de adubações com dejetos de suínos aumentaram, quando houve aumento nas doses de DLS de 0, 25, 50, 75 a 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, sendo a maior dose de DLS a que incrementou os maiores teores de P (Figura 1).

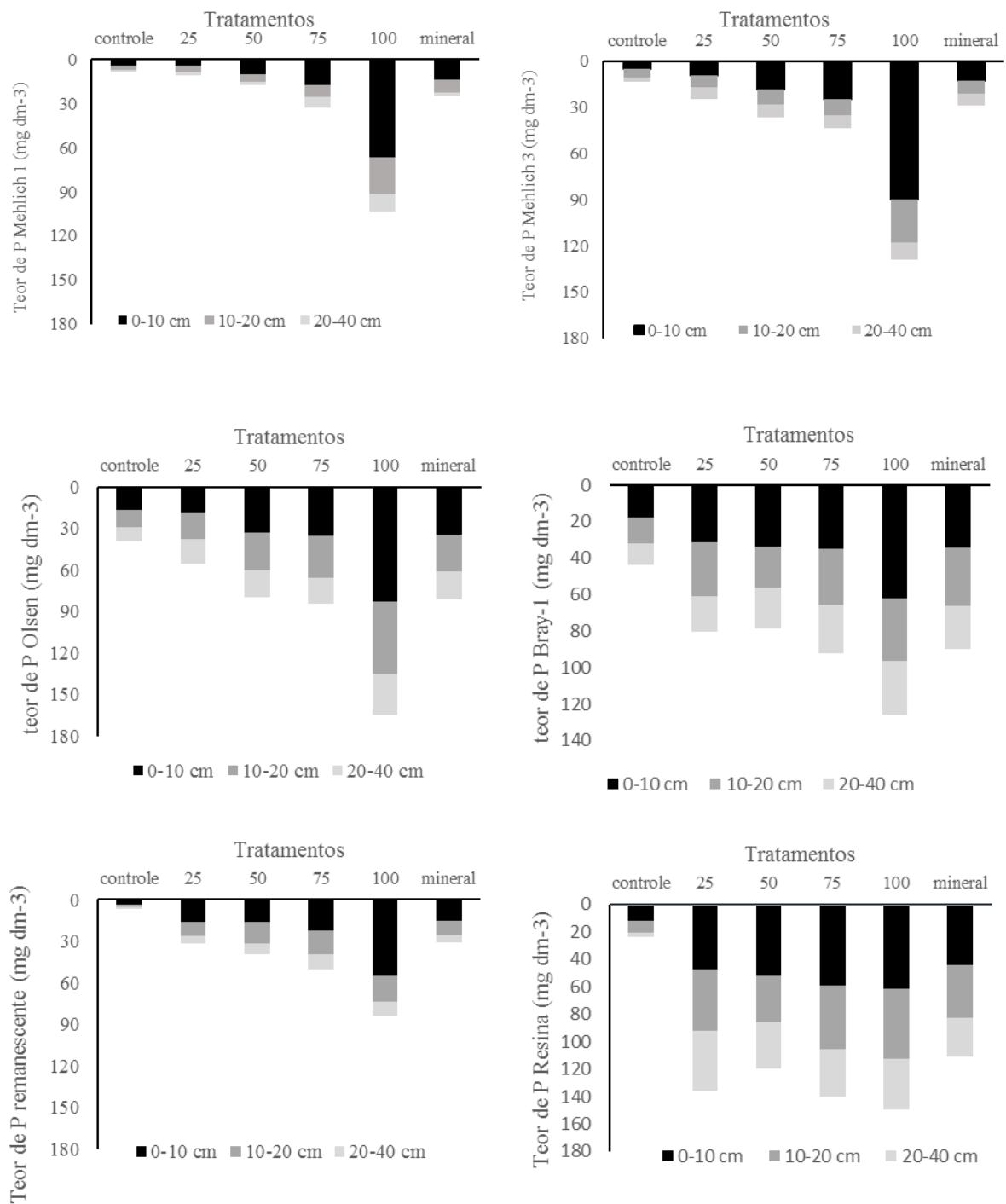


Figura 1. Teores de P no solo, extraídos com os extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Olsen, Bray-1, Resina e P-remanescente com histórico de adubações com dejetos de suínos nas doses 0, 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e adubação mineral (350 kg ha<sup>-1</sup> de 02.20.18) a longo prazo em três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm). UniRV, GO, 2021.



E pode-se verificar também que os teores de P com a adubação sucessiva com fertilizante mineral ( $350 \text{ kg ha}^{-1}$  de 02.20.18), foi semelhante às adubações equivalentes a 50 e  $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS, principalmente na camada mais superficial do solo (0-10 cm).

Os teores de P-total no solo, foram superiores aos teores de P-orgânico em todas as profundidades do solo, independentemente do histórico das adubações (Figura 2). Sendo que, os maiores teores de P-total foram obtidos no tratamento de  $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos líquidos de suínos, nas três profundidades de solo avaliadas. Com essa adubação verificou-se que maiores teores de P em relação aos demais tratamentos e profundidades (Figura 2).

