

MÁRCIA DE ALMEIDA CARNEIRO

**FONTES DE FÓSFORO ASSOCIADAS A
COMPOSTOS ORGÂNICOS: QUAIS OS EFEITOS
SOBRE AS FORMAS DE FÓSFORO DO SOLO E
PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS?**

Dissertação de Mestrado

ALTA FLORESTA - MT

2020

	MÁRCIA DE ALMEIDA CARNEIRO	Diss. MESTRADO	PPG BioAgro 2020



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E
AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS
AMAZÔNICOS**



MÁRCIA DE ALMEIDA CARNEIRO

**FONTES DE FÓSFORO ASSOCIADAS A
COMPOSTOS ORGÂNICOS: QUAIS OS EFEITOS
SOBRE AS FORMAS DE FÓSFORO DO SOLO E
PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS?**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho

ALTA FLORESTA - MT

2020

CARNEIRO, Márcia de Almeida.
C289f Fontes de Fósforo Associadas a Compostos Orgânicos: Quais os Efeitos Sobre as Formas de Fósforo do Solo e Produtividade das Culturas? / Márcia de Almeida Carneiro - Alta Floresta, 2020. 52 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso
(Dissertação/Mestrado) - Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Câmpus de Alta Floresta, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2020.

Orientador: Marco Antonio Camillo de Carvalho

1. Adubação Fosfatada. 2. Ácidos Húmicos. 3. Urochloa Ruziziensis. 4. Glycine Max. I. Márcia de Almeida Carneiro.
II. Fontes de Fósforo Associadas a Compostos Orgânicos: Quais os Efeitos Sobre as Formas de Fósforo do Solo e Produtividade das Culturas?: .

CDU 631.85

FONTES DE FÓSFORO ASSOCIADAS A COMPOSTOS ORGÂNICOS: QUAIS OS EFEITOS SOBRE AS FORMAS DE FÓSFORO DO SOLO E PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS?

MÁRCIA DE ALMEIDA CARNEIRO

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Aprovada em: 28/02/2020



Prof. Dr. Marco Antonio Camilo de Carvalho
Orientador – UNEMAT/ PPGBioAgro



Prof. Dr. Gustavo Caione
UNEMAT/ PPGBioAgro



Prof. Dr. Fabiano André Petter
UFMT

DEDICATÓRIA

*A Deus, meus familiares e aos meus
amigos... companheiros de todas as
horas...*

AGRADECIMENTOS

À Deus por minha vida, família e amigos, e por ter me guiado e dado forças nos momentos que mais precisei.

Aos meus pais, meus sogros, meus irmãos, e minha cunhada pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu companheiro de todos os momentos, Felipe Adolfo Litter, por todo carinho, compreensão e apoio nos momentos bons e ruins.

À toda equipe do Laboratório de Análises de Solo, Adubo e Foliar (LASAF) que me acolheu e ajudou no desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos meus amigos Willian Kume, Luana Marques Campos, Poliana Severo, Rômulo Ribeiro, Guilherme Volpe, Juliano Burgrever, Rafaela Miranda, Lara Caroline Oliveira, Samiele Domingues e Jean Oliveira que estiveram comigo durante esses anos de pós-graduação.

Aos colegas de mestrado que ajudaram durante a condução da pesquisa.

Ao Dr. Gustavo Caione, ao Me. Guilherme Ferbonink, ao Dr. Tiago Parente pela amizade, apoio e incentivo.

Ao professor Dr. Paulo Sérgio Pavinato pela concessão da RTA.

À todos os professores que fizeram parte da minha formação profissional.

Ao Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho, pela orientação, apoio e confiança.

À Universidade do Estado de Mato Grosso e ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos pela oportunidade de fazer o curso.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	4
LISTA DE FIGURAS	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Cultivo de soja e de capim ruziziensis em sucessão	11
2.2 Importância e formas de fósforo	12
2.3 Fontes de P	13
2.4 Fracionamento de fósforo	14
2.5 Substâncias húmicas e compostos orgânicos	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 Fósforo no solo pelo método da resina trocadora de ânions	22
4.2 Frações de fósforo no solo	25
4.3 Teores de fósforo na planta	31
4.4 Variáveis Agronômicas	33
5. CONCLUSÕES.....	39
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades químicas e físicas do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico.....	18
Tabela 2 – Substâncias húmicas, teor de carbono orgânico (CO) total e de fósforo dos esterco de galinha e bovino, e do produto comercial utilizados no experimento.....	19
Tabela 3 - Teor de fósforo resina no solo ao longo do tempo de condução da pesquisa. Alta Floresta - MT, 2019.....	22
Tabela 4 - Frações de P inorgânico extraído em resina trocadora de ânions (P _{IRTA}), de P inorgânico e orgânico extraído em NaHCO ₃ (P _{Ibic} e P _{Obic}), P inorgânico e orgânico extraído em NaOH 0,1 mol L ⁻¹ (P _{Ihid} e P _{Ohid}), de P inorgânico e orgânico extraído em NaOH 0,5 mol L ⁻¹ (P _{Ihid0,5} e P _{Ohid0,5}), P inorgânico extraído em HCl (P _{IHCl}), de P residual extraído via digestão com H ₂ SO ₄ + H ₂ O ₂ (P _{residual}) e P total em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.....	25
Tabela 5 - Frações de P inorgânico extraído em resina trocadora de ânions (P _{IRTA}), de P inorgânico e orgânico extraído em NaHCO ₃ (P _{Ibic} e P _{Obic}), P inorgânico e orgânico extraído em NaOH 0,1 mol L ⁻¹ (P _{Ihid} e P _{Ohid}), de P inorgânico e orgânico extraído em NaOH 0,5 mol L ⁻¹ (P _{Ihid0,5} e P _{Ohid0,5}), P inorgânico extraído em HCl (P _{IHCl}), de P residual extraído via digestão com H ₂ SO ₄ + H ₂ O ₂ (P _{residual}) e P total em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Alta Floresta – MT, 2019.....	27
Tabela 6 – Teor de fósforo (TP) nos grãos de soja e foliar de <i>Urochloa ruziziensis</i> em quatro cortes em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta - MT, 2019.....	31
Tabela 7 - Teor de fósforo (TP) (g kg ⁻¹) de <i>Urochloa ruziziensis</i> no segundo e terceiro corte em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.....	32
Tabela 8 - Teor de fósforo (TP) (g kg ⁻¹) de <i>Urochloa ruziziensis</i> no quarto corte em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.....	32
Tabela 9 – Altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), Diâmetro do caule (DC), número de ramos (NR), número de vagens por planta (NVP), e massa de 100 grãos (M100) e produção da soja (<i>Glycine max</i>) em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta - MT, 2019.....	33
Tabela 10 – Altura de inserção da primeira vagem (AIPV) da soja (<i>Glycine max</i>) em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.....	34

Tabela 11 – Número de vagens por planta (NVP) da soja (<i>Glycine max</i>) em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.	35
Tabela 12 - Produção (g planta ⁻¹) da soja (<i>Glycine max</i>) em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.	35
Tabela 13 - Número de perfilhos (NP) de <i>Urochloa ruzizensis</i> em quatro cortes em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta - MT, 2019.	36
Tabela 14 – Número de perfilhos (NP) de <i>Urochloa ruzizensis</i> no primeiro corte em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.	37
Tabela 15 - Massa seca (MS) de <i>Urochloa ruzizensis</i> em quatro cortes em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta - MT, 2019.	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Teor de fósforo resina no solo (mg dm^{-3}) ao longo do tempo em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019. 23

Figura 2 – Representação das frações de fósforo do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico em função da utilização de fontes de P e de substâncias húmicas aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Alta Floresta – MT, 2019. 30

RESUMO

CARNEIRO, Márcia de Almeida. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, Janeiro de 2020. **Fontes de fósforo associadas a compostos orgânicos: quais os efeitos sobre as formas de fósforo do solo e produtividade das culturas?** Orientador: Marco Antonio Camillo de Carvalho.

Os solos Amazônicos assim como a maioria dos solos brasileiros, apresentam baixa fertilidade natural caracterizada principalmente pela deficiência de fósforo, e para garantir o potencial produtivo das áreas utiliza-se fertilizantes provenientes da exploração de rochas fosfatadas, porém esse recurso é finito. Portanto, é necessário encontrar formas alternativas de aumentar a disponibilidade deste para as plantas, uma das quais pode ser a utilização de substâncias húmicas. Objetivou-se com o presente estudo avaliar os efeitos da aplicação de fontes de fósforo associadas a compostos orgânicos fornecedores de substâncias húmicas nas frações de fósforo do solo, nos teores de P foliar e no solo e o sobre o desenvolvimento da soja e da *Urochloa ruziziensis*. O trabalho foi conduzido em ambiente protegido pertencente à Universidade do Estado de Mato Grosso, no município de Alta Floresta, utilizando-se um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 4x2, onde foram utilizadas três fontes de substâncias húmicas (esterco de galinha, esterco bovino, ácido húmico comercial e um tratamento controle (sem aplicação de substância húmica)), e duas fontes de fósforo (Mono-Amonio-Fosfato - MAP e o fosfato natural reativo Bayóvar) com quatro repetições. A dose de fósforo utilizada foi equivalente a 170 kg ha⁻¹ de P₂O₅, calculada com base no P solúvel das fontes. Para as fontes de substâncias húmicas as doses foram calculadas com base no carbono orgânico sendo aplicadas a dose 300 kg ha⁻¹ de CO. Após a aplicação dos tratamentos, foi cultivado a soja variedade NS 8338 IPRO, e após a colheita desta foi realizado a semeadura da forrageira *U. ruziziensis*. As variáveis analisadas foram: altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, diâmetro do caule, número de ramos, número de vagens por planta e massa de 100 grãos da soja, e massa seca e número de perfilhos em quatro cortes da forrageira. A utilização do fosfato de Bayóvar proporcionou maior desenvolvimento e teor de P nos grãos da cultura da soja e para a forrageira, foi observado maior teor de P foliar no primeiro corte com a utilização do fosfato natural. Os estercos de galinha e bovino proporcionaram maior altura de plantas de soja, e maiores números de perfilhos no terceiro e quarto corte da *U. ruziziensis*. A adubação fosfatada aliada às fontes de SH esterco bovino e de galinha resultaram em alterações significativas nos teores de P disponível ao longo dos meses, e alteraram todas as frações de fósforo do solo, com exceção do P_{residual}. Portanto, para as condições do presente trabalho, recomenda-se a adubação fosfatada utilizando o fosfato de Bayóvar associado ao esterco de galinha ou ao esterco bovino, pois estes proporcionaram maiores teores de fósforo lábil.

Palavras-chave: Adubação fosfatada, ácidos húmicos, *Urochloa ruziziensis*, *Glycine max*.

ABSTRACT

CARNEIRO, Márcia de Almeida. M.S. Universidade do Estado de Mato Grosso, Janeiro de 2020. **Phosphorus sources associated with organic compounds: what are the effects on soil phosphorus forms and crop yield?** Adviser: Marco Antonio Camillo de Carvalho.

