

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

Fontes de fósforo na nutrição e na produtividade da cultura da soja

Ana Clara da Silva

**Jaboticabal SP
2º semestre/2022**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

Fontes de fósforo na nutrição e na produtividade da cultura da soja

Ana Clara da Silva

Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Coorientador: Dr. Jonas Pereira de Souza Júnior

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
– UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte
das exigências para a obtenção de título de
Engenharia Agrônômica.

Jaboticabal SP

2º semestre/2022

S586f Silva, Ana Clara da
Fontes de fósforo na nutrição e na produtividade da cultura da soja / Ana Clara da Silva. -- Jaboticabal, 2022
31 p. : fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Renato de Mello Prado
Coorientador: Jonas Pereira de Souza Júnior

1. Glycine max L. Merrill. 2. organomineral. 3. adubação mineral. 4. produtividade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(s).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CÂMPUS DE JABOTICABAL



DEPARTAMENTO: Ciência da Produção Agrícola

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO
TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: Fontes de fósforo na nutrição e na produtividade da cultura da soja

ACADÊMICO: Ana Clara da Silva

CURSO: Engenharia Agrônômica

ORIENTADOR: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

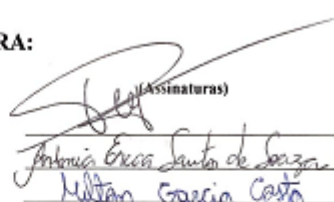
Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

(Nomes)

Presidente	Prof. Dr. Renato de Mello Prado
Membro	Antônia Erica Santos de Souza
Membro	Milton Garcia Costa

(Assinaturas)



Jaboticabal 02 / 08 / 2022

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 25 / 11 / 2022

Chefe do Departamento

Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho
Chefe do Depto. de Ciências da Produção Agrícola

FCAV/UNESP

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, Cláudia da Silva e Cláudio da Silva, exemplos de honestidade e dedicação e pela criação e ensinamentos. Que cada uma das minhas conquistas seja a realização de seus sonhos.

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito.”

Chico Xavier

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e competência em todos os desafios que a vida me propôs.

Agradeço principalmente aos meus pais, Cláudia e Cláudio, e aos meus irmãos Ana Carolina e Clássio Gabriel que sempre estiveram ao meu lado durante toda minha trajetória.

Agradeço as minhas amigas das Repúblicas As Coyotes e Ouro Fino, onde morei, por todo incentivo, ensinamentos e apoio.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Renato de Mello Prado, pela oportunidade de realizar esse experimento e pela orientação.

Agradeço ao meu coorientador, Dr. Jonas Pereira de Souza Júnior, por ter me orientado e acompanhado em cada etapa com muita atenção e paciência.

A todos os professores e funcionários da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias pelos aprendizados e dedicação.

Fontes de fósforo na nutrição e na produtividade da cultura da soja

RESUMO

A soja, como uma das culturas de maior importância econômica do país, requer avanços tecnológicos quanto a exigências nutricionais, principalmente quando se trata de fósforo (P), já que suas fontes minerais são finitas. Por isso, o P-organomineral tem se tornado uma alternativa de grande valia, visando maior eficiência e sustentabilidade. Com isso, o trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de suprimento de P de fontes de fertilizantes mineral e organomineral na nutrição e produção de grãos na cultura da soja. Para isso, foi desenvolvido experimento com plantas de soja em condição de campo na safra 2020/2021. O experimento foi delineado em Split-plot com dois tratamentos: P-mineral e P-organomineral, em dez repetições. Os adubos foram aplicados na quantidade de 173 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A adubação com P mineral incrementou a variável conteúdo de P, MSPA e MST no desenvolvimento inicial das plantas de soja (21 dias após o plantio). Por outro lado, o P fornecido na forma de organomineral, exerceu incremento a absorção de P pelas plantas, aumentando a concentração de P nas folhas e grãos, o conteúdo de P na planta, a massa seca da parte aérea, o número de vagens por planta, a massa de 100 grãos e a exportação de P, resultando em aumento da produtividade quando em comparação com a fonte mineral.

Palavras-chave: *Glycine max* L. Merrill, organomineral, adubação mineral, produtividade.