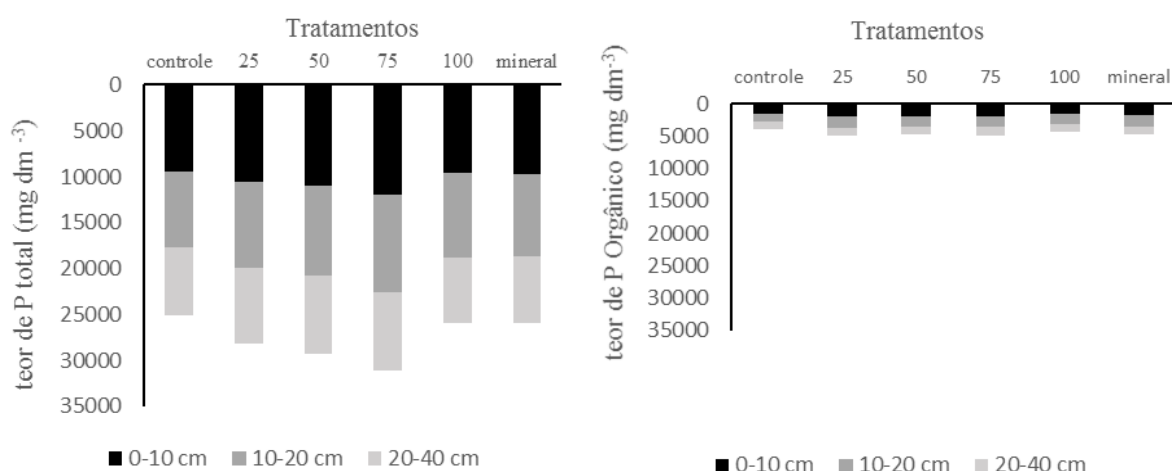


Figura 2. Teores de P-total e P-orgânico no solo com histórico de adubações com dejetos de suínos nas doses 0, 25, 50, 75 e  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  e adubação mineral ( $350 \text{ kg ha}^{-1}$  de 02.20.18) a longo prazo. UniRV, GO, 2021.

Os maiores teores de P na solução para o extrator Mehlich-1, foram observados na dose  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS, seguido da dose de  $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS (Figura 3). As adubações com 25 e  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS, não alteraram os teores de P na solução do solo em relação ao solo controle (sem aplicação de DLS), a partir da profundidade de 20 cm até 40 cm.

A dose de  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS, foi o tratamento que mais incrementou P no solo, teores altos observados até a camada de 40 cm de profundidade (Figura 3).

Para o extrator Mehlich-3, também observaram-se os maiores teores de P na dose de  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS, até a profundidade de 10-20 cm (Figura 3).

Na determinação do P remanescente, obteve-se maior teor de P com a maior dose de DLS ( $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) na profundidade de 0-10 cm, pois a partir dessa profundidade houve decréscimo nos teores de P, fazendo com que não houvesse incremento de P em relação aos outros tratamentos (Figura 3). Esses resultados indicam que para alguns extratores, conforme

há o aumento das doses de dejetos de suíno, ocorre incremento de P no solo.

No tratamento controle, os teores de P na metodologia P-remanescente foram baixos, independentemente da profundidade, isso pode ser explicado pelo fato de ser um solo que não recebeu adubação (Figura 3).

O teor de P extraído pela Resina não mostrou grandes variações em relação às doses de dejetos, mostrando-se bastante homogêneo dentro de cada uma das profundidades. E em todas as adubações, os teores de P variaram em relação ao tratamento controle (Figura 3).