The Amazonian soils, like most Brazilian soils, have low natural fertility characterized mainly by the combustion of phosphorus, and to guarantee the productive potential of the areas used, if the fertilizers are exploited by the exploitation of phosphate rocks, but this is the final effect. Therefore, it is necessary to find alternative ways to increase its availability for plants, one of which can be used for the use of chemical substances. The objective of this study was to evaluate the effects of the application of phosphorus sources applied to compounds that supply chemical products and soil phosphorus fractions, on the levels of foliar and non-soil P and on the development of soybean and *Urochloa ruziziensis*. The work was carried out in a protected environment belonging to the State University of Mato Grosso, in the municipality of Alta Floresta, using a Dystrophic RED LATOSOL. The experimental design used was the randomized (DIC), in the 4x2 factorial scheme, where three sources of chemical substances were used (chicken manure, bovine manure, commercial humic acid and a control treatment (without application of humic substance)), and two sources of phosphorus (Mono-Ammonium-Phosphate - MAP and Bayóvar reactive natural phosphate) with four replications. A dose of phosphorus used was equivalent to 170 kg ha⁻¹ of P₂O₅, calculated based on soluble P from sources. For sources of chemical substances as doses were calculated based on organic carbon, a dose of 300 kg ha⁻¹ of CO was applied. After an application of the tests, a variety of soybean NS 8338 IPRO was grown, and after harvesting it, the forage *U. ruziziensis* was sown. The variables analyzed were: plant height, height of insertion of the first strip, diameter of the capsule, number of branches, number of varieties per plant and mass of 100 soybeans, dry mass and number of profiles in four forage cuts. The use of Bayóvar phosphate provided greater development and P content in soybean grains and for forage, a higher foliar P content was observed in the first cut with the use of natural phosphate. Chicken and beef manure provided higher height of soybean plants and higher numbers of profiles in the third and fourth cut of *U. ruziziensis*. A phosphate fertilization combined with sources of SH bovine manure and chicken resulted in changes applied to the levels of P available over the months, and changed all fractions of phosphorus in the soil, with the exception of the Presidential. Therefore, for the conditions of the present work, phosphatized fertilization using Bayóvar phosphate associated with chicken manure or bovine manure is recommended, as these are the highest levels of phosphorus found.

Key-words: Phosphate fertilization, Humic acids, *Urochloa ruziziensis*, *Glycine max*.

1. INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um nutriente crucial para o desenvolvimento das plantas e em relativa escassez na maioria dos ecossistemas naturais, tornando-se o nutriente limitante primário para a produção agrícola em solos tropicais (BASAMBA et al., 2006). A sua baixa disponibilidade para as plantas se deve em grande parte aos fosfatos fixados por Fe, Al e Ca, e para aumentar a eficiência do nutriente pode-se aumentar a solubilidade de P na solução do solo ou reduzir a fixação de P nos solos (HUA et al., 2008).

Para contornar essa escassez, as plantas desenvolvem mecanismos para se adaptar à baixa disponibilidade desse macronutriente, como o alongamento de sistemas radiculares para aumentar o volume do solo explorado, exsudação de ânions e prótons orgânicos para mobilizar P de formas insolúveis e secreção de fosfatases por raízes e microrganismos (JINDO et al., 2016).

Porém, esses mecanismos não são suficientes para suprir a necessidade das plantas, então a solução está na utilização de fertilizantes. No mercado existem muitas opções de fontes, as quais podem variar quanto à reatividade, dentre elas estão os fosfatos de elevada solubilidade ou totalmente acidulados com elevados teores de P solúvel em água e que em contato com o solo são rapidamente dissolvidos podendo ser absorvido pelas plantas ou serem transformados em formas não lábeis. Existem também os fosfatos de intermediária e baixa solubilidade, os quais são fontes que apresentam baixos teores de P solúvel e maior parte do P na forma insolúvel, que pode ser solubilizado ao longo do tempo (efeito residual) (NICCHIO et al., 2019). Porém o P dissolvido dos fertilizantes sofre várias reações com os componentes inorgânicos e orgânicos do solo, resultando em produtos com diferentes graus de solubilidade (MEHRIZI et al., 2015).

Há estudos crescentes sobre o uso de ácidos orgânicos, como os ácidos húmicos e fúlvicos, pois estes podem desempenhar um papel importante na influência da disponibilidade de fosfato inorgânico nos solos fertilizados com P, inibindo a formação de fosfatos de cálcio termodinamicamente estáveis (ALVAREZ et al., 2004), além disso aumentam a absorção e disponibilidade de nutrientes, e melhoraram a estrutura física do solo (CIMRIN; YILMAZ, 2005),

tornando-se uma importante ferramenta para maximizar os efeitos da adubação fosfatada.

Alguns estudos já foram realizados avaliando o efeito das substâncias húmicas na disponibilidade de fósforo, correlacionando o fósforo remanescente e as SH (substâncias húmicas) em diferentes sistemas de cultivo no cerrado (FONTANA et al., 2008) e avaliação do fósforo presente em substâncias húmicas, em solo cultivado com cana de açúcar (BUSATO et al., 2005). Contudo, pesquisas sobre o potencial de adubos orgânicos como fonte de substância húmica são pouco realizadas, e principalmente o efeito destes nas frações de fósforo.

Uma importante técnica para entender a dinâmica das transformações do fósforo no solo é o fracionamento de fósforo, pois permite avaliar as mudanças nas formas de P e suas principais formas de acúmulo no solo de acordo com os diferentes manejos (BUSATO et al., 2005). Como esta técnica utiliza distintos extratores, tem sido uma boa ferramenta para entender a disponibilidade de fósforo total do solo e a solubilidade, e tem sido útil no estudo da dinâmica do nutriente no solo (PAVINATO et al., 2009).

Na região Amazônica tem crescido a implantação do sistema de semeadura direta, principalmente com a sucessão soja-ruziziensis, porém existem poucos trabalhos que avaliam a dinâmica do P no solo em resposta a diferentes fontes do nutriente, bem como seu desempenho em resposta a utilização de ácidos orgânicos, pois estes podem alterar as frações de P no solo, tornando o elemento mais disponível e, conseqüentemente, resultando em aumento de produtividade das culturas. Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar os efeitos da aplicação de fontes de fósforo associadas a compostos orgânicos fornecedores de substâncias húmicas nas frações de fósforo do solo, nos teores de P foliar e no solo e o sobre o desenvolvimento da soja e da *Urochloa ruziziensis*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultivo de soja e de capim ruziziensis em sucessão

A soja (*Glycine max*) é a principal oleaginosa cultivada no mundo, e faz parte do conjunto de atividades agrícolas com maior destaque no mercado mundial. A produção mundial é concentrada em três países: Estados Unidos, Brasil e Argentina, que juntos representam 82% da produção. Outros quatro países que se destacam na produção mundial: China, Índia, Paraguai e Canadá. Somados, estes sete países representam cerca de 95% da produção mundial da oleaginosa (FERREIRA et al., 2017).

Estima-se que para a safra 2019/20 a área plantada de soja alcance 36,8 milhões de hectares, e a produção seja de 121,09 milhões de toneladas. Em Mato Grosso a área plantada estimada é de 9,97 milhões de hectares e a produção de 33,18 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

O sistema de semeadura direta (SSD) é adotado em grande parte das áreas de cultivo de soja, e o uso de plantas de cobertura é uma alternativa para aumentar a sustentabilidade dos modelos de produção agrícola, podendo restituir quantidades consideráveis de nutrientes aos cultivos, uma vez que essas plantas absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os liberam, posteriormente, na camada superficial pela decomposição dos resíduos (MENDONÇA et al., 2015).

As gramíneas do gênero *Urochloa* são consideradas as principais opções na formação de palhada para o sistema de plantio direto, pois apresentam boa produção de matéria e maior período de decomposição devido à alta relação C/N em sua composição, relacionada com grandes concentrações de lignina, (NEPOMUCENO et al., 2012).

Dentre as espécies forrageiras mais utilizadas está a *Urochloa ruziziensis*, a qual tem sido uma das mais implantadas pelos produtores de grãos em sistema de integração lavoura pecuária ou não. Esta espécie oferece várias vantagens, como fácil dessecação com herbicidas não seletivos, produção de forragem de alta qualidade e menor formação de touceiras do que outras espécies de gramíneas. Além disso, esta forrageira tem maior eficiência no uso de nutrientes

e acúmulo de biomassa em comparação com outras espécies de *Urochloa* (FRANCHINI et al., 2014).

2.2 Importância e formas de fósforo

O fósforo é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (GRANT et al., 2001), e faz parte de ésteres de carboidratos, fosfolipídeos, coenzimas e ácidos nucleicos na planta. As plantas anuais com deficiência de P apresentam emergência e crescimento lentos; as folhas são verde escuras, com pecíolos e nervuras arroxeados, principalmente na parte abaxial; o crescimento radicular é prejudicado e as plantas mostram-se estioladas ou com crescimento bastante prejudicado (ROSOLEM; TAVARES, 2006).

A baixa disponibilidade de fósforo (P) para as plantas cultivadas é uma característica predominante dos solos brasileiros em função da sua grande adsorção à fase mineral, predominantemente de baixa reversibilidade, principalmente nos óxidos de Fe e Al, sendo necessária a inclusão desse nutriente por meio da aplicação de fertilizantes fosfatados (SCHONINGER et al., 2013), pois os níveis adequados desse nutriente vegetal são essenciais para um ótimo rendimento de grãos (PAVINATO et al., 2008), que associado a adubação orgânica pode aumentar a produção das culturas agrícolas.

A deficiência de fósforo diminui o potencial de rendimento da soja, já nos estádios reprodutivos iniciais, como no florescimento, pela menor produção de flores e maior aborto dessas estruturas, e nas fases seguintes com formação de menores quantidades de vagens e maior aborto das mesmas (ARAÚJO et al., 2005).

O fósforo (P) do solo é dividido em inorgânico (Pi) e orgânico (Po), e a participação destas formas na manutenção da disponibilidade de P para as plantas é dependente de vários fatores, entre eles, a adubação fosfatada. Mudanças na distribuição das formas de P do solo podem também serem associadas ao sistema de preparo do solo, à quantidade de P exportada na colheita, à taxa de reposição do P exportado do sistema e à habilidade das plantas em utilizar as reservas de P das formas menos lábeis (TAKAHASHI; ANWAR, 2007; TIECHER et al., 2012; LEITE et al., 2016).

O fósforo é retido à fase sólida do solo com diversas energias de ligação, dependentes das características e quantidade dos colóides do solo. A adsorção de fósforo ocorre em três estádios temporais. No estádio I, predomina a neutralização das cargas positivas, que são saturadas quando todos os grupos $R-OH_2^+$ forem compartilhados pelos íons fosfatos; no estádio II, ocorrem as trocas de ligantes e, no estádio III, interações de caráter físico entre o fosfato e a superfície dos colóides inorgânicos. Portanto, a reversibilidade destas reações, denominada dessorção, é dependente da proporção de ocupação dos sítios de adsorção, ou de outros fatores que alteram a magnitude da energia de ligação deste elemento com os colóides do solo. Deste modo, a capacidade de extração dos métodos de avaliação da disponibilidade está vinculada a essa energia de adsorção (RHEINHEIMER et al., 2003).

2.3 Fontes de P

A prática de adubação assume papel fundamental para o estabelecimento e a manutenção das culturas em razão do fósforo ser um dos nutrientes limitantes nos solos brasileiros (CECATO et al, 2007), e para corrigir a deficiência existem no mercado diversas fontes, com variados teores do nutriente e graus de solubilidade.

A aplicação de fosfatos solúveis favorece a absorção de P pelas raízes, pois estes reagem com maior intensidade no solo e incrementam a fração de P disponível. Porém, as reações de fixação do nutriente são também favorecidas o que reduz a sua eficiência ao longo do tempo e são de alto custo, esse fenômeno ocorre principalmente com a aplicação de altas doses em solos oxídicos, ácidos e intemperizados. A utilização de fontes de menor solubilidade como os fosfatos naturais, resultam na liberação o nutriente de forma mais lenta, minimizando o processo de fixação (SILVA et al., 2009).

Dentre as opções de fontes de fósforo disponíveis no mercado, os fosfatos totalmente acidulados são os usualmente comercializados, entre eles os grupos dos superfosfatos simples e triplos, e dos fosfatos monoamônicos e diamônicos (HARGER et al., 2007). Há ainda, os fosfatos naturais as rochas de alta eficiência aquelas provenientes da Tunísia (Gafsa), Israel (Arad), Peru (Sechura, Bayóvar) e Carolina do Norte (USA).