Sources of phosphorus in nutrition and productivity of soy

ABSTRACT

Soybean, as one of the most economically important crops in the country, requires technological advances in terms of nutritional requirements, especially when it comes to phosphorus (P), since its mineral sources are finite. Therefore, P-organomineral has become an alternative of great value, aiming at greater efficiency and sustainability. Thus, the objective of this work was to evaluate the efficiency of P supply from mineral and organomineral fertilizer sources in the nutrition and production of grains in the soybean crop. For this, an experiment was carried out with soybean plants in field conditions in the 2020/2021 harvest. The experiment was designed in Split-plot with two treatments: P-mineral and P-organomineral, in ten replications. Fertilizers were applied in the amount of 173 kg ha⁻¹ of P₂O₅. Fertilization with mineral P increased the variable content of P, MSPA and MST in the initial development of soybean plants (21 days after planting). , increasing the concentration of P in leaves and grains, the content of P in the plant, the dry mass of the aerial part, the number of pods per plant, the mass of 100 grains and the export of P, resulting in an increase in productivity when in compared to the mineral source.

Keywords: *Glycinemax* L. Merrill, organophosphate, mineral fertilizer, productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Concentração de P nas folhas (a), conteúdo de P nas folhas (b), índice de cor verde (c) comprimento de raiz (d), número de nódulos (e), massa seca da raiz (f), altura de plantas (g), massa seca da parte aérea (h) e massa seca total (i) de plantas de soja aos 21 dias após a semeadura. Letras diferentes representam diferença estatística à 5% de probabilidade estatística pelo teste de Tukey.

Figura 2. Índice de cor verde (a), florescência inicial (b), fluorescência máxima (c), fluorescência variável/ fluorescência máxima (d), altura da planta (e), diâmetro do coleto (f) de plantas de soja na florescência. Letras diferentes representam diferença estatística à 5% de probabilidade estatística pelo teste de Tukey.

Figura 3. Concentração de P nas folhas (a), concentração de P nos grãos (b), conteúdo de P nas folhas (c), massa seca da parte aérea (d), número de vagens por planta (e), massa seca de 100 grãos (f), produtividade (g), exportação de P (h) na maturação fisiológica. Letras diferentes representam diferença estatística à 5% de probabilidade estatística pelo teste de Tukey.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
a. Importância do fósforo para soja.....	14
b. Fontes minerais de fósforo.....	16
c. Fontes organominerais de fósforo.....	17
d. Nutrição e produtividade de lavouras de soja.....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
6. CONCLUSÃO.....	26

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é considerada uma das oleaginosas mais importantes do agronegócio mundial, sendo a mais cultivada e consumida em todo mundo (OLIVEIRA et al., 2017). Os grãos dessa cultura são fontes ricas em proteínas, o que justifica sua importância, pois faz parte da dieta de pessoas e fabricação de rações para animais, contem 17% de óleo e 50% de proteína e devido à falta de amido se torna uma fonte significativa de proteína para diabéticos (SOYBEAN, 2016).

A grande demanda da China por grãos justifica seu alto valor econômico, assim como sua espessa utilização na indústria química, farmacêutica e agroindustrial (OLIVEIRA et al., 2017).

No mundo existem 127,842 milhões de hectares plantados com soja (USDA, 2021), sendo que 38,502 milhões de hectares são no Brasil (CONAB, 2021). Que atualmente é o maior exportador mundial de soja, exportando 86,628 milhões de toneladas de soja em grão em 2021, conforme a Associação Nacional dos Exportadores de Cereais (ANEC, 2021).

Essa produção nacional abastece o mercado interno, atuando em setores como, indústria alimentícia, produção de óleo vegetal, biocombustíveis e dietas animais, além da exportação, que pode significar uma crescente oportunidade de negócios para o Brasil, o que pode destacar ainda mais o país no agronegócio (CONTINI et al., 2018).

Bevilaqua et al. (2002) dizem que os avanços tecnológicos quanto a exigências nutricionais da soja nos sistemas produtivos podem proporcionar um manejo mais eficiente da cultura, aumentando assim a produtividade. No

entanto, existe uma grande importância de uma adubação correta na cultura da soja que é enfatizada por pesquisas, tanto com relação à aplicação de macronutrientes, quanto de micronutrientes, trazendo incrementos significativos na produtividade de grãos (HARTER e BARROS, 2011).

O fósforo (P) apresenta relação direta com a produtividade da soja em decorrência do seu importante papel na participação nas membranas celulares, ácidos nucleicos e adenosina trifosfato (ATP), que é um composto armazenador de energia, utilizado na germinação, fotossíntese, absorção ativa dos nutrientes do solo e síntese de compostos orgânicos (TAIZ e ZIEGER, 2009).