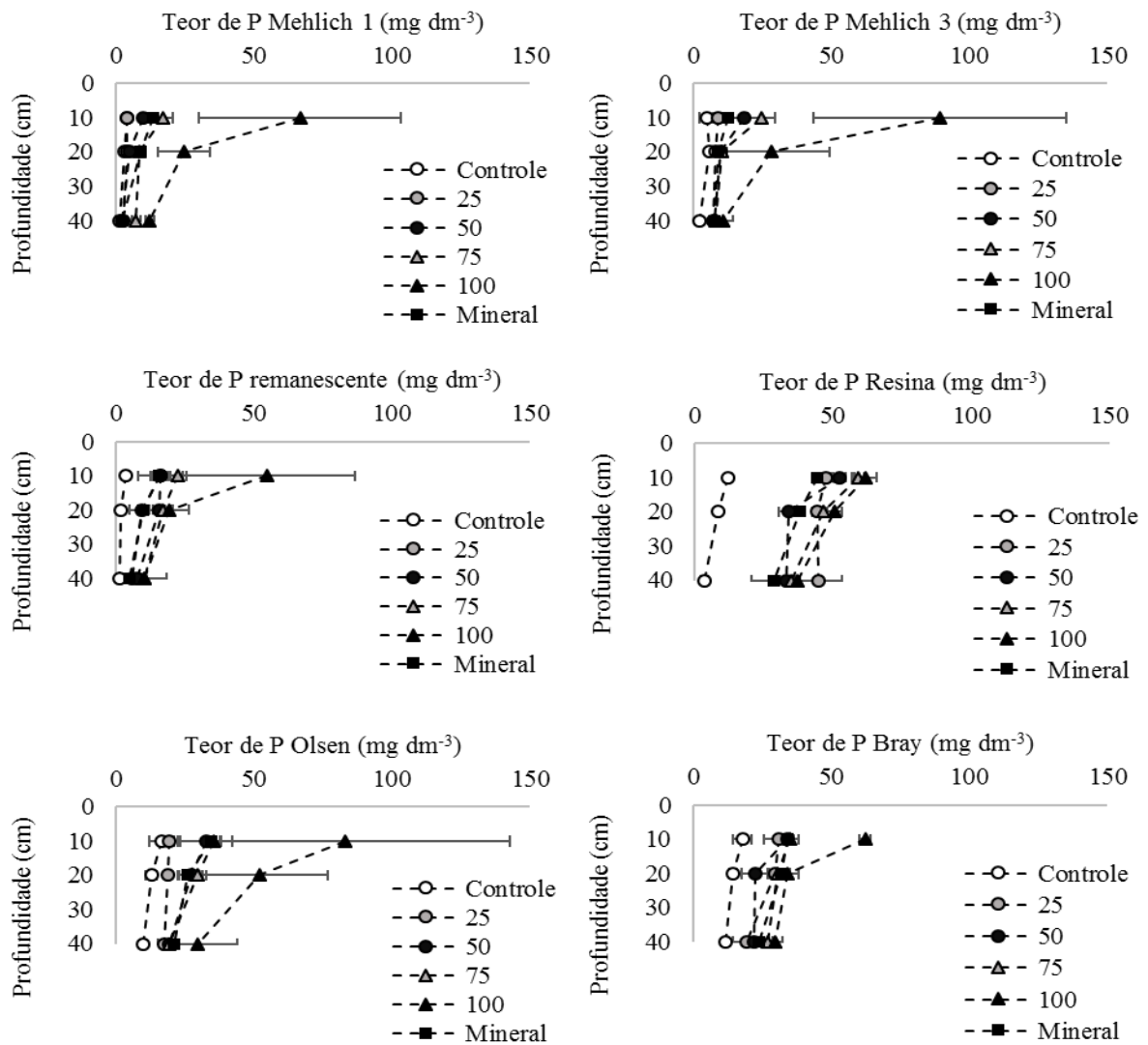


Figura 3. Teor de P no solo utilizando os extratores Mehlich-1, Mehlich-3, P-remanescente, Resina, Olsen e Bray-1 com a aplicação de 0, 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos por 19 anos e tratamento com adubação mineral. UniRV, GO, 2021.

Analisando-se os teores de P disponível com o extrator Olsen, notou-se que na camada de 0-10 cm, não houve diferença entre o tratamento controle e 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS, e também entre 50, 75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS e mineral. Porém, os teores de P no solo com a dose de 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS, foram os maiores teores determinados na mesma camada solo (0-de 10 cm de profundidade).

Avaliando os teores de P pelo método Bray-1, é possível notar que na profundidade de 0-10 cm com as doses de 25, 50, 75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS, e no tratamento mineral, não obtiveram diferença. Destacou-se apenas o tratamento controle (0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS), do tratamento com a dose de 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS, no qual apresentou o maior teor de P obtido entre os tratamentos (Figura 3).

O maior teor de P-orgânico foi determinado com a dose de 75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS, obtendo-se um valor 26% a mais que o tratamento sem a aplicação de DLS. Para todos os tratamentos, os maiores teores de P-orgânico, foram obtidos na camada mais superficial do solo (Figura 4).

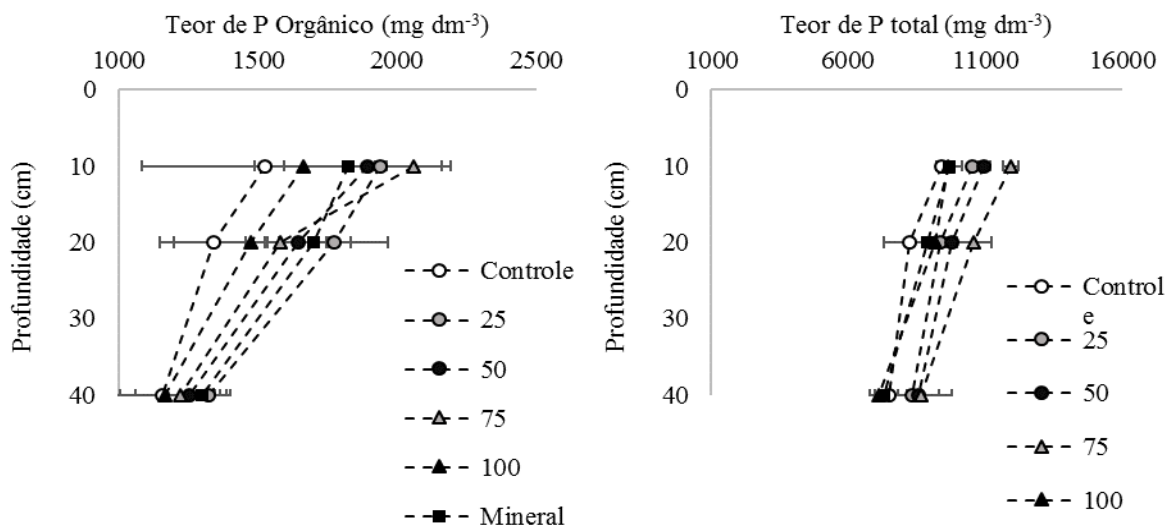


Figura 4. Teor de P-orgânico e P-total no solo, com a aplicação de 0, 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha de dejetos líquidos de suínos por 19 anos e tratamento com adubação mineral em função das profundidades do solo (0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm). UniRV, GO, 2021.

O teor de P-total foi maior no solo em que recebeu a aplicação de 75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS, sendo os maiores teores verificados independentemente dos tratamentos, na camada mais superficial do solo (0-10 cm). O acúmulo de P nas camadas mais superficiais do solo ocorreu devido a adição de grande quantidade de P via DLS a longo prazo (Figura 2). Podendo ser explicado pelo fato que o fosfato forma complexos de esfera interna com grupos funcionais de

partículas reativas inorgânicas do solo, isso faz com que sua mobilidade seja baixa e aumente sua concentração, principalmente pela adição na superfície do solo e sem revolvimento, respeitando o SPD (Guardini et al., 2012).