Recomenda-se que a aplicação de fosfatos de alta solubilidade como o MAP seja de maneira localizada no sulco de plantio (PRADO et al., 2001). No caso dos fosfatos naturais recomenda-se que o fertilizante seja aplicado em área total e incorporado, pois sua dissolução depende da superfície de contato com o solo (SOUSA; LOBATO, 2003; HOROWITZ; MEURER, 2004), e mesmo que a sua utilização apresente algumas restrições, seu maior efeito residual devido à sua mais lenta solubilização no solo é uma vantagem (KORNDÖRFER et al., 1999).

2.4 Fracionamento de fósforo

No Brasil tem sido realizado alguns estudos sobre frações e acúmulo de P em solos, através do uso da técnica de fracionamento químico proposta por Hedley et al. (1982). Essa técnica consiste no uso extratores químicos aplicados sequencialmente em uma mesma amostra, para remoção progressiva das frações mais disponíveis até as mais estáveis de P inorgânico (P_i) e orgânico (P_o) (CERETTA et al., 2010).

Seguindo Hedley et al. (1982) o fracionamento inicia-se com a extração em resina trocadora de ânions (RTA), responsável por extrair as frações lábeis de P inorgânico (P_{iRTA}). Em seguida é realizada a extração em NaHCO_3 que também extrai frações lábeis de P inorgânico e orgânico (P_{ibic} e P_{obic}). A partir dessas extrações é determinado o fósforo pertence a frações que contribuem ativamente para o fornecimento do nutriente às plantas ou para sua transferência no ambiente, pelas águas de deflúvio ou de percolação (GATIBONI et al., 2007).

Na sequência, é realizada a extração em $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$, (P_{ihid} e P_{ohid}) e $\text{NaOH } 0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ($P_{ihid0,5}$ e $P_{ohid0,5}$) que representam, em geral, o P inorgânico ligado aos óxidos e às argilas silicatadas, com energia de ligação intermediária, e o P orgânico de frações moderadamente lábeis (CROSS; SCHLESSINGER, 1995). A extração em HCl extrai o P inorgânico contido nos fosfatos de cálcio e fortemente adsorvido aos coloides. A digestão do solo com H_2SO_4 e H_2O_2 finaliza o processo de fracionamento com extração do P residual inorgânico + orgânico (P residual) do solo, caracterizado por frações recalcitrantes de P, que não contribuem para a nutrição das plantas a não ser em situações de extrema deficiência no solo (GATIBONI et al., 2005).

Porém, Condrón et al. (1985) propôs algumas alterações, e desde então os extratores utilizados no fracionamento são, sequencialmente, resina trocadora de ânions (P_{iRTA}), NaHCO_3 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 8,5 ($P_{i\text{bic}}$ e $P_{o\text{bic}}$), NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ($P_{i\text{hid}}$ e $P_{o\text{hid}}$), HCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ ($P_{i\text{HCl}}$), NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ($P_{i\text{hid}0,5}$ e $P_{o\text{hid}0,5}$) e digestão com $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ (P_{residual}). As frações orgânicas (P_o) são determinadas pela diferença entre o P total e o Pi em cada extrator.

2.5 Substâncias húmicas e compostos orgânicos

As substâncias húmicas consistem em material orgânico resultante de reações combinadas de vários processos bióticos e abióticos. Este conjunto complexo de moléculas derivadas de detritos vegetais e animais, representa um dos materiais orgânicos mais abundantes na terra (NARDI et al., 2016).

Os modos de ação das substâncias húmicas no crescimento das plantas podem ser divididos em diretos (exigindo absorção pelo tecido vegetal) e indiretos. Os efeitos diretos são: efeitos nas membranas, resultando no melhor transporte de elementos nutricionais; síntese de proteína aprimorada; atividade semelhante a hormônio vegetal; fotossíntese aprimorada e; efeitos na atividade enzimática. Já os efeitos indiretos são: solubilização de micronutrientes (por exemplo Fe, Zn, Mn) e alguns macronutrientes (por exemplo, K, Ca, P); redução dos níveis ativos de elementos tóxicos; e melhoria das populações microbianas (CHEN; AVIAD, 1990).

Os ácidos húmicos têm um efeito positivo na germinação das sementes, no desenvolvimento das raízes e no crescimento, modificando a biomassa total das plantas. Foi relatado que o efeito dessas substâncias é análogo às auxinas na estimulação e aceleração do crescimento de raízes e partes aéreas (MELO et al., 2015).

Os efeitos agrônômicos das substâncias húmicas são complexos e resultam de múltiplos fenômenos interconectados que, além disso, modificam as condições de crescimento das plantas. Quando a disponibilidade de fósforo é muito baixa no solo, as substâncias húmicas possuem a capacidade de aumentarem sua disponibilidade. As substâncias húmicas também melhoraram o desenvolvimento das raízes, aumentando a absorção de Cu, Mn e N, refletindo assim em maior rendimento produtivo (BIDEGAIN et al., 2000).

Os ânions de ácidos orgânicos são capazes de complexar Fe e Al, bloqueando os sítios de adsorção de P dos solos, aumentando a sua disponibilidade para as plantas (SCHERER et al., 2007).

Os adubos orgânicos são um recurso vital não apenas para o fornecimento de nutrientes às plantas, mas também para reabastecer o conteúdo de matéria orgânica da maioria dos solos agrícolas, particularmente nos trópicos. Isso enfatizaria ainda mais a necessidade de usar adubos orgânicos de forma isolada ou em conjunto com fertilizantes químicos na manutenção da fertilidade do solo para a produção de culturas sustentáveis (REDDY et al., 2000).

Dentre os adubos orgânicos, o esterco de galinha destaca-se dos outros em conteúdo de nutrientes, pois as quantidades de minerais, sobretudo cálcio e fósforo, são superiores às fornecidas para frangos de corte, além disso, esse esterco é importante fonte de matéria orgânica para o solo e apresenta baixa relação C/N, o que favorece a disponibilização da maior parte dos nutrientes aplicados para plantas, principalmente do nitrogênio. O baixo preço associado à alta oferta do esterco de poedeiras, tem motivado o seu uso como fertilizante e, sobretudo, fonte de nitrogênio para as plantas (CAMPOS et al., 2017). O teor de N varia de 2,5 à 5,4%, o de P₂O₅ de 3,0 à 8,1% e o de K₂O de 1,8 à 2,2% (CFSEMG, 1989). Vários estudos realizados mostram o potencial do esterco de galinha como adubo orgânico, como em feijão-vagem (MAGALHÃES et al., 2017), em milho (SOUZA et al., 2016) e em mandioca (RÓS et al., 2013), entre outros.

O esterco bovino também se destaca em diversos aspectos possuindo vasta disponibilidade e apresentando percentagens de 30 a 58% de matéria orgânica. Estes resíduos atuam sobre a fertilidade do solo aumentando a matéria orgânica, a capacidade de troca de cátions, reduzindo os teores de alumínio trocável. Contribui ainda com o favorecimento de ácidos orgânicos importantes para a solubilidade dos minerais e o incremento na reciclagem e mobilidade de nutrientes, contribuindo para a permeabilidade e infiltração da água. Além de promover a melhoria de muitos atributos do solo, a aplicação de resíduos orgânicos também aumenta a disponibilidade do fósforo no solo (CARNEIRO et al., 2016). Os teores de N variam de 1,8 à 3,7%, de P₂O₅ de 0,9 à 2,3 e de K₂O de 0,7 à 3,0% (CFSEMG, 1989).

A utilização de esterco bovino durante vários anos consecutivos proporciona acúmulo de nitrogênio orgânico no solo aumentando o potencial de mineralização e sua disponibilidade para as plantas, outros efeitos positivos da sua utilização são as modificações nas propriedades físicas do solo, principalmente através da melhor agregação do solo que, por sua vez, influencia na capacidade de infiltração, retenção de água, drenagem, aeração, temperatura e penetração de raízes (OLIVEIRA et al., 2014).

No mercado há fontes de compostos orgânicos líquidos, como a turfa líquida, que está entre os produtos que promovem uma série de ações físicas, químicas e biológicas que são benéficas para o solo e conseqüentemente para as plantas. Sua composição contém substâncias húmicas, que são frações da matéria orgânica que podem ser consideradas como resultado das últimas transformações da matéria orgânica, que é formada por alguns ácidos como os ácidos húmicos, fúlvicos e hmatomelânicos (ROCHA et al., 2015).

Alguns autores estudaram o efeito de produtos comerciais à base de substâncias húmicas, e obtiveram resultados positivos em culturas como no meloeiro (PINTO et al., 2008), em soja (CATUCHI et al., 2016), em goiabeira (CUNHA et al., 2009) e em tomateiro (RIABI, 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido pertencente à Universidade do Estado de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Alta Floresta, de dezembro de 2018 a outubro de 2019.

Para a realização do experimento foi utilizado um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico conforme classificação segundo Embrapa (2006). O solo foi coletado na camada de 0-0,40 m, peneirado e homogeneizado, em seguida retirou-se uma amostra para análise química e granulométrica, seguindo a metodologia descrita por Silva (2009). Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades químicas e físicas do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico.

Resultados das análises										
pH	P_{Mehlich}	K	Ca	Mg	Al	H + Al	Areia	Silte	Argila	
Água	CaCl ₂	mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³				g kg ⁻¹			
5,8	5,2	0,7	0,21	2,96	1,20	0,00	3,08	505	76	419
Resultados calculados										
CTC pH 7	Soma de Bases	Saturação por Bases	Saturação por Alumínio	Saturação por elemento			Relação			
T	SB	V	M	K	Ca	Mg	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	
cmolc/dm ³		%								
7,4	4,4	58,7	0,0	2,8	40	16,1	2,5	14,2	5,7	

*Análise realizada pelo Laboratório de Análises de solo, Adubo e Foliar (LASAF).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 4x2, onde foram utilizados três fontes de substâncias húmicas (esterco de galinha, esterco bovino, ácido húmico comercial na forma líquida e um tratamento controle (sem aplicação de substância húmica)), e duas fontes de fósforo (Mono-Amonio-Fosfato - MAP e o fosfato natural reativo Bayóvar, considerando 50% e 14% de P₂O₅ solúvel, respectivamente) com quatro repetições (vasos com 15 dm³ de solo), realizando o rodízio de vasos 4 vezes ao longo da pesquisa.

O esterco bovino e de galinha foram acondicionados em um recipiente e submetidos ao processo de compostagem até a estabilização final do produto.

A dose de fósforo utilizada foi equivalente a 170 kg ha⁻¹ de P₂O₅, calculando a quantidade de adubo com base no P solúvel. Para as fontes de

substâncias húmicas as doses foram calculadas com base no carbono orgânico (Tabela 2), sendo aplicadas a dose 300 kg ha⁻¹ de CO seguindo a recomendação de Matias (2010). Foi realizado o balanceamento dos nutrientes (N e K) em todos os tratamentos, para que todos apresentassem os mesmos teores. Os adubos foram moídos para facilitar a maior homogeneidade na aplicação. A mistura do solo com os fertilizantes e substâncias húmicas foi realizada com auxílio de betoneira, sendo cada repetição misturada individualmente.

Tabela 2 – Substâncias húmicas, teor de carbono orgânico (CO) total e de fósforo dos esterco de galinha e bovino, e do produto comercial utilizados no experimento.

Fonte de SH	Ácido húmico	Ácido Fúlvico	Humina	CO Total	*P ₂ O ₅
	-----g kg ⁻¹ -----				%
Esterco de galinha	10,65	9,86	64,64	85,15	8,0
Esterco bovino	18,34	8,88	74,38	101,60	1,6
Produto comercial	4,08	1,17	1,75	7,00	0,0

Determinado segundo Benites, Madari e Machado, 2003; *MAPA, 2014.