Quando em deficiência, esse nutriente pode diminuir o rendimento das plantas, afetando a parte aérea e o sistema radicular, conseqüentemente a planta terá menor formação e baixa atividade dos nódulos fixadores de nitrogênio (N), além de comprometer a exploração do solo por água e nutrientes, isso fará com que ocorra uma diminuição da área foliar, que resultará em menor produção de flores e vagens (OLIVEIRA JÚNIOR; PROCHNOW; KLEPKER, 2011).

As reservas de fosfatos conhecidas são finitas e, no ritmo atual de exploração, as reservas de rocha fosfáticas conhecidas e exploráveis estarão dizimadas no período de 50 a 100 anos (VAZQUEZ et al., 2015). Em adição, em solos tropicais, os fenômenos de adsorção do P ocorrem inicialmente com alta velocidade, tendendo à estabilidade. À medida que diminui sua ligação covalente com os coloides, a energia de ligação é amplificada, tornando o P pouco disponível. Contudo, as reações de adsorção e precipitação e a imobilização microbiana são os fundamentais competidores com as plantas pelo P mineral aplicado (ZHU, LI e WHELAN, 2018).

Uma das maneiras de ampliar a eficiência da fertilização fosfatada é a utilização de silicatos que são ânions competidores com o fosfato pelos mesmos sítios de adsorção do solo, além de aplicações de calcário, sendo a escória de siderurgia (fonte de silicato) mais eficiente que o calcário (PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M., 2001). Existem também modos de aplicação de adubação fosfatada que melhoram a disponibilidade de P, sendo estas localizadas, de sulco simples ou de sulco duplo, onde a aplicação em sulco duplo é superior, diminuindo a adsorção de P e aumentando o contato do ânion com o sistema radicular das plantas (PRADO et al., 2001).

Mesmo respondendo de forma positiva na produção, os custos com fertilizantes minerais são elevados (CHAE et al., 2018) e, visando uma gestão mais eficiente e sustentável, os estudos de diferentes fontes de fertilizantes vem tornando promissora as fontes orgânicas (GUIMARÃES et al., 2018). Porém em áreas extensas, muitas vezes, fontes orgânicas não tem sido viável pelo reduzido teor de nutrientes. Com isso, tem-se usado juntamente aos fertilizantes minerais concentrados os fertilizantes orgânicos, resultando assim, nos fertilizantes organominerais (FOM) (CRUSCIOL et al., 2020).

Utilizando FOMs, o desenvolvimento inicial das culturas pode ser menor, por conta da liberação lenta de nutrientes e teores reduzidos de nitrogênio, fósforo e potássio comparado às fontes minerais (SONG, et al., 2017). Mas a longo prazo, com a melhoria da fertilidade do solo traz condições suficientes para um melhor desenvolvimento das raízes (SILVA et al., 2008).

Sendo assim, complementando as ideias dos autores do parágrafo acima, a disponibilidade gradativa de nutrientes pode ser vantajosa, pois como aumenta o teor de carbono orgânico do solo e reduz perdas no sistema solo-planta,

promove um acúmulo progressivo da fertilidade, sendo possível a diminuição na frequência e quantidade de aplicações se comparado a fontes minerais (WEN et al., 2019).

2. OBJETIVOS

A utilização de FOMs como alternativa para reduzir o uso de fertilizante mineral considerando sua entrada no sistema de produção de soja, precisa de melhores informações acerca da nutrição da cultura. Com isso, o trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de suprimento de P de fontes de fertilizantes mineral e organomineral na nutrição e a produção de grãos na cultura da soja.

3. REVISÃO DE LITERATURA

a. Importância do fósforo para soja

O fósforo (P) é um nutriente essencial para as plantas durante seu desenvolvimento, sendo absorvido na forma de íon e diretamente assimilado a compostos orgânicos. Apresenta uma mobilidade alta nas plantas, podendo se transferir de forma rápida dos tecidos velhos para regiões onde o meristema é ativo (RAIJ, 1991).