O aumento dos teores totais de P ocorreu até a camada 40 cm, com a adição  $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS, (Figura 4), indicando assim a migração de P no perfil do solo. Isso pode ter ocorrido através da movimentação de P no perfil na forma solúvel, dada às elevadas concentrações observadas na solução do solo, através do fluxo de água no perfil.

Com o intuito de avaliar os teores de P em função apenas das adubações orgânicas (25, 50, 75 e  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  e sem adubação) e profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm) para cada método de extração em solos que receberam por 19 anos de aplicações sucessivas com essas adubações, aplicou-se o teste estatístico F (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6. Resultados da análise de variância (Quadrado Médio) para P extraído por Mehlich-1, Mehlich-3, P remanescente, Resina, Bray-1 e Olsen em função das tratamentos (T) (sem adubação, 25, 50, 75 e  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos líquidos de suínos), profundidades do solo (PS) e interação (D) e profundidade (PS). UniRV, GO, 2021

F.V.	G.L.	Quadrado Médio					
		P Mell1	P Mel3	P rem	P res	P Bray1	P Olsen
Tratamento (T)	4	1574,84*	2109,74*	799,72 *	2646,31*	869,46*	2338,35*
Bloco	2	153,08	375,04	245,24**	0,22	24,95	652,50
Prof. (PS)	2	933,64*	1988,79*	932,44*	955,18*	777,38*	1242,62*
T x PS	8	408,00*	865,21*	247,31*	87,79*	123,89*	317,41
Erro	28	1972,43	3360,94	52,91	244,16	253,33	5844,36
CV (%)		72,81	66,88	51,58	7,78	10,73	51,22
Média( $\text{mg dm}^{-3}$ )		11,53	16,38	14,10	37,96	28,03	28,21

F.V. = Fonte de variação; G.L. = Grau de liberdade; C.V. = Coeficiente de variação. \* significativo a 1% de probabilidade; \*\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Verificou-se que para todos os extratores de P, os tratamentos utilizados apresentaram significância, indicando que os teores disponíveis de P no solo, diferiram com os históricos de adubações orgânicas (Tabelas 6 e 7). Nota-se também, que para variável profundidade houve também diferença significativa para todos os extratores, mostrando que os teores de P no solo variaram na profundidade do solo.

Tabela 7. Resultados da análise de variância (Quadrado Médio) para P-orgânico e P-total em função das tratamentos (T) (sem adubação, 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos), profundidades do solo (PS) e interação (D) e profundidade (PS). UniRV, GO, 2021

F.V.	G.L	Quadrado Médio	
		P-org	P-total
Tratamento (T)	4	179.635,80*	6.128.672,91*
Bloco	2	205.960,55*	1.611.671,51*
Prof. (PS)	2	1.321.419,64*	23.023.339,53*
T x PS	8	28.376,07	346.151,52
Erro	28	19.526,67	209.039,19
CV (%)		9,11	4,91
Média (mg dm <sup>-3</sup> )		1.534,26	9.312,31

F.V. = Fonte de variação; G.L. = Grau de liberdade; C.V. = Coeficiente de variação; DMS = Diferença mínima significativa. \* significativo a 1% de probabilidade; \*\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Através da análise de regressão, ajustes matemáticos foram obtidos (Figura 4). Pelos parâmetros das regressões, verificou-se resposta polinomial ao P com as aplicações das doses crescentes de dejetos para todos os métodos de extração, porém apenas para Resina, P-orgânico e P-total, obteve-se a regressão quadrática com pontos de máxima (Tabela 8).

Tabela 8. Parâmetros das regressões polinomiais ajustadas para os teores de P extraídos por Mehlich-1, Mehlich-3, P resina, P remanescente, Bray-1, Olsen, P-orgânico e P-total em função das doses de dejetos de suínos (D), na profundidade do solo 0-10 cm. UniRV, GO, 2021

Extrator	Parâmetros das regressões				Teor max mg dm <sup>-3</sup>	Dose para obter o max teor m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub> X	b <sub>2</sub> X <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>		
Mehlich-1	6,9936	-0,5882	0,0114	94,04		
Mehlich-3	9,1639	-0,6060	0,0135	92,65		
Resina	15,205	1,1686	-0,0072	94,40	63	81
Remanescente	7,4367	-0,0856	0,0052	89,91		
Bray-1	21,198	0,072	0,003	86,40		
Olsen	18,662	-0,2971	0,0089	93,18		
P-orgânico	1534,7	17,691	-0,1609	83,71	1.996	55
P-total	9202,3	80,307	-0,7274	76,31	11.419	55

A reaplicação anual de DLS aumentou o teor de P extraído por Resina de forma quadrática, obtendo-se o teor máximo de P de 63 mg dm<sup>-3</sup> com a dose de 81 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS (Tabela 8). Semelhantes foram as respostas das extrações de P-orgânico e P-total em que se obtiveram respostas quadráticas, com os maiores teores de P de 1.996 mg dm<sup>-3</sup> e 11.419 mg

dm<sup>-3</sup>, respectivamente, com a dose de 55 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS (Tabela 8). Doses maiores destas indicadas pela equação quadrática, proporcional queda dos teores de P-orgânico e P-total no solo.