A variedade de soja utilizada foi a NS 8338 IPRO, sendo semeadas 5 sementes previamente inoculadas com *Bradhyrhizobium japonicum*. O desbaste foi realizado 15 dias após a emergência, mantendo apenas uma planta por vaso. Durante o desbaste foi observado a presença de nematóides do gênero *Meloidogyne* sendo feita aplicação imediata de Imidacloprido+Tiodicarbe com a dose recomendada para a cultura, e após 30 dias foi realizada a aplicação de *Trichoderma* como controle biológico de nematóides. Ao longo do ciclo foram realizadas 3 aplicações do inseticida Tiametoxam+Lambda-Cialotrina para controle de lagartas, percevejos e vaquinhas. Além disso, foram colocadas iscas a base de Metaldeído 5% para controle de lesmas e caramujos. Durante o ciclo a cultura foi irrigada por aspersão em três horários por 10 min (7h00, 13h50, 17h00) aplicando-se uma lâmina de diária de 8 mm.

Após a colheita da soja foram avaliadas as características agrônômicas e a produção de grãos, determinando: altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, diâmetro do caule, número de ramos, número de vagens, massa de 100 grãos e produção por planta.

Após a maturação, visando a determinação do teor de P, os grãos foram colhidos, pesados (balança de precisão – 0,01 g), secos em estufa de circulação forçada à 65°C até atingir massa constante, moídos em moinho tipo willey e foram analisados os teores de fósforo através da digestão nitroperclórica, seguindo a metodologia descrita por Silva (2009).

Logo após a colheita da soja (11 de abril de 2019), foram semeadas 10 sementes de *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) *ruzizensis* por vaso, sendo realizada irrigação por aspersão em três horários por 10 min (7h00, 13h50, 17h00). Após a emergência (15 dias) foi realizado o desbaste, mantendo apenas 3 plantas por vaso.

Para a avaliação da produção de forragem foram realizados cortes da mesma a 0,20 m da superfície do solo, quando mais de 50% das plantas atingiam de 0,60 – 0,70 m de altura. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel tipo kraft, secas em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, moídas em moinho tipo willey e foram analisados os teores de fósforo através da digestão nitroperclórica, seguindo a metodologia descrita por Silva (2009). As variáveis analisadas foram massa seca e número de perfilhos em quatro cortes.

Após cada corte foi realizada a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N e de K₂O com base no volume de solo dos vasos (15 dm³), utilizando como fontes a ureia (45% N) e o KCl (60% K₂O). Para a aplicação foram pesadas 19,92 g de KCl e 26,66 g de ureia diluídas em 3,2 L, e aplicou-se 100 mL por vaso.

A cada 30 dias após a aplicação dos tratamentos foi coletada uma amostra de solo em cada vaso para determinar o teor de fósforo pelo método da resina trocadora de ânions (RAIJ et al., 2001).

Ao fim do experimento foi feita a homogeneização do solo de cada vaso em betoneira e coletada uma amostra para realizar o fracionamento das formas de fósforo, de acordo com a metodologia descrita por Hedley et al. (1982) com modificações propostas por Cross e Schlesinger (1995) e Gatiboni et al. (2007). A extração sequencial foi com resina trocadora de ânions (0,5 g de solo + 10 mL de H₂O + resina); 10 mL de NaHCO₃ (0,5 mol L⁻¹); 10 mL de NaOH (0,1 mol L⁻¹); 10 mL de HCl (1 mol L⁻¹); 10 mL de NaOH (0,5 mol L⁻¹) e digestão residual com H₂O₂ concentrado + H₂SO₄. O fósforo nos extratos ácidos foram determinados

através do método de Murphy e Riley (1962) e nos extratos alcalinos foram determinados através do método de Dick e Tabatabai (1977).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância através do teste F ($P < 0,05$), e quando significativos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fósforo no solo pelo método da resina trocadora de ânions

Os efeitos da adubação fosfatada e da utilização de substâncias húmicas nos teores de P extraído pela resina trocadora de íons podem ser observados na Tabela 3. Houve efeito significativo das fontes de P e SH em todas as coletas, assim como a interação entre esses fatores também foi significativa para todas as coletas.

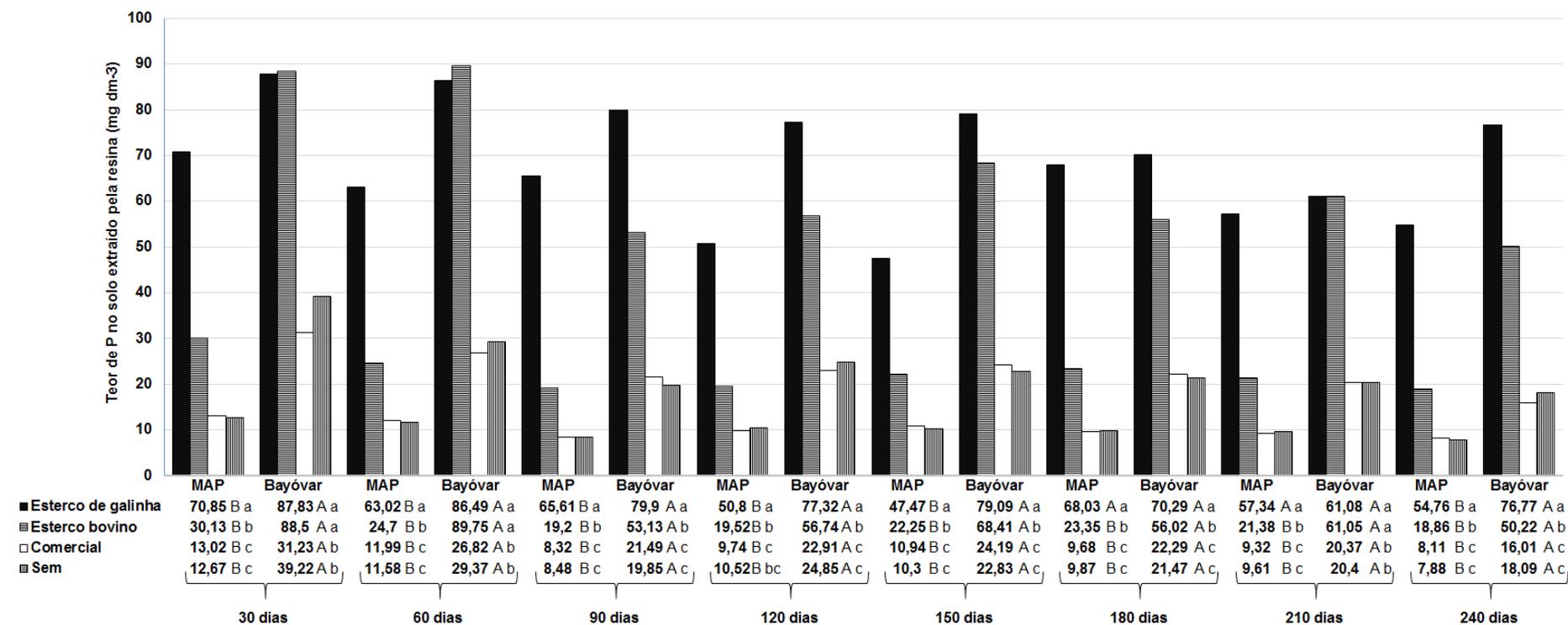
Tabela 3 - Teor de fósforo resina no solo ao longo do tempo de condução da pesquisa. Alta Floresta - MT, 2019.

Tratamento	Dias após a adubação							
	30	60	90	120	150	180	210	240
-----mg dm ⁻³ -----								
Fonte de P								
MAP	31,6	27,8	25,4	22,6	22,6	27,7	24,4	22,4
Bayóvar	61,7	58,1	43,5	45,4	48,6	42,5	40,7	40,2
Fonte de SH								
Esterco de galinha	79,3	74,7	72,7	64,0	63,1	69,1	59,2	65,7
Esterco bovino	59,3	57,2	36,1	38,1	45,3	39,6	41,2	34,5
Comercial	22,1	19,4	14,9	16,3	17,5	15,9	14,8	12,0
Sem	25,9	20,4	14,1	17,6	15,5	15,6	15,0	12,9
Teste F								
Fonte de P	363,0**	744,9**	89,0**	168,3**	557,3**	66,6**	215,9**	241,0**
SH	303,1**	615,8**	203,0**	161,6**	424,5**	195,4**	380,6**	479,1**
PxSH	37,7**	111,7**	7,5**	10,4**	54,1**	12,4**	51,5**	22,4**
CV (%)	9,5	7,3	15,8	14,6	8,7	14,5	9,6	10,3

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Na primeira, segunda e terceira coleta de solo (30, 60 e 90 dias), para todas as fontes de SH o fosfato de Bayóvar proporcionou maior teor de P no solo, isso ocorreu pois ao calcular a dose de P considerou-se apenas o fósforo solúvel, e como o Bayóvar apresenta 30% de P total, houve uma maior solubilização deste. Para ambas fontes de P o esterco de galinha proporcionou maior teor de P no solo, sendo que não diferiu do esterco bovino associado ao Bayóvar aos 30 e 60 dias (Figura 1).

Figura 1 - Teor de fósforo resina no solo (mg dm^{-3}) ao longo do tempo em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.



Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna (SH) e maiúscula na linha (Fontes de P), não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Segundo Soltangheisi et al. (2019), quando as fontes de P utilizadas são altamente solúveis em água e são aplicadas aos solos fixadores de P apenas de 10 a 30% do P são absorvidas pelas plantas no primeiro ano de aplicação e o restante é absorvido pelas partículas do solo, tornando-se menos disponível para a absorção, o que pode ter contribuído para menor disponibilização do MAP em relação ao Bayóvar.

No quarto e quinto mês após a aplicação dos tratamentos (120 e 150 dias) os teores de P são superiores com a utilização do esterco de galinha nas duas fontes, e o Bayóvar proporcionou maior disponibilidade de P em todas as fontes de SH (Figura 1).

Na sexta, sétima e oitava coleta (180, 210 e 240 dias) somente para a fonte de SH esterco de galinha não ocorreu diferença entre as fontes de P, e essa fonte de SH (esterco de galinha) foi superior as demais nas duas fontes de P, não diferindo do esterco bovino apenas na sétima coleta no Bayóvar (Figura 1).

Os teores de fósforo resina no solo com a utilização do MAP sem SH e com a fonte comercial são classificados como médio (9 a 14 mg dm⁻³) em todas as coletas. O MAP+esterco bovino na terceira, quarta e oitava coleta, o Bayóvar sem SH na terceira e oitava coleta, e Bayóvar+Comercial na oitava coleta resultaram em teores adequados (15 a 20 mg dm⁻³). Já com ambas as fontes de P e com a utilização do esterco de galinha os teores foram altos (> 20 mg dm⁻³) (SOUSA; LOBATO, 2004). Esse efeito pode ter ocorrido devido ao teor de P dos compostos orgânicos que com a mineralização foram disponibilizando o nutriente.

Os resultados obtidos no presente trabalho se devem ao fato de que ao longo do tempo os fosfatos solúveis têm sua eficiência diminuída devido ao processo de "adsorção" ou "fixação" de P. Já os fosfatos naturais, que são insolúveis em água, se dissolvem lentamente na solução do solo e tendem a aumentar a disponibilidade do P para as plantas com o tempo (KORNDÖRFER et al., 1999).

Os maiores teores de fósforo no solo com a aplicação do fosfato de Bayóvar se deve ao fato de ter considerado o P solúvel para calcular a dose, e como este apresenta 30% de P total, ou seja, o dobro da quantidade solúvel, aplicou-se maior quantidade de P nos tratamentos com essa fonte.

4.2 Frações de fósforo no solo

Os efeitos da adubação fosfatada e da utilização de substâncias húmicas nas frações de P no solo podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 - Frações de P inorgânico extraído em resina trocadora de ânions (P_{IRTA}), de P inorgânico e orgânico extraído em NaHCO_3 (P_{ibic} e P_{obic}), P inorgânico e orgânico extraído em NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (P_{ihid} e P_{ohid}), de P inorgânico e orgânico extraído em NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ($P_{ihid0,5}$ e $P_{ohid0,5}$), P inorgânico extraído em HCl (P_{iHCl}), de P residual extraído via digestão com $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ ($P_{residual}$) e P total em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.