Devido a ser um elemento móvel na planta, quando em deficiência, os sintomas são presentes, de início, na parte mais velha (SOUSA, 2020). Ainda segundo o mesmo autor, o P não metabólico localizado no vacúolo é redirecionado para o ponto de crescimento da planta. Essa deficiência pode

ocasionar em plantas de soja folhas de coloração verde azulada, baixa inserção de vagens e baixa produtividade

O P entra em contato com a raiz através do processo de difusão, onde o íon se move na solução do solo, a favor do gradiente de concentração, ocorrendo em curtas distancias e com ponto máximo de acúmulo de fósforo aos 82 dias após emergência (DAE), a extração do macronutriente pela soja é relativamente lenta até os 52 DAE, equivalendo a 51% do total extraído (ARAÚJO, 2018).

Os modos de aplicação podem influenciar na eficiência da adubação, quando aplicado a lanço em área total remete a um incremento de maiores proporções na superfície, enquanto a adubação no sulco de plantio pode apresentar incrementos até a profundidade de 0,20 cm do local da aplicação e proximidades, e quando dividida a dose entre os dois métodos de forma associada, os teores do nutriente se tornam homogêneos na maioria dos pontos amostrados (TRES, 2017).

Para ser ideal, o fertilizante fosfatado deve ser capaz de suprir a demanda inicial da planta, mantendo uma velocidade de liberação ajustada a sua necessidade durante todo o ciclo, tendo assim, um menor custo de produção e sem gerar muitos resíduos (TELES, 2018).

O uso da adubação organomineral de forma contínua reduz a demanda por grandes volumes de adubação, fazendo com que seja necessário apenas adubações de manutenção, já que a presença de matéria orgânica nos fertilizantes estimula a proliferação de microrganismos que realizam a mineralização dos nutrientes, sendo assim disponíveis durante todo o ciclo da cultura (CASTANHEIRA, 2015).

b. Fontes minerais de fósforo

As fontes minerais de P mais usadas são o fosfato de monoamônio ou MAP, como geralmente é conhecido, constituído de 10% de N e 46 a 50% de P_2O_5 ; o fosfato diamônio ou DAP, que é composto por 16% de N e 38 a 40% de P_2O_5 ; o superfosfato simples ou super simples que contém 16 a 18% de P_2O_5 e 18 a 20% de Ca; o superfosfato triplo ou super triplo que contém 41% de P_2O_5 e 7 a 12% de Ca; e o termofosfato com 18% de P_2O_5 , 9% de Mg - Magnésio, 20% de Ca e 25% de SiO_4 (EMBRAPA, 2022).

O fósforo é o nutriente menos disponível em solos tropicais, sendo imobilizado pelo ferro (Fe) e pelo alumínio (Al) (EMBRAPA, 2022). Tendo uma eficiência de adubação fosfatada baixa pois a maior parte do P é imobilizado quando adicionado no solo, pelas reações de precipitação, adsorção e fixação em coloides minerais (PELUCO et al., 2015).

A forma encontrada na solução do solo depende do pH, podendo ocorrer das seguintes formas H_3PO_4 , $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} , quando em solos ácidos a forma é $H_2PO_4^-$, e quando o pH for em torno de 7, a forma é $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} (THOMAS, 1974). E em solos com pH menor que 5, ocorre fósforo no minerais que possuem Fe e Al, e essa variação de pH pode promover tanto a dissolução quanto a formação de outros compostos (PARFITT, 1978; FIXEN & LUDWICK, 1982).

Fontes minerais de P que proporcionam maior solubilidade, como o superfosfato triplo (TSP) e o termofosfato de magnésio (MTP), apresentam melhor desempenho em relação às fontes de menor solubilidade como o fosfato

de rocha (RP), pois estes últimos garantem a liberação gradual de P para a cultura (GALETTO et al., 2014).

c. Fontes organominerais de fósforo

Os fertilizantes organominerais derivam-se da mistura de materiais orgânicos com fertilizantes minerais, onde a parte orgânica envolve as partículas ou grânulos minerais, protegendo assim o P da fixação nos solos, o tornando disponível e aumentando a eficiência da adubação para as culturas (MARTINS, 2018).

Devido ao aumento da produção avícola no Brasil, a geração de cama de frango também tem aumentado e sua utilização na adubação de culturas tem sido considerada uma saída promissora e econômica para a destinação correta desse tipo de resíduo orgânico (RAMOS et al, 2017).

Nesse sentido, uma das alternativas mais eficazes do que a utilização in natura da cama de frango é direcionar esse resíduo para produção de fertilizantes organominerais. A Embrapa desenvolveu uma tecnologia de produção de fertilizantes organominerais granulados com maior concentração de nutrientes, a partir de cama de aviário (MARTINS, 2018).