#### 4.1 Análise de correlação

Pela análise de correlação de Pearson, verificou-se que o extrator Mehlich-1, correlaciona-se positivamente com todos os extratores, exceto para P-resina, P-orgânico e P-total, tendo apresentado maior coeficiente de correlação para o extrator Mehlich-3, com 0,99 de significância (Tabela 9).

A maioria dos extratores correlacionam-se positivamente com os outros extratores, exceto para P resina em que houve correlação positiva apenas com os extratores Bray-1 e P remanescente (Tabela 9).

O P-orgânico do solo não apresentou correlação positiva com nenhum extrator utilizado (Tabela 8). Resultado esperado, pois os extratores químicos extraem P disponível do solo (P-inorgânico).

O extrator que apresentou correlação positiva com os teores de P-total do solo, foi apenas Resina (Tabela 9).

Os extratores que apresentam coeficientes de correlação acima de 0,70 são considerados adequados para medir a disponibilidade de P no solo, Barbosa et al. (2013). Assim, pode-se afirmar que os extratores Olsen e Bray-1, são eficientes e poderiam substituir os métodos Mehlich-1, Mehlich-3 e P remanescente para determinação do P disponível do solo (Tabela 9).

Tabela 9. Coeficientes de correlação linear dos valores médios dos teores de P disponível na camada 0-10 cm de profundidade pelos extratores usados. UniRV, GO, 2021

Extratores	Mel 3	P rem	Olsen	Bray-1	Resina	P orgânico	P total
Mehlich-1	0,99**	0,93**	0,96**	0,82**	0,46	- 0,08	- 0,22
Mehlich-3		0,97**	0,96**	0,84**	0,51	- 0,09	- 0,15
P rem			0,95**	0,81**	0,59*	0,02	- 0,05
Olsen				0,72**	0,45	- 0,03	- 0,13
Bray-1					0,75**	0,04	-0,05
Resina						0,45	0,53*
Orgânico							0,63**

\*\* e \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t. n= 18. Mel 3 = Mehlich-3, P rem = P remanescente.

O extrator Mehlich-1, apresentou melhor correlação com os demais extratores, e foi

adequado para determinar o P disponível do solo com adubações sucessivas de dejetos. Diferente dos resultados de Barbosa et al. (2013) em que os extratores Bray-1 e Resina, foram os mais indicados para a determinação do P disponível em solos do estado do Amazonas.

## 5 CONCLUSÕES

O extrator Mehlich-1, é adequado para determinar o P disponível do solo com adubações sucessivas de dejetos.

O extrator Mehlich-1, obteve a melhor correlação com os demais extratores.

Os extratores de P disponível avaliados no solo não são adequados para determinar os teores de P-orgânico no solo.

## REFERÊNCIAS

ABDÚ, N. Soil phosphorus extraction methodologies: A review. *African Journal of Agricultural Research*, Nairobi, v. 1, n. 5, p. 159-161, 2006.

ALVAREZ V., V.H. Efecto de los factores cantidad, intensidad y capacidade amortiguadora de fosfato en la evaluación del fósforo disponible, de suelos derivados de cenizas volcánicas de la Meseta Tarasca, Edo, Micoacán. [Tese]. Chapingo: Colégio de Postgraduados; 1982.

ALVAREZ V., V.H., NOVAIS, R.F., DIAS, L.E, OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. Viçosa, Boletim Informativo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000;25:27-33.

AMER, F.; BOULDIN, D.R.; BLACK, C.A.; DUKE, F.R. Characterization of soil phosphorus by anion-exchange resin adsorption and  $^{32}\text{P}$  equilibration. *Plant and Soil*, The Hague, v.4, p.391-408, 1955.

BARBOSA, R. M. B.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F. Eficiência de diferentes extratores de fósforo em solos do Estado do Amazonas. Anais... XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Florianópolis, SC. p1 a 4. Agosto de 2013.

BARRETO, A.C.; NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M. Determinação estatística do número de amostras simples de solo por área para avaliação de sua fertilidade. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v.21, n. 114, p. 142-147, 1974.

BEEGLE, D. Assessing soil phosphorus for crop production by soil testing. In: SIMS J.T. e

SHARPLEY, A.N., eds. Phosphorus: Agriculture and the environment. Modison, Soil Science Society of America, 2005, p.123-144.

BORTOLON L, GIANELLO C, SCHLINDWEIN JA. Avaliação da disponibilidade de fósforo no solo para o milho pelos métodos Mehlich-1 e Mehlich-3. Sc. Agraria. 2009; 10:305-12.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solo e material vegetal. Revista Ceres, Viçosa, 21:73-85. 1974.

BRASIL EC, MURAOKA T. Extratores de fósforo em solos da Amazônia tratados com fertilizantes fosfatados. R. bras. Ci. Solo. 1997; 21:599-606.

BRAY, R.H.; KURTZ, L.T. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45. 1945.

CABALCETA G. Niveles críticos de fósforo, azufre y correlación de soluciones extractoras en Ultisoles, Inceptisoles, Vertisoles y Andisoles de Costa Rica. Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 167p 1993.

CAMARGO, M. S.; BARBOSA, D. S.; RESENDE, R. H.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fósforo em solos de Cerrado submetidos à calagem. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 187-194, 2010.

CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F.; MARTINEZ, H.E. P.; NOVAIS, R.F. 2007. XIII - Avaliação da fertilização do solo e recomendação de fertilizantes, p. 769-850. In: Novais, R.F.; Alvarez V.; V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L. Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Minas Gerais.

CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R. & VIEIRA, F.C.B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. Pesq. Agropec. Bras., 38:729-735, 2003.