Tratamento	Frações de P									
	P_{IRTA}	P_{ibic}	P_{obic}	P_{ihid}	P_{ohid}	P_{iHCl}	$P_{ihid0,5}$	$P_{ohid0,5}$	$P_{residual}$	P_{total}
-----mg dm ⁻³ -----										
Fonte de P										
MAP	4,48	3,27	57,47	41,97	285,46	4,19	37,90	270,84	451,35 a	1156,94
Bayóvar	9,64	5,46	85,71	56,16	272,78	10,09	44,51	366,45	432,19 b	1282,99
Fonte de SH										
Esterco de galinha	13,26	8,45	99,72	65,52	320,66	14,47	55,42	431,78	448,38 ab	1457,10
Esterco bovino	11,12	7,06	90,65	59,24	333,48	5,96	43,38	327,33	462,25 a	1340,46
Comercial	1,97	0,60	47,88	35,67	222,51	4,32	32,56	257,22	419,38 b	1022,10
Sem	1,89	1,35	48,11	35,84	239,82	3,83	33,48	258,25	437,09 ab	1059,64
Teste F										
Fonte de P	567,66**	212,96**	124,29**	217,72**	1,79 ^{NS}	345,27**	7,39*	63,67**	5,31*	37,53**
SH	765,07**	702,40**	117,81**	262,60**	34,87**	245,01**	19,21**	47,12**	4,76**	106,97**
PxSH	175,99**	139,23**	7,16**	10,76**	23,78**	47,60**	6,15**	9,12**	1,21 ^{NS}	4,44*
CV (%)	8,67	9,70	10,01	5,54	9,62	12,57	16,70	10,64	5,32	4,77

** , * e NS: significativo a 1%, 5% de probabilidade e não significativo respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

A utilização do esterco bovino proporcionou maior teor na fração de P_{iRTA} em ambas as fontes de P. O fosfato de Bayóvar proporcionou maiores teores de fósforo independente da fonte de SH (Tabela 5).

O fosfato de Bayóvar proporcionou maior teor de $P_{i_{bic}}$ no solo quando aliado ao esterco bovino, já quando a fonte foi o MAP o maior teor de $P_{i_{bic}}$ no solo foi observado no esterco de galinha. Em relação a fonte de P dentro de SH nos estercos de galinha e bovino ocorreu diferença entre as fontes, com melhor resposta para o Bayóvar e para SH comercial e sem SH não ocorreu diferença entre as fontes de P para $P_{i_{bic}}$ no solo (Tabela 5).

O $P_{o_{bic}}$ apresenta a maior contribuição para a fração lábil, sendo para todas as fontes de SH a utilização do fosfato de Bayóvar proporcionou maiores teores de P, não havendo diferença entre os estercos de galinha e bovino, e ao utilizar o MAP o melhor resultado foi alcançado com o esterco de galinha (Tabela 5). Gatiboni et al. (2017) também encontraram maiores valores nessa fração, sendo que os valores foram aproximadamente dez vezes maiores que os do $P_{i_{bic}}$, indicando que as formas lábeis de P nesses solos são armazenadas principalmente em formas orgânicas. Isso evidencia que em solos com deficiência de P, as frações orgânicas desempenham papel fundamental no ciclo P e na nutrição das plantas.

Independentemente da fonte de SH a utilização do fosfato de Bayóvar apresentou maiores teores de $P_{i_{hid}}$ em relação ao MAP. Com o uso do Bayóvar não ocorreu diferença entre os estercos de galinha e bovino sendo os mesmos superiores as demais fontes de SH. Para o MAP o esterco de galinha foi superior as demais fontes de SH proporcionando maior teor de $P_{i_{hid}}$ (Tabela 5). Nessa fração de P encontram-se as formas de P consideradas de baixa disponibilidade para as plantas, associadas a fosfatos amorfos e cristalinos de Fe e Al (SOUZA et al., 2007).

Tabela 5 - Frações de P inorgânico extraído em resina trocadora de ânions (P_{IRTA}), de P inorgânico e orgânico extraído em NaHCO₃ (P_{ibic} e P_{obic}), P inorgânico e orgânico extraído em NaOH 0,1 mol L⁻¹ (P_{ihid} e P_{ohid}), de P inorgânico e orgânico extraído em NaOH 0,5 mol L⁻¹ (P_{ihid0,5} e P_{ohid0,5}), P inorgânico extraído em HCl (P_{iHCl}), de P residual extraído via digestão com H₂SO₄ + H₂O₂ (P_{residual}) e P total em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Alta Floresta – MT, 2019.

Fração de P	Tratamento							
	MAP + Esterco de galinha	MAP + Esterco bovino	MAP + Composto comercial	MAP - Sem composto	Bayóvar + Esterco de galinha	Bayóvar + Esterco bovino	Bayóvar + Composto comercial	Bayóvar - Sem composto
P _{IRTA}	12,06 B a	4,23 B b	0,9 B c	0,73 B c	14,46 A b	18,00 A a	3,04 A c	3,05 A c
P _{ibic}	7,27 B a	3,5 B b	0,49 A d	1,61 A c	9,63 A b	10,6 A a	0,71 A c	1,09 A c
P _{obic}	91,41 B a	66,74 B b	35,38 B c	36,34 B c	108,02 A a	114,6 A a	60,38 A b	59,87 A b
P _{ihid}	62,54 B a	48,63 B b	28,70 B c	28,01 B c	68,49 A a	69,85 A a	42,64 A b	43,66 A b
P _{ohid}	369,21 A a	377,75 A a	189,65 B b	205,24 B b	272,11 B a	289,22 B a	255,38 A a	274,40 A a
P _{iHCl}	8,99 B a	1,88 B b	3,29 B b	2,62 B b	19,95 A a	10,04 A b	5,34 A c	5,04 A c
P _{ihid0,5}	47,43 B a	34,99 B ab	36,76 A ab	32,43 A b	63,40 A a	51,76 A a	28,36 A b	34,54 A b
P _{ohid0,5}	390,85 B a	227,15 B b	224,91 B b	240,44 A b	472,85 A a	427,52 A a	289,52 A b	276,07 A b
P _{residual}	458,90	463,50	423,90	459,10	437,90	461,00	414,80	415,10
P _{total}	1448,63 A a	1228,40 B b	944,22 B c	1006,50 B c	1466,68 A a	1452,52 A a	1099,98 A b	1112,79 A b

Letras minúsculas comparam o efeito do SH dentro de fonte de P, e letras maiúsculas comparam o efeito da fonte de P dentro de cada SH. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

O maior teor de P_{iHCl} para as duas fontes de P foi verificado com a fonte de SH esterco de galinha. Em relação a fontes de P dentro das fontes de SH, destacou-se em todas as fontes o Bayóvar, que foi superior ao MAP (Tabela 5), isso pode ter ocorrido devido ter se aplicado o dobro de P ao utilizar o fosfato natural (SILVA et al., 2017).

A fração P_{iHCl} está relacionada com as formas de P ligado a Ca (HEDLEY et al., 1982), apesar do teor de Ca no solo do presente estudo encontrar-se na faixa adequada, os solos altamente intemperizados em geral apresentam baixos teores de Ca, o que favorece a formação de compostos de P ligado a Fe e Al, refletindo em participação pouco expressiva dessa fração no compartimento de P inorgânico do solo (SANTOS et al., 2008).

A utilização das fontes de SH esterco de galinha e bovino proporcionaram maior teor de P_{ohid} ao utilizar o MAP, não havendo diferença entre os esterco. Para o fosfato de Bayóvar não houve diferença entre as fontes de SH (Tabela 5). Comportamento semelhante foram observados por Oliveira et al. (2014) ao estudar o efeito de fontes de P em diferentes solos sob pastagem natural, onde o ARGISSOLO VERMELHO apresentou maior teor de P orgânico (96 g kg^{-1}) extraído em $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ao receber a aplicação do superfosfato triplo (SFT) e teor menor (89 g kg^{-1}) ao ser adubado com o hiperfosfato de Gafsa. Para os esterco de galinha e bovino os maiores teores de P_{ohid} foi obtido ao utilizar o MAP e o contrário foi verificado com o uso SH comercial e sem SH o Bayóvar proporcionou maiores teores. Esse fato pode estar relacionado ao potencial de solubilização das SH.

Caione et al. (2015) observaram que o P extraído com $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ representava 11% do P total quando aplicou-se o superfosfato triplo, 4% com o Araxá e 8% com o Bayóvar e sem aplicação de P, e na presente pesquisa o P extraído em $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ representou 28,3 % e 25,64% do P total quando utilizou-se o MAP e o Bayóvar, respectivamente, essa diferença pode ser em decorrência das características do próprio solo, da dose de fósforo, da exportação de P pelas culturas e pelo tempo decorrido entre a aplicação dos tratamentos e a análise.

A fração de $P_{hid0,5}$ foi afetada significativamente com a utilização do fosfato de Bayóvar, sendo superiores com a utilização dos esterco de galinha e

bovino. Para o MAP o contrário novamente foi verificado, onde as SH comercial e sem SH foram superiores. Dentro do MAP apenas ocorreu diferença entre o esterco de galinha e sem SH, com maiores teores de $P_{hid0,5}$ no esterco. Em relação ao Bayóvar os dois estercos (galinha e bovino) foram superiores a fonte SH comercial e sem SH (Tabela 5).

As maiores contribuições para a fração moderadamente lábil estão no $P_{hid0,5}$, sendo que a utilização do fosfato natural não apresentou resultados superiores ao MAP somente quando não ocorreu o uso de SH. Para as duas fontes de P o maior teor de $P_{hid0,5}$ foi verificado para o esterco de galinha, sendo que este não diferiu do esterco bovino com uso do Bayóvar (Tabela 5).

A maior parte do P no solo encontra-se na fração residual, resultado semelhante foram encontrados por Gonçalves e Meurer (2009) onde independentemente da classe de solo cultivado com arroz o maior teor encontrava-se nessa fração.