A reutilização do P existente em adubos orgânicos, como a cama de frango, poderia compensar cerca de 15% do consumo total de P_i nos EUA (SZOGI e VANOTTI, 2009). Existem outras alternativas de fontes de organomineral, como a torta de filtro obtida no processo de fabricação de açúcar

(SANTOS et al., 2011). Há também outros provindos de dejetos de animais, como o esterco bovino (HE et al., 2010).

A MO opera na estruturação, fertilidade e biologia do solo, que é espelhado na fisiologia vegetal devido à elevada capacidade de troca catiônica (CTC) e manutenção de água nos micros poros (KIEHL, 1999).

Porém, existem indícios de que a fração orgânica não aumenta a eficiência de aproveitamento pela planta dos teores de NPK presentes no fertilizante, pelas quantidades normalmente recomendadas, principalmente para culturas anuais (SOUSA, 2020).

d. Nutrição e produtividade de lavouras de soja

O P é um nutriente de extrema necessidade para que a cultura alcance grandes produtividades, portanto, a baixa disponibilidade do mesmo nos primeiros estádios fenológicos da soja pode prejudicar o desenvolvimento de uma forma irreversível, interferindo assim na produção agrícola (PINTO; DUARTE, 2019).

Quando em deficiência o fósforo tem a capacidade de diminuir o porte da planta, diminuir a altura de inserção das primeiras vagens, minimizar a produção de flores e aumentar o aborto floral, afetando o rendimento da cultura para produção de grãos (TANAKA; MASCARENHAS, 1992; VENTIMIGLIA et al., 1999).

Apesar de não ser um dos nutrientes mais extraídos pela soja, o P é um nutriente limitante para a produção dessa cultura, devido ao fato de que esse nutriente possui baixa disponibilidade na solução do solo (SOUSA, 2020).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na cidade de Jaboticabal – SP na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) com plantas de soja (IPRO95R95) em condição de campo na safra 2020/2021. Sendo o clima da região do tipo Aw, conforme classificação de Köppen, que caracteriza-se como tropical, relativamente seco no inverno e com chuvas no verão, possuindo temperatura média anual de 22 °C, umidade relativa média do ar de 70% e precipitação média anual de 1.425 mm (PISSARA et al., 2009).

O solo da área foi classificado como um Latossolo Vermelho eutrófico. Foi realizada análise química da fertilidade do solo segundo metodologia descrita por Raij et al. (1996), apresentando os seguintes resultados: pH(CaCl₂): 5,7; M.O.: 23 g dm⁻³; P: 43 g dm⁻³; S: 11 g dm⁻³; Ca: 27 mmolc dm⁻³; Mg: 11 mmolc dm⁻³; K: 3,4 mmolc dm⁻³; Al: 0 mmolc dm⁻³; H+Al: 16 mmolc dm⁻³; SB 41,6 mmolc dm⁻³; CTC: 57,6 mmolc dm⁻³; Saturação por bases (V%): 72; Saturação em alumínio (m%): 0.

O experimento foi delineado em Split-plot com dois tratamentos: P-mineral na forma de superfosfato triplo (44% de P₂O₅) e P-organomineral (26% de P₂O₅), em dez repetições. A unidade experimental foi composta por parcela com

10 m de comprimento e 5 linhas de plantio totalizando 5 metros lineares. Para área útil foi utilizado a linha central com 6 metros de comprimento, excluindo-se os 2 metros iniciais para bordadura. Os adubos fosfatados foram aplicados na quantidade de 173 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio e o solo foi preparado a partir da aragem, gradagem e aragem.

A semeadura foi realizada de forma mecanizada e aos 21 dias após a semeadura (DAS) foi realizada avaliação da altura das plantas, com uso de trena métrica, a partir da superfície do solo até a inserção do primeiro nó vegetativo. Nesta mesma época, foi determinado o índice de coloração verde a partir do uso de um clorofilometro (OPTI-Science®). Posteriormente, as plantas foram coletadas e separadas em parte aérea e raízes. Nas raízes foram contabilizados o número de nódulos e o comprimento radicular, sendo então, junto com a parte aérea, descontaminada em água corrente, solução detergente neutra (0,3 %), solução HCl (0,1 %) e água deionizada. Após descontaminação, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel kraft e em estufa de circulação forçada de ar a 65 ± 5°C, até obtenção de massa constante. Uma vez secas, as amostras foram pesadas para se determinar a produção de massa seca da parte aérea, das raízes, e, a partir da soma, a massa seca total. Após secagem, a parte aérea foi moída e então foi determinado o teor de P a partir de digestão via úmida pelo método nítrico-perclórico e leitura em espectrofotômetro, segundo metodologia descrita por Bataglia et al. (1983). O acúmulo de P na parte aérea foi determinado a partir do produto entre teor de P e produção de massa seca da parte aérea.