CFSEMG- Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, UFV. 359p, 1999.

CHITOLINA, J.C. Contribuição de alguns fatores nos resultados da análise química de terra e seus efeitos nas recomendações de adubação e calagem. 1982. 200p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

CORRALES, R. A. F.. Avaliação e calibração de extratores de fósforo em três diferentes ordens de solo da Costa Rica [Dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, 2013. 100p.

CORREA, J. C.; BARILLI, J.; REBELLATTO, A.; VEIGA, M. Aplicações de dejetos de suínos e as propriedades do solo. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 18 p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 58).



DECHEN, A.R, NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: Novais RF, Alvarez V VH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL, editores. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007; p.92-132.

DIAS, L. P. R.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; SIMONETE, M. A.; BICARATTO, B. Eficiência relativa de fosfatos naturais na adubação de plantio de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em solo sem e com calagem. *Ciência Florestal*, v. 25, n. 1, p. 37-48, 2015.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos. Concordia: EMBRAPA, 2002. 30 p. (EMBRAPA - Suínos e Aves. Bipers n 10).

FERREIRA, D. F. (2019). SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, 37(4), 529-535.

GATIBONI, L.C. et al. Superphosphate and rock phosphates as Phosphorus sources for grass-clover pasture on a limed acid soil in Southern Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.34, n.17/18, p.2503-2514, 2003.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; SANTOS, D.R. dos. 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*, v.29, p.363-371, 2005

GATIBONI, L. C, RHEINHEIMER, D. S, BRUNETTO, G.B. Soil microbial biomass phosphorus and activity of acid phosphatases during decline of soil available phosphorus. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, n.8, p. 1085-1091, 2008.

GESSEL, P.D.; HANSEN, N.C.; MONCRIEF, J.F. & SCHMITT, M.A. Rate of fall-applied liquid swine manure: Effects on runoff transport of sediment and phosphorus. *J. Environ. Qual.*, 33:1839-1844, 2004.

HERRERA, W. F. B.. Disponibilidade de fósforo no solo e eficiência agrônômica de fontes fosfatadas solúvel e complexada com substâncias húmicas. Diss. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 2014. 94p.

HORTA, M. C.; TORRENT, J. Dinâmica do fósforo no solo: perspectiva agrônômica ambiental. Portugal: Edições IPBC, 2010. 97p.

KORALAGE, I.S.A.; WEERASINGHE, P.; SILVA, N.R.N.; SILVA, C.S. de. The determination of available phosphorus in Soil: A quick and simple method. *OUSL Journal*, v.8: 1-17. 2015.

KROTH, P.L. Disponibilidade de fósforo no solo para plantas e fatores que afetam a extração por resina de troca em membrana. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 168 p. (Tese de Mestrado)

KUO, S. 1996. Phosphorus. p. 869-919. In D. L. Sparks. (ed.) *Methods of Soil Analysis: Part 3- Chemical Methods*. SSSA, Madison, WI.

- LATROU, M., PAPADOPOULOS, A., PAPADOPOULOS, F., DICHALA, O., PSOMA, P. AND BOUNTLA, A., 2014. Determination of soil available phosphorus using the Olsen and Mehlich 3 methods for Greek soils having variable amounts of calcium carbonate. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45(16), pp. 2207-2214.
- LIMA, L. S. H. Crescimento de plantas jovens de *Euterpe edulis* Martius em resposta a diferentes doses de fósforo. UFSM- Santa Maria – RS – 2005. 73p (Dissertação de Mestrado)
- LINS I.D.G, COX F.R. Effect of extractant and selected soil properties on predicting the correct phosphorus fertilization of soybean, *Soil Sci. Sco. Am. J.* 1989; 53:813-16.
- LOPES, R.L. Suinocultura no Estado de Goiás: uma ampliação do modelo de localização. Esalq, Piracicaba, SP. (Dissertação de mestrado). 1997. 96p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos. P. 319. 1997.
- MARSCHNER, H.; MARSCHNER, P. Mineral nutrition of higher plants. Cidade: Academic Press, 2012. 645 p.
- MEDEIROS, M. D. O. D. N. Comparação de métodos de extração de fósforo disponível em solos do semiárido. UFERSA- Mossoró-RN, 50p. 2020. (Dissertação de mestrado)
- MEHLICH, A. Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH<sub>4</sub> by North Carolina Soil Testing Laboratories. Raleigh, University of North Carolina, 1953 (não publicado).
- MEHLICH, A. Mehlich-3 soil test extractant: A modification of Mehlich-2 extractant. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 1984; 15:1409-16.
- MENEZES, J. F. S. Uso de resíduos de suínos e cama de frango na agricultura. Palestra proferida no Congresso de Fertilidade e Biologia do Solo (Fertbio): a responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola. Maceió – Alagoas, em 18 setembro de 2012.
- MISSIO, E. Avaliação da disponibilidade de alguns metais pesados para as plantas. Porto Alegre, 1996. 120f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 1996
- MURPHY, J.; RILEY, P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta.* 27:31-36, 1962.
- MYLAVARAPU, R.S., SANCHEZ, J.F., NGUYEN, J.H., BARTOS, J.M. Avaliação dos procedimentos de extração de Mehlich-1 e Mehlich-3 para nutrientes de plantas em solos minerais ácidos da Flórida. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33, 807–820. 2002.
- Nawara, S.; Van Dael, T.; Merckx, R.; Amery, F.; Elsen, A.; Odeurs, W.; Vandendriessche, H.; Mcgrath, S.; Roisin, C.; Jouany, C., Pellerin, S., Denoroy, P.; Eichler-Löbermann B,

Börjesson G, Goos P, Akkermans W, Smolders E (2017) Uma comparação de testes de solo para fósforo disponível em experimentos de campo de longo prazo na Europa. *Eur J Soil Sci* 68: 873–885

NEUFELDT, H., SILVA, J. E. D., AYARZA, M. A. AND ZECH, W. (2000). Land-use effects on phosphorus fractions in Cerrado oxisols. *Biology and Fertility of Soils*, 31, 30-37.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. K.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.;ALVAREZ V.,V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.;NEVES, J.C.L., eds. Fertilidade do Solo. Viçosa, MG, *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*. p.471-537, 2007.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. 1st ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; 1999.