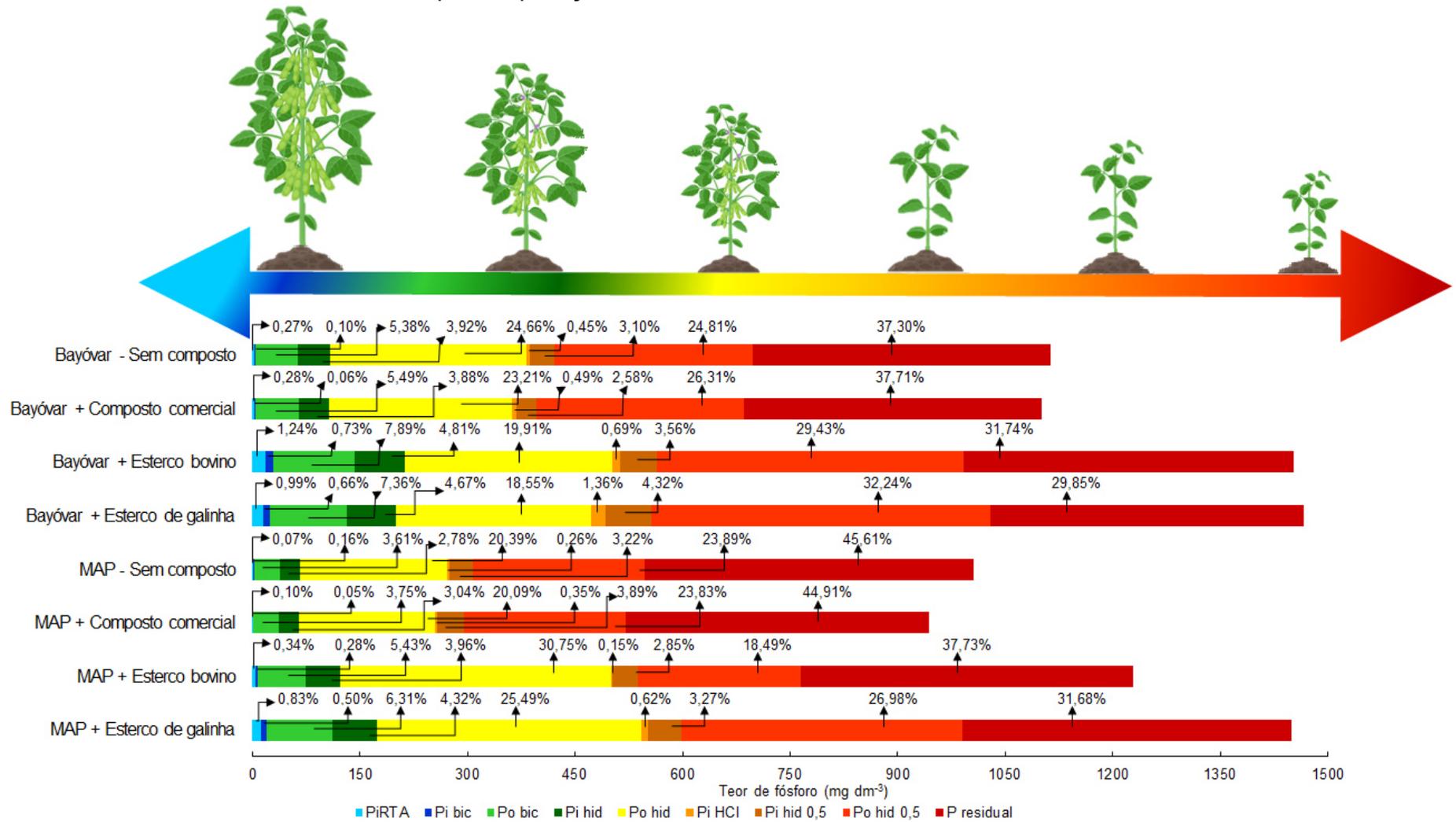
Segundo Gatiboni (2003) o suprimento de fósforo para as plantas é sustentado por formas inorgânicas lábeis e, à medida que elas diminuem, outras formas inorgânicas de menor labilidade passam a suprir a demanda, inclusive o fósforo residual, e as formas orgânicas somente são relevantes quando a disponibilidade das inorgânicas é muito baixa.

Observando a dinâmica do fósforo no solo em função da aplicação dos adubos fosfatados e da aplicação das fontes de substâncias húmicas é possível constatar que a utilização do fosfato natural reativo de Bayóvar associada aos esterco de galinha e bovino e o MAP associado ao esterco de galinha proporcionaram maior teor de fósforo total, sendo que as frações P_{IRTA} e P_{bic} apresentaram maiores teores nesses tratamentos (Figura 2).

A utilização do MAP sem substância húmica (SH) e com a utilização do produto comercial apresentaram os menores teores de P total (Figura 2).

É possível visualizar a importância da utilização de compostos orgânicos como os esterco bovino e de galinha para aumentar as frações lábeis que são as principais fornecedoras de fósforo às plantas (GATIBONI et al., 2007).

Figura 2 – Representação das frações de fósforo do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico em função da utilização de fontes de P e de substâncias húmicas aos 270 dias após a aplicação dos tratamentos. Alta Floresta – MT, 2019.



Quando as frações lábeis e moderadamente lábeis são muito baixas e as frações não lábeis são às maiores contribuintes para o P total as plantas terão problemas para se desenvolver, pois dificilmente conseguirão acessar essa fração para absorver o nutriente, daí a importância de se manter bons teores de P nas frações que são passíveis de contribuir na nutrição da planta.

4.3 Teores de fósforo na planta

Os efeitos da adubação fosfatada e da utilização de substâncias húmicas nos teores de P nos grãos de soja e foliares da *Urochloa ruziziensis* podem ser observados na Tabela 6. Houve efeito significativo das fontes de P e SH para todas as variáveis e a interação entre os fatores foi verificada nos 2º, 3º e 4º cortes.

Tabela 6 – Teor de fósforo nos grãos de soja e foliar de *Urochloa ruziziensis* em quatro cortes em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta - MT, 2019.

Tratamentos	Soja Grãos	<i>Urochloa ruziziensis</i>			
		1º Corte	2º Corte	3º Corte	4º Corte
-----g kg ⁻¹ -----					
Fonte de P					
MAP	7,14 b	1,45 b	1,56	1,63	1,11
Bayóvar	7,73 a	1,81 a	2,19	2,21	1,67
Fonte de SH					
Esterco de galinha	8,01 a	2,03 a	2,38	2,62	1,97
Esterco bovino	7,68 ab	1,74 a	2,11	2,18	1,60
Comercial	6,67 c	1,35 b	1,47	1,31	1,02
Sem	7,38 b	1,41 b	1,55	1,57	0,97
Teste F					
Fonte de P	20,56**	21,74**	67,76**	55,02**	144,30**
Fonte de SH	19,32**	16,56**	33,01**	57,32**	108,72**
PxSH	2,12 ^{ns}	0,56 ^{ns}	3,44*	5,05**	3,47*
CV (%)	4,94	13,53	11,53	11,54	9,43

** , * e NS: significativo a 1%, 5% de probabilidade e não significativo respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

O Bayóvar proporcionou maior teor de P nos grãos de soja e no teor foliar da forrageira no 1º corte. O esterco de galinha como fonte de SH proporcionou maiores teores foliares de P nos grãos de soja e no tecido foliar da forrageira no 1º corte. A quantidade de fósforo contida nos grãos de soja estão dentro da faixa adequada em todos os tratamentos, pois segundo Sousa e Lobato (2004) espera-se encontrar de 5 a 8 g de P por kg de grão produzido. Em relação à forrageira, recomenda-se que o conteúdo foliar de P esteja na faixa de 0,8 a 3,0

g kg⁻¹, estando assim todos os valores considerados como ideais (SOUSA; LOBATO, 2004).

No segundo e no terceiro corte da forrageira, a interação entre as fontes de P e SH resultou em maior teor de fósforo em ambas as fontes de P quando associadas ao esterco de galinha, sendo que quando utilizou-se o Bayóvar não houve diferença entre os esterco de galinha e bovino. Somente quando a fonte de SH foi o esterco de galinha não ocorreu diferença entre as fontes de P e para as demais fontes de SH o Bayóvar proporcionou maiores teores de P (Tabela 7).

Tabela 7 - Teor de fósforo de *Urochloa ruzizensis* no segundo e terceiro corte em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.

Segundo corte		
Fonte de Substâncias húmicas	Fonte de P	
	MAP	Bayóvar
	g kg ⁻¹	
Esterco de galinha	2,26 A a	2,50 A a
Esterco bovino	1,65 B b	2,56 A a
Comercial	1,14 B c	1,80 A b
Sem	1,19 B c	1,91 A b
Terceiro corte		
Fonte de Substâncias húmicas	Fonte de P	
	MAP	Bayóvar
	g kg ⁻¹	
Esterco de galinha	2,59 A a	2,65 A a
Esterco bovino	1,77 B b	2,59 A a
Comercial	0,95 B c	1,66 A b
Sem	1,20 B c	1,95 A b

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade de erro.

No quarto corte (Tabela 8), os teores de fósforo foliares da *ruzizensis* na interação entre as fontes de P e SH resultaram em maiores teores com a utilização do Bayóvar para todas as fontes de SH.

Tabela 8 - Teor de fósforo de *Urochloa ruzizensis* no quarto corte em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.

Fonte de Substâncias húmicas	Fonte de P	
	MAP	Bayóvar
	g kg ⁻¹	
Esterco de galinha	1,82 B a	2,13 A a
Esterco bovino	1,25 B b	1,95 A a
Comercial	0,70 B c	1,34 A b
Sem	0,68 B c	1,25 A b

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade de erro.

Para ambas as fontes de P a utilização do esterco de galinha resultou em maior teor, não diferindo significativamente do esterco bovino quando utilizado em conjunto com o fosfato natural Bayóvar (Tabela 8).

Os teores foliares de P da *U. ruziziensis* encontram-se dentro da faixa considerada adequada para o gênero (0,8 à 3,0 g kg⁻¹) (SOUSA; LOBATO, 2004). Apenas no quarto corte que ao utilizar apenas o MAP e com a fonte comercial de SH que esses teores ficaram abaixo do ideal, o que pode ser efeito da diminuição do P disponível no solo.

4.4 Variáveis Agronômicas

Os efeitos da adubação fosfatada e da utilização de substâncias húmicas nas variáveis agronômicas da soja podem ser observados na Tabela 9. As fontes de P influenciaram significativamente às variáveis analisadas, exceto no número de ramos. As fontes de substâncias húmicas apresentaram efeito significativo para todas as variáveis, e houve interação significativa entre fontes de P e SH apenas na altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta e produção por planta.

Tabela 9 – Altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), Diâmetro do caule (DC), número de ramos (NR), número de vagens por planta (NVP), e massa de 100 grãos (M100) e produção da soja (*Glycine max*) em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta - MT, 2019.

Tratamentos	AP (cm)	AIPV (cm)	DC (mm)	NR	NVP	M 100 (g)	Produção g planta ⁻¹
Fonte de P							
MAP	65,9 b	19,8	6,9 b	6,8 a	23,2	18,7 b	9,72
Bayóvar	72,6 a	23,3	7,3 a	6,8 a	28,6	20,8 a	9,91
Fonte de SH							
Esterco de galinha	80,7 a	23,6	7,1 b	6,2 b	24,5	19,9 b	9,68
Esterco bovino	75,3 a	22,5	7,5 b	5,7 b	24,5	18,6 bc	9,89
Comercial	60,1 b	19,4	8,9 a	10,3 a	40,8	14,8 c	12,50
Sem	61,0 b	20,6	4,9 c	5,1 b	13,8	25,8 a	7,20
Teste F							
Fontes de P	13,5**	22,2**	5,9*	0,0 ^{NS}	15,3**	4,6*	0,28 ^{NS}
Fonte de SH	31,7**	6,3**	140,2**	54,3**	65,9**	20,9**	34,37**
PxSH	1,1 ^{NS}	3,6*	2,5 ^{NS}	0,7 ^{NS}	3,9*	1,2 ^{NS}	3,47*
CV (%)	7,5	9,7	5,4	13,3	14,9	14,1	10,64

** , * e NS: significativo a 1%, 5% de probabilidade e não significativo respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de mesma letras, em cada coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

As variáveis com efeito significativo em relação a fontes de P,

apresentaram melhor desempenho quando se utilizou o Bayóvar. Em relação à SH, os esterco de galinha e bovino proporcionaram maior altura de planta. Já a fonte comercial proporcionou melhores resultados nas variáveis diâmetro do caule, número de ramos, porém produziu grãos mais leves (Tabela 9).

Segundo Costa (2017) ao haver incremento na altura de planta, também haverá incremento em produtividade em virtude de que quanto maior for sua altura, maior a quantidade de entrenós, proporcionando emissão de uma quantidade maior de legumes, porém isso não ocorreu na presente pesquisa, pois as plantas mais baixas ramificaram mais e produziram mais vagens, fato ocasionado pela não competição por espaço no presente cultivo realizado em vasos, o que modifica o comportamento das plantas em relação ao cultivo convencional.

A massa de 100 grãos foi maior quando utilizou-se como fonte de P o fosfato de Bayóvar, e foi superior quando sem a aplicação de fonte de SH (Tabela 9), isso ocorreu devido a menor produção de grãos desses tratamentos, o que resultou em grãos mais pesados, os demais tratamentos produziram um maior número de grãos, porém estes foram mais leves.