Com as plantas em pleno florescimento foi mensurado a altura das plantas, a partir da base até a inserção do primeiro nó vegetativo, com auxílio de

uma trena; e o diâmetro do coleto, mensurado a 5 cm acima da superfície do solo, com auxílio de paquímetro digital. Na quinta folha completamente desenvolvida determinou-se o ICV as fluorescências inicial e máxima e a eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), com o uso de um clorofilometro e um fluorômetro, respectivamente.

Com as plantas na maturação, foi realizado a colheita dos grãos de soja na área útil de cada parcela. A colheita foi realizada de forma manual, sendo retirada toda a planta realizada a contagem do número de vagens e a massa de 100 grãos. Para estimar a produtividade, foi calculado a massa de grãos por plantas e então extrapolado para o número de plantas por hectare. Em adição foi determinado o teor de P nas folhas e nos grãos a partir da metodologia descrita por Bataglia et al. (1983). A partir do produto entre o teor de P e a massa seca nas folhas e nos grãos foi determinado o acúmulo de P nas folhas e a exportação de P pelos grãos.

Os dados foram submetidos ao teste F e quando significativo ao teste de comparação de médias Tukey ($p < 0,05$). A análise estática e a confecção dos gráficos foram feitas por meio da linguagem de programação de R. A análise estática dos dados e a confecção dos gráficos foram feitas por meio da linguagem de programação de R.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

As fontes de P após 21 DAS, não diferiram quanto a concentração de P em plantas de soja (Figura 1a), porém a fonte mineral incrementou o conteúdo

de P nas folhas (Figura 1b). As fontes tiveram resultados similares para o índice de coloração verde (ICV) (Figura 1c), no comprimento de raiz (Figura 1d), número de nódulos (Figura 1e), MSR (Figura 1f) e altura da planta (Figura 1g). Para teores de MSPA (Figura 1h) e MST (Figura 1i), a fonte mineral continua se destacando quanto aos resultados obtidos.