OLSEN, S. R.; COLE, C. V.; WATANABE, F. S.; DEAN, L. A. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Washington: United States Department of Agriculture, 19p. (United States of Agriculture. Circular, 939). 1954.

OLSEN, S.R.; SOMMERS, L.E. Phosphorus. In A. L. page et al., (ed). Methods of soil analysis, 2<sup>nd</sup> ed. Agronomy 9:403-430. 1982.

OLSEN, S.R.; SOMMERS, L.E. Phosphorus. In: Page, A.L., Ed., Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, *Soil Science Society of America*, Madison, 403-430. 1982

PALÁCIO, S. M.; LUCHESE, E. B.; LENZI, E. Comparação dos extratores Mehlich-1 e Bray-1 com coletor a base de óxido de ferro na avaliação do fósforo no solo. *Acta Scientiarum*, v. 22, n. 5, p. 1151-1156, 2000.

PÉREZ, A.J.L e NEPTUNE, A.M.L. Extração de várias formas de fósforo em alguns solos do Estado de São Paulo, utilizando vários métodos químicos. Anais da E.S.A.L ‘Luiz de Queiroz’, Piracicaba, XLIV: 1037-1077, 1987.

PING, C.L.; MICHAELSON, G.J. Phosphorus adsorption by principais solos do Alasca. *Comum. Soil Sci. Plant Anal.* De 1986 17 de 299 – 320

PROCHNOW, L., RESENDE, A, JUNIOR A, FRANCISCO, E, CASARIN, V.; PAVINATO, P. Colocação de fósforo para culturas anuais nos trópicos. Melhores colheitas. 2018; 102: 21-4.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; FURLANI, M. C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas : Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. Van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Agronômica Ceres/Potafós, 1991, 343p.

RAIJ, B. van; DIEST, A. van. Phosphate supplying power of rock phosphate in an oxisol.

*Plant and Soil*, Hague, v.55, p.97-104, 1980.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. (IAC Boletim técnico, 81).

RAIJ, B.V.; FEITOSA, C.T., SILVA, N.M. Comparação de quatro extratores de fósforo de solo. *Bragantia*. 1984; 43:17-29.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. Extraction of phosphorus, potassium, calcium and magnesium from soils by an ion-exchange resin procedure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.17, n.5, p. 546-566. 1986.

RAIJ, B. Van.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas: Fundação Cargil, 1987.

REID, J. B. ET AL. REID, J. B.; Trolove, S. N.; Tan, Y.; Curtin, D. Does soil anion storage capacity affect plant response to Olsen P status? *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, v. 0, n. 0, p. 1–10, 2020.

REIS, T. H. P. Dinâmica e disponibilidade de fósforo em solos cultivados com cafeeiro em produção. Dissertação (mestrado). UFL- Lavras-MG. 134p, 2009.

REIS, J. V. D. Potencial do extrator mehlich-3 na avaliação da disponibilidade de fósforo de diferentes solos. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. – Viçosa, MG, 2016.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHIONI, I. Accumulation of soil organic phosphorus by soil tillage and cropping systems in subtropical soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 34, n. 15/16, p. 2336-2354, 2003.

RHEINHEIMER, D.S.; 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*, v.38, p.576-586, 2008.

RYCHTER, A.M.; RAO, I. Role of phosphorus in photosynthetic carbon metabolism. *Handbook of Photosynthesis*, Florida, v. 2, p. 123-148, 2005.

RUSSEL EW. Soil conditions and plant growth. Language Book Society and Longman, London, 1973, 30-37.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013a. 353p.

SANTOS LS, SILVA LS, CARGNELUTTI FILHO A GRIEBELER G. Efeito do grau de moagem, do tipo de frasco e do volume de vazio sobre a variabilidade analítica do fósforo extraído pelos métodos Mehlich-1 e Mehlich-3. *R. Bras. Ci. Solo*. 2014; 30:1478-86.

SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T. & NESI, C.N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:123-131, 2007.

SCHERER, E.E.; NESI, C.N. & MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas da Região Oeste Catarinense. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:1375-1383, 2010.

SCHOENAU, E O'HALLORAN, JJ SCHOENAU, IP O'HALLORAN, et al. Fósforo extraível com bicarbonato de sódio MR Carter (Ed.), Amostragem de solo e métodos de análise ( 2ª edição), *Sociedade Canadense de Ciência do Solo*, Canadá (2006), p. 89 – 95

SCHUMACHER, M. V. et al. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico vermelho (*Parapiptadenia rígida* (Bentham). Brenan). *Revista Árvore*, v. 28, n. 1, p. 149-155, 2004.

SHEN, J.; YUAN, L.; ZHANG, J.; LI, H.; BAI, Z.; CHEN, X.; ZHANG, F. Phosphorus dynamics: from soil to plant. *Plant physiology*, Minneapolis, v. 156, n. 3, p. 997-1005, 2011.