A utilização do MAP e do esterco de galinha proporcionaram maior altura de inserção da primeira vagem, porém não diferiu do tratamento sem a fonte de SH. Quando a fonte foi o Bayóvar não houve diferença entre as fontes de SH. Com o uso do esterco de galinha e sem SH não foi verificada diferença entre as fontes, no entanto com o uso de esterco bovino e Comercial o Bayóvar produziu maiores AIPV demonstrando que o uso de determinadas substâncias húmicas podem favorecer fontes de P de menor solubilidade (Tabela 10).

Tabela 10 – Altura de inserção da primeira vagem da soja (*Glycine max*) em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.

Fonte de Substâncias húmicas	Fontes de Fósforo	
	MAP	Bayóvar
	cm	
Esterco de galinha	23,50 A a	23,75 A a
Esterco bovino	19,25 B b	25,75 A a
Comercial	16,88 B b	22,00 A a
Sem	19,63 A ab	21,75 A a

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade de erro.

O maior número de vagens por planta alcançado em ambas as fontes de P (Tabela 11), foi com a utilização do produto comercial. Somente com o uso da SH comercial ocorreu diferença entre as fontes, onde o Bayóvar foi superior e proporcionou maior NVP. Isso pode ter ocorrido devido ao teor de nitrogênio presente no produto, que pode ter colaborado na nutrição das plantas.

Tabela 11 – Número de vagens por planta da soja (*Glycine max*) em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.

Fonte de Substâncias húmicas	Fontes de Fósforo	
	MAP	Bayóvar
Esterco de galinha	22,75 A b	26,25 A b
Esterco bovino	21,25 A bc	27,75 A b
Comercial	34,75 B a	47,00 A a
Sem	13,50 A c	14,25 A c

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade de erro.

A maior produção da soja em ambas as fontes de P foi alcançada com a utilização da fonte de SH comercial, sendo que ao utilizar o fosfato de Bayóvar não diferenciou do esterco de galinha (Tabela 12).

Tabela 12 - Produção da soja (*Glycine max*) em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.

Fonte de Substâncias húmicas	Fontes de Fósforo	
	MAP	Bayóvar
	g planta ⁻¹	
Esterco de aves	10,23 A b	9,13 A bc
Esterco bovino	8,84 B bc	10,94 A ab
Comercial	12,69 A a	12,31 A a
Sem	7,12 A c	7,29 A c

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade de erro.

Os efeitos da adubação fosfatada e da utilização de substâncias húmicas no número de perfilhos da *U. ruziziensis* nos quatro cortes podem ser observados na Tabela 13.

Tabela 13 - Número de perfilhos de *Urochloa ruziziensis* em quatro cortes em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta - MT, 2019.

Tratamentos	1º Corte	2º Corte	3º Corte	4º Corte
Fonte de P				
MAP	21,75	37,56	51,87	56,50
Bayóvar	22,25	38,81	55,31	61,13
Fonte de SH				
Esterco de galinha	23,50	41,37	61,37 a	62,88 ab
Esterco bovino	22,25	39,00	57,62 ab	65,75 a
Comercial	22,00	37,37	47,37 b	56,63 ab
Sem	20,25	35,00	48,00 b	50,00 b
Teste F				
Fontes de P	0,227 ^{NS}	0,357 ^{NS}	1,344 ^{NS}	1,82 ^{NS}
Fonte de SH	1,630 ^{NS}	1,646 ^{NS}	5,564*	4,18*
PxSH	3,716*	1,138 ^{NS}	0,933 ^{NS}	1,30 ^{NS}
CV (%)	13,48	15,51	15,65	16,47

* e NS: significativo a 5% de probabilidade e não significativo respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de mesma letras, em cada coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

As fontes de fósforo não influenciaram variável NP em nenhum dos cortes, sendo que resultados semelhantes foram observados por Cecato et al. (2008), onde ao estudarem o efeito das fontes termofosfato magnesiano Yoorin, fosfato natural de Gafsa, e dos formulados superfosfato simples (60%) e superfosfato triplo (40%) (SFS + SFT) observaram que a adubação não influenciou a área foliar do capim-Mombaça e a densidade populacional de perfilhos, entretanto a aplicação do adubo mais solúvel proporcionou perfilhos mais pesados.

Houve interação significativa entre os fatores fontes de P e substâncias húmicas para o número de perfilhos do primeiro corte (Tabela 13). Nos 3º e 4º corte ocorreu diferença entre as substâncias húmicas sendo que no 3º corte o esterco de galinha proporcionou maior NP, já no 4º corte o esterco bovino proporcionou maior NP, no entanto sendo superior somente em relação à sem SH.

No primeiro corte, analisando o desdobramento de fontes de fósforo e substâncias húmicas, nota-se (Tabela 14) que para as duas fontes de P não ocorreu diferença entre as substâncias húmicas. As fontes de P somente se diferenciaram na SH comercial, com maior número de perfilhos no MAP.

Tabela 14 – Número de perfilhos de *Urochloa ruziziensis* no primeiro corte em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta – MT, 2019.

Fonte de Substâncias húmicas	Fontes de Fósforo	
	MAP	Bayóvar
Esterco de galinha	24,50 A a	22,50 A a
Esterco bovino	23,75 A a	20,75 A a
Comercial	19,00 A a	25,00 B a
Sem	19,75 A a	20,75 A a

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade de erro.

As substâncias húmicas podem estimular o desenvolvimento de plantas, como observado no presente estudo, pois de acordo com Melo et al. (2015) os quais ao estudarem o efeito de duas fontes de ácidos húmicos (esterco bovino e cama de aviário) e cinco concentrações (0, 10, 20, 30 e 40 mmol L⁻¹ de C) das respectivas soluções, aplicadas via tratamento de sementes na cultura do milho, observaram incrementos significativos no crescimento e desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular, e acúmulo significativo dos nutrientes N e P com a aplicação de ácidos húmicos isolados de esterco bovino, sendo que o mesmo não ocorreu com a aplicação de ácidos húmicos isolados de cama de aviário.

Não houve interação e nem efeito isolado da adubação fosfatada e da utilização de SH na massa seca da *U. ruziziensis* nos quatro cortes (Tabela 15).

Tabela 15 - Massa seca de *Urochloa ruziziensis* em quatro cortes em função da utilização de fontes de fósforo e de substâncias húmicas. Alta Floresta - MT, 2019.

Tratamentos	1º Corte	2º Corte	3º Corte	4º Corte
	-----g vaso ⁻¹ -----			
Fonte de P				
MAP	25,43 a	26,78 a	25,55 a	30,23 a
Bayóvar	25,88 a	28,17 a	26,69 a	31,60 a
Fonte de SH				
Esterco de galinha	26,81 a	27,32 a	27,05 a	32,40 a
Esterco bovino	25,70 a	28,26 a	26,51 a	31,91 a
Comercial	24,00 a	27,06 a	25,70 a	28,99 a
Sem	26,12 a	27,26 a	25,22 a	30,37 a
Teste F				
Fontes de P	0,297 ^{NS}	1,146 ^{NS}	1,927 ^{NS}	0,78 ^{NS}
Fonte de SH	2,123 ^{NS}	0,169 ^{NS}	0,986 ^{NS}	0,98 ^{NS}
PxSH	1,328 ^{NS}	0,190 ^{NS}	0,707 ^{NS}	1,30 ^{NS}
CV (%)	9,06	13,39	8,91	14,28

NS: não significativo respectivamente pelo teste F. Médias seguidas de mesma letras, em cada coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

O MAP apresenta maior solubilidade que o fosfato de Bayóvar, mas como a adubação foi calculada com base no fósforo solúvel, pode-se justificar a não existência de diferença entre as fontes. Quando não se faz o cálculo com base no fósforo solúvel é comum verificar diferença entre as fontes, como no estudo de Carneiro et al. (2017) em que estes ao utilizarem diferentes fontes de fósforo, observaram que a fonte mais solúvel (Basifós) resultou em maior produção de massa seca da parte aérea do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça, pois ocorreu uma maior disponibilização do nutriente para as plantas promovendo dessa forma, maior produtividade à pastagem.

5. CONCLUSÕES

A utilização do fosfato de Bayóvar proporcionou maior desenvolvimento e teor de P nos grãos da cultura da soja e para a forrageira, maior teor de P foliar no primeiro corte.

Os esterco de galinha e bovino proporcionaram maior altura de plantas de soja, e maiores números de perfilhos no terceiro e quarto corte da *U. ruziziensis*.

A adubação fosfatada aliada às fontes de SH esterco bovino e de galinha resultaram em alterações significativas nos teores de P disponível ao longo dos meses, e alteraram todas as frações de fósforo do solo, com exceção do P_{residual}, efeito decorrente do maior aporte de P no solo proporcionado pela adição de fósforo presente nessas fontes.

Portanto, para as condições do presente trabalho, recomenda-se a adubação fosfatada utilizando o fosfato de Bayóvar associado ao esterco de galinha ou ao esterco bovino, pois estes proporcionaram maiores teores de fósforo lábil.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R.; EVANS, L. A.; MILHAM, P. J.; WILSON, M. A. Effects of humic material on the precipitation of calcium phosphate. **Geoderma**, Amsterdam, v. 118, n. 3-4, p. 245-260, 2004.

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. Resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 2, p. 129-134, 2005.

BASAMBA, T. A.; BARRIOS, E.; AMEZQUITA, E.; RAO, I. M.; SINGH, B. R. Tillage effects on maize yield in a Colombian savanna oxisol: Soil organic matter and P fractions. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 91, n. 1-2, p. 131-142, 2006.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7p. (Comunicado Técnico, 16).

BIDEGAIN, R. A.; KAEMMERER, M.; GUIRESSE, M.; HAFIDI, M.; REY, F.; MORARD, P.; REVEL, J. C. Effects of humic substances from composted or chemically decomposed poplar sawdust on mineral nutrition of ryegrass. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 134, n. 3, p. 259-267, 2000.

BUSATO, J. G.; CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X. Fósforo num Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. I: Fracionamento sequencial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 935-944, 2005.

CAIONE, G.; PRADO, R. M.; CAMPOS, C. N. S.; RODRIGUES, M.; PAVINATO, P. S.; AGOSTINHO, F. B. Phosphorus fractionation in soil cultivated with sugarcane fertilized by filter cake and phosphate sources. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Filadélfia, v. 46, n. 19, p. 2449-2459, 2015.

CAMPOS, S. A.; LANA, R. P.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, M. N.; TAVARES, V. B.; COELHO, S. P. Efeito do esterco de galinha poedeira na produção de milho e qualidade da silagem. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n.3, p. 274-281, 2017.

CARNEIRO, J. S. S.; SILVA, P. S. S., FREITAS, G. A., SANTOS, A. C.; SILVA, R. R. Resposta do gergelim à adubação com esterco bovino e doses de fósforo no Sul de Tocantins. **Scientia agraria**, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 41-48, 2016.

CARNEIRO, J. S. S.; SILVA, P. S. S.; SANTOS, A. C. M.; FREITAS, G. A.; SILVA, R. R. Resposta do capim mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na adubação de formação. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v. 4, n. 1, p. 12-25, 2017.

CATUCHI, T. A.; PERES, V. J. S.; BRESSAN, F. V.; ARANDA, E. A.; SILVA, A. P. L. Desempenho produtivo da cultura da soja em razão da aplicação ácido

húmico e fúlvico na semeadura e via foliar. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 12, n. Especial, p. 36-42, 2016.

CECATO, U.; SKROBO, V. D.; FAKIR, G. M.; JOBIM, C. C.; BRANCO, A. F.; GALBEIRO, S.; JANEIRO, V. Características morfogênicas do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com fontes de fósforo, sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1699-1706, 2007.

CECATO, U.; SKROBOT, V. D.; FAKIR, G. R.; BRANCO, A. F.; GALBEIRO, S.; GOMES, J. A. N. Perfilhamento e características estruturais do capim-Mombaça, adubado com fontes de fósforo, em pastejo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 1-7, 2008.