SILVA, I.R e MENDONÇA, E.S. (2007) Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. eds. Fertilidade do solo. Viçosa, *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, p.275-374.

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

SILVA, F.C. da. Avaliação da disponibilidade de fósforo por diversos extratores em solos cultivados com cana-de-açúcar. 1991. (dissertação de mestrado) – ESALq, Piracicaba, 1991. 165p.

SILVA, F.C. da et al. Métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. In: Silva, F.C da (editor técnico) Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2ª edição revista e atualizada. Embrapa Informação tecnológica, Brasília, DF. Cap.1: 105-184. 2009.

SIMS JT, JOHNSON GV. Micronutrient soil test. In: Mortvedt JJ, editor. Micronutrient in Agriculture. Madson: *Soil Sci. Soc. Am.*; 1991. p.427-76.

SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. (ed.) Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina, DF. Embrapa Cerrados, 2004. 416p.

SOUZA, G.P.; FIGUEIREDO, C.C.; SOUSA, D.M.G. Relationships between labile soil organic carbon fractions under different soil management systems. *Scientia Agricola*, v. 73, n. 6, p. 535-542, 2016.

SOUZA JÚNIOR, R. F.; OLIVEIRA, F. H. T.; SANTOS, H. C.; FREIRE, F. J.; ARRUDA, J. A. Frações de fósforo inorgânico do solo e suas correlações com o fósforo quantificado por extratores e pelo milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 159-169, 2012.

STEINER, F., LANA, M.C.; ZOZ, T.; FRANDOLOSO JF, FEY R. Extraction methods and availability of phosphorus for soybean in soils from Paraná State, Brazil. *C. Agrárias*. 2012;33: 1005-14.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.147, 1995. (Boletim Técnico, 5).

TEIXEIRA, P. C.; CAMPOS, D. V. B.; SALDANHA, M. F. c. (3ed.). In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de Métodos de Análise de Solo. Embrapa: Brasília, DF, 2017. p. 203-208.

TORRENT, J.- Dinâmica do fósforo no solo : perspectiva agronômica e ambiental. Castelo Branco : IPCB. ISBN 978-989-8196-10-1. 2010. 97 p.

TRAN, T.S, GIROUX, M.; GUILBEAULT, J. & AUDESSE, P. Evaluation of Mehlich-3 extractant to estimate the available P in Quebec soils, *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 21:1-28, 1990.

VANCE, C.; UHDE-STONE, C.; ALLAN, D. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytologist*, Oak Ridge, v. 157, p. 423-447, 2003.

ZHU J, LI M, WHELAN M. Ativadores de fósforo contribuem para a disponibilidade de fósforo legado em solos agrícolas: uma revisão. *Sci Total Environ* 62: 1-28, 2018.

WHITE, P, J.; HAMMOND, J.P. Phosphorus nutrition of terrestrial plants, In: WHITE, P.J.; HAMMOND, J.P. The ecophysiology of plant-phosphorus interactions. Amsterdam: Springer Link, 2008. p. 51-81

WILLIAMS, E. G. & KMIGHT, A.H. Evaluations of soil phosphate status by pot experiment, conventional extraction methods, and labile phosphate values estimated with the aid of phosphorus- 32. *Journal of the Science of Food and agriculture*, London, 14 555-63, 1963.

WUENSCHER, R., UNTERFRAUNER, H., PETICZKA, R., ZEHETNER, F. A comparison of 14 soil phosphorus extraction methods applied to 50 agricultural soils from Central Europe. *Plant Soil Environ*. Vol. 61, 2015, No. 2: 86-96.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os teores de P no solo extraídos com os extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Olsen, Bray-1, Resina e P-remanescente com histórico de adubações com dejetos de suínos aumentam com o aumento nas doses de DLS, sendo a maior dose de DLS a que incrementou os maiores teores de P, principalmente na camada de 0-10 cm de profundidade.

Com o extrator químico Mehlich-3, extrai-se maior teor de P do que com o extrator Mehlich-1.

A extração de P por Resina é o método que apresentou maior sensibilidade com o aumento das doses de dejetos nos teores de P no solo.

Os extratores Bray-1 e Olsen, extraem maiores teores de P, principalmente nos solos que receberam a maior dose de DLS de  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

As porcentagens de P-orgânico em relação ao P-total foram semelhantes em todos os tratamentos e profundidades, mantendo-se entre 15 a 21%.

A aplicação sucessiva de DLS, aumentou os teores de P-orgânico e P-total no solo, mas não necessariamente, os maiores teores de P-orgânico foram verificados nas maiores doses de dejetos aplicadas.

Os maiores teores de P-orgânico e P-total, foram obtidos nos solos que receberam sucessivamente  $55 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS na profundidade 0-10 cm.

Os teores de P com a adubação sucessiva de fertilizante mineral ( $350 \text{ kg ha}^{-1}$  de 02.20.18) é semelhante as adubações equivalentes a  $50$  e  $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS, principalmente na camada mais superficial do solo (0-10 cm).

Pela análise de correlação de Pearson verificou-se que o extrator Mehlich-1, correlaciona-se positivamente com todos os extratores, exceto para P-resina, P-orgânico e P-inorgânico total, tendo apresentado maior coeficiente de correlação para o extrator Mehlich-3.

O extrator Mehlich-1, é adequado para determinar o P disponível do solo com adubações sucessivas de dejetos.