CERETTA, C. A.; LORENSINI, F.; GUSTAVO BRUNETTO, G. B.; GIROTTO, E., LUCIANO COLPO GATIBONI, L. C.; LOURENZI, C. R.; TIECHER, T. L.; CONTI, L.; TRENTIN, G.; MIOTTO, A. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 593-602, 2010.

CHEN, Y.; AVIAD, T. Effects of humic substances on plant growth. In: P. MacCarthy, CLAPP, C. E.; MALCOLM, R. L.; BLOOM, P. R. (ed.). **Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings**. Madison: Soil Science Society of America, 1990. p. 161-186.

CIMRIN, K. M.; YILMAZ, I. Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. **Acta Agriculturae Scandinavica - Section B-Soil & Plant Science**, Copenhagen, v. 55, n. 1, p. 58-63, 2005.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 4ª Aproximação. Lavras: CFSEMG, 1989. 159p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **CONAB**, Brasília, v. 7, n.3, p.1-109, 2019.

CONDRON, L. M.; GOH, K. M.; NEWMAN, R. H. Nature and distribution of soil phosphorus as revealed by a sequential extraction method followed by ³¹P nuclear magnetic resonance analysis. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 36, n. 2, p. 99-207, 1985.

COSTA, F. K. D. **Desempenho agrônômico da soja convencional cultivada com fertilizantes organomineral e mineral**. 2017. 34 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Produção Vegetal, Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2017.

CROSS, A. F.; SCHLESINGER, W. H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. **Geoderma**, Amsterdam, v. 64, n. 3-4, p. 197-214, 1995.

CUNHA, T. J. F.; BASSOI, L. H.; SIMÕES, M. L.; MARTIN-NETO, L.; PETRERE, V. G.; RIBEIRO, P. R. A. Ácidos Húmicos em solo fertirrigado no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, pp. 1583-1592, 2009.

DICK, W. A.; TABATABAI, M. A. Determination of Orthophosphate in Aqueous Solutions Containing Labile Organic and Inorganic Phosphorus Compounds. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 6, n. 1, p. 82-85, 1977.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, J. L.; VAZ, N. A.; VAZ, T. A.; SANTOS, J. D. Análise do Comportamento Sazonal da Soja de Janeiro de 2007 até janeiro de 2017. In: Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, 11, 2017, Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão: Universidade Estadual do Paraná, 2017.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; SALTON, J. C.; LOSS, A.; CUNHA, T. J. F. Fósforo remanescente e correlação com as substâncias húmicas em um Latossolo Vermelho sob diferentes sucessões de cultura em plantio direto. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v. 14, n. 1, p. 161-166, 2008.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Soybean performance as affected by desiccation time of *Urochloa ruziziensis* and grazing pressures. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 999-1005, 2014.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 2003. 247 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GATIBONI, L. C.; VARGAS, C. O.; ALBUQUERQUE, J. A.; ALMEIDA, J. A.; STAHL, J.; CHAVES, D. M.; BRUNETTO, G.; DALL'ORSOLETTA, D. J.; RAUBER, L. P. Phosphorus fractions in soil after successive crops of *Pinus taeda* L. without fertilization. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 7, p.1-8, 2017.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; FLORES, J.P.C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 691-699, 2007.

GATIBONI, L.C.; RHEINHEIMER, D. dos S.; FLORES, A.F.C.; ANGHINONI, I.; KAMINSKI, J.; LIMA, M.A.S. de. Phosphorus forms and availability assessed by ³¹P-NMR in successively cropped soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 36, n. 19, p. 2625-2640, 2005.

GONÇALVES, G. K.; MEURER, E. J. Frações de fósforo no solo e sua relação com a absorção pelas plantas de arroz irrigado por alagamento em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 357-362, 2009.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Piracicaba: Informações Agronômicas/POTAFOS, 2001. p.1-5.

HARGER, N.; BRITO, O. R.; RALISCH, R.; ORTIZ, F. R.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 39-44, 2007.

HEDLEY, M. J.; STEWART, J. W. B.; CHAUHAN, B. S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, n. 5, p. 970-976, 1982.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência agronômica de fosfatos naturais. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 665-682.

HUA, Q. X.; LI, J. Y.; ZHOU, J. M.; WANG, H. Y., DU, C. W.; CHEN, X.Q. Enhancement of phosphorus solubility by humic substances in ferrosols. **Pedosphere**, Nanjing, v. 18, n. 4, p. 533-538, 2008.

JINDO, K.; SOARES, T. S.; PERES, L. E. P.; AZEVEDO, I. G.; AGUIAR, N. O.; MAZZEI, P.; SPACCINI, R.; PICCOLO, A.; OLIVARES, F. L.; CANELLAS, L. P. Phosphorus speciation and high-affinity transporters are influenced by humic substances. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 179, n. 2, p. 206-214, 2016.

KORNDÖRFER, G. H.; LARA-CABEZAS, W. A.; HOROWITZ, N. Eficiência agronômica de fosfatos naturais reativos na cultura do milho. **Scientia agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 391-396, 1999.

LEITE, J. N. F.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; ANDRIOLI, I.; BRAOS, L. B. Frações orgânicas e inorgânicas do fósforo no solo influenciadas por plantas de cobertura e adubação nitrogenada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 51, n. 11, p. 1880-1889, 2016.

MAGALHÃES, I. D. P. B.; SEDIYAMA, M. A. N.; SILVA, F. D. B.; VIDIGAL, S. M.; PINTO, C. L. O.; LOPES, I. P. C. Produtividade e exportação de nutrientes em feijão-vagem adubado com esterco de galinha. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 1, p. 98-107, 2017.

MATIAS, G. C. S. **Eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados em solos com diferentes capacidades de adsorção de fósforo e teores de matéria orgânica**. 2010. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ciências, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2010.

MEHRIZI, M. H.; SARCHESHMEHPOUR, M.; EBRAHIMI, Z. The effects of some humic substances and vermicompost on phosphorus transformation rate and forms in a calcareous soil. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 15, n. 1, p. 249-260, 2015.

MELO, R. O.; BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Corn initial vigor in response to humic acids from bovine manure and poultry litter. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 1863-1874, 2015.

MENDONÇA, V. Z. D.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; YANO, É. H.; PEREIRA, B. L.; CEZAR, F. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 183-193, 2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos**. Brasília: MAPA/ SDA/CGAL, 2014. 220 p.

MURPHY, J.; RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 27, s/n, p. 31-36, 1962.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; SCHIAVON, M.; ERTANI, A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 73, n. 1, p. 18-23, 2016.

NEPOMUCENO, M. P.; VARELA, R. M.; ALVES, P. L. C. A.; MARTINS, J. V. F. Períodos de dessecação de *Urochloa ruziziensis* e seu reflexo na produtividade da soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 557-565, 2012.

NICCHIO, B.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; SANTOS, G. A. Avaliação da mistura de fosfatos acidulados, fosfatos naturais e fontes de enxofre na produção de cana-de-açúcar. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 8, n. 3, p. 69-91, 2019.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, O. P. R.; BANDEIRA, N. V. S.; SILVA, D. F.; SILVA, J.A.; PINHEIRO, S. M. G. Rendimento de maxixe em solo arenoso em função de doses de esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 11, p. 1130–1135, 2014.

OLIVEIRA, L. B.; TIECHER, T.; QUADROS, F. L. F.; TRINDADE, J. P. P.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D. R. Formas de fósforo no solo sob pastagens naturais submetidas à adição de fosfatos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 867-878, 2014.

PAVINATO, P. S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C. A. Organic compounds from plant extracts and their effect on soil phosphorus availability. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 10, p. 1379-1388, 2008.

PAVINATO, P.S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C.A. Phosphorus fractions in Brazilian Cerrado soils as affected by tillage. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 105, n. 1, p. 149-155, 2009.

PINTO, J. M.; GAVA, C. A. T.; LIMA, M. A. C.; SILVA, A. F.; RESENDE, G. M. Cultivo orgânico de meloeiro com aplicação de biofertilizantes e doses de substância húmica via fertirrigação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 4, p. 280-286, 2015.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 83-90, 2001.

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

REDDY, D. D.; RAO, A. S.; RUPA, T. R. Effects of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yields and soil organic phosphorus in a Vertisol. **Bioresource Technology**, Essex, v. 75, n. 2, p. 113-118, 2000.

RHEINHEIMER, D. D. S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E.; KAMINSKI, J.; GATIBONI, L. C. Dessorção de fósforo avaliada por extrações sucessivas em amostras de solo provenientes dos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1053-1059, 2003.

RIAHI, A.; HDIDER, C.; SANAA, M.; TARCHOUN, N.; BEN KHEDER, M.; GUEZAL, I. Effect of conventional and organic production systems on the yield and quality of field tomato cultivars grown in Tunisia. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 89, n. 13, p. 2275-2282, 2009.

ROCHA, F. J.; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B.; SANTOS JÚNIOR, J. L. C.; SILVA, N. F.; CUNHA, F. N. Avaliação da obstrução de tubos gotejadores devido à aplicação de turfa líquida. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 2, p. 57-67, 2015.

RÓS, A. B.; HIRATA, A. C. S.; NARITA, N. Produção de raízes de mandioca e propriedades química e física do solo em função de adubação com esterco de galinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 247-254, 2013.

ROSOLEM, C. A.; TAVARES, C. A. Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 385-389, 2006.

SANTOS, J. Z. L.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, Á. V.; CURI, N.; CARNEIRO, L. F.; ANDRADE, S. E. V. G. Frações de fósforo em solo adubado com fosfatos em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 705-714, 2008.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 123-131, 2007.

SCHONINGER, E. L.; GATIBONI, L. C.; ERNANI, P. R. Fertilização com fosfato natural e cinética de absorção de fósforo de soja e plantas de cobertura do cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 95-106, 2013.

SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Revisão ampliada. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, F. N. D.; FURTINI NETO, A. E.; CARNEIRO, L. F.; MAGALHÃES, C. A. D. S.; CARNEIRO, D. N. M. Crescimento e produção de grãos da soja sob diferentes doses e fontes de fósforo em solos distintos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1220-1227, 2009.

SILVA, R. G. D.; AVELAR, A. N.; RODRIGUES, S. L.; CERQUEIRA, R. C.; SMITH, P. A.; SOARES, W. D. Adequação do teor de carbono orgânico total no concentrado de fosfato Bayóvar por oxidação térmica em baixa temperatura e avaliação do desempenho na produção de ácido fosfórico em testes contínuos em planta piloto. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 332-339, 2017.

SOLTANGHEISI, A.; SANTOS, V. R.; FRANCO, H. C. J.; KOLLN, O.; VITTI, A. C.; DIAS, C. T. S.; HERRERA, W. F. B.; RODRIGUES, M.; SOARES, T. M.; WITHERS, P. J. A.; PAVINATO, P. S. Phosphate sources and filter cake amendment affecting sugarcane yield and soil phosphorus fractions. **Revista Brasileira De Ciência do Solo**, Viçosa, v. 43, n.1, p. 1- 17, 2019.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. Piracicaba: Potafos, 2003. 16 p.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. Ed., Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2004, 416 p.

SOUZA, F. M.; LIMA, E. C. S.; SÁ, F. V. S.; SOUTO, L. S.; ARAÚJO, J. E. S.; PAIVA, E. P. Doses de esterco de galinha e água disponível sob o desenvolvimento inicial do milho. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 5, p. 64-69, 2016.

SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T.; TORRES, P. R. F. Formas de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1535-1544, 2007.

TAKAHASHI, S.; ANWAR, M.R. Wheat grain yield, phosphorus uptake and soil phosphorus fraction after 23 years of annual fertilizer application to an Andosol. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.101, n.2, p.160-171, 2007.

TIECHER, T.; SANTOS, D. R.; KAMINSKI, J.; CALEGARI, A. Forms of inorganic phosphorus in soil under different long term soil tillage systems and winter crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 271-281, 2012.