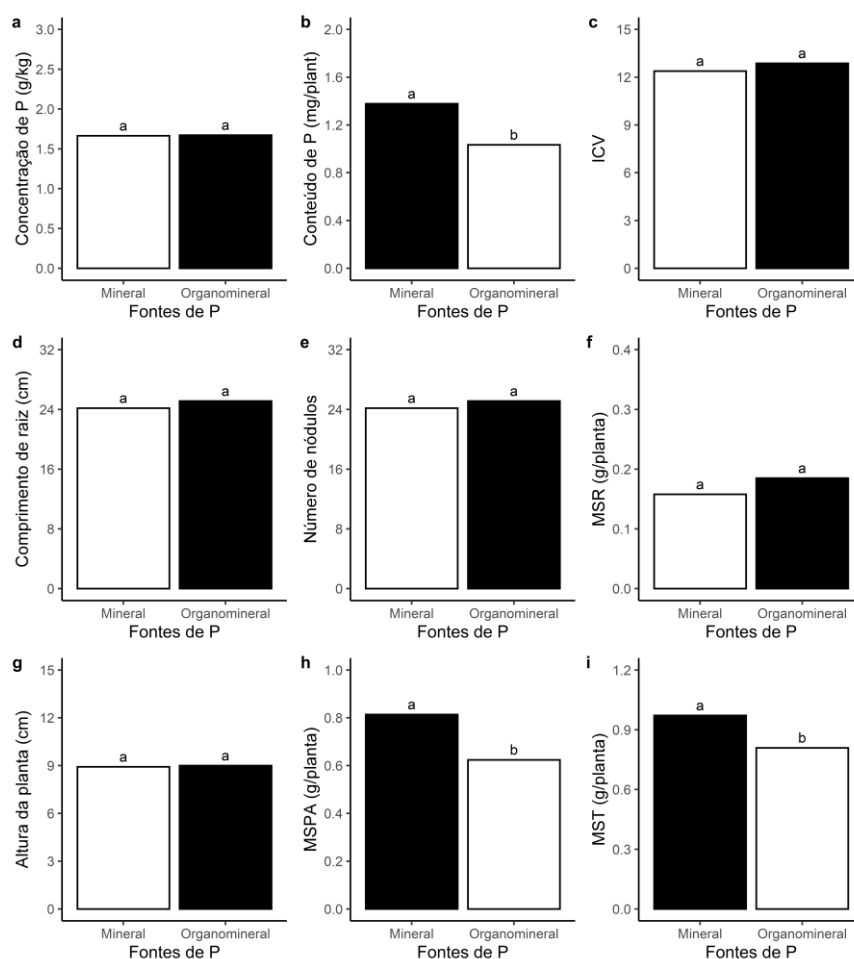


Figura 1. Concentração de P (a), conteúdo de P (b), índice de cor verde (c) comprimento de raiz (d), número de nódulos (e), massa seca da raiz (f), altura de plantas (g), massa seca da parte aérea (h) e massa seca total (i) de plantas de soja aos 21 dias após a semeadura. Letras diferentes representam diferença estatística à 5% de probabilidade estatística pelo teste de Tukey.

SONG et al. (2017) explicam que o P organomineral possui a liberação de nutrientes de forma mais lenta, tendo teores de NPK reduzidos comparado às

fontes minerais, justificando assim que a fonte mineral se destaque nos estágios iniciais da cultura.

As variáveis onde as fontes demonstraram respostas similares pode ser justificada devido a quantidade de fósforo que já havia no solo antes da instalação da cultura, sendo essa de teor alto, conforme observado a partir da análise química do solo.

No florescimento, a fonte organomineral resultou em maior ICV (Figura 2a), enquanto a fluorescência inicial (Fi) (Figura 2b) foi similar para as duas fontes. Já a fluorescência máxima (Fm) (Figura 2c), a eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) (Figura 2d) e a altura da planta (Figura 2e) voltam a destacar a fonte organomineral com maiores resultados. O diâmetro do coleto (Figura 2f) foi semelhante para ambas as fontes.

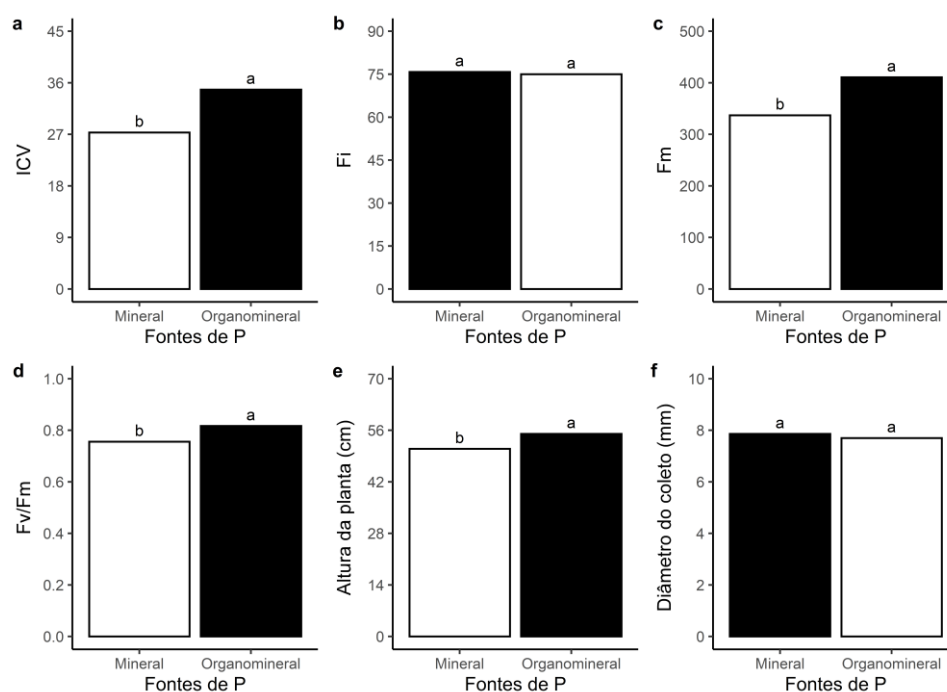


Figura 2. Índice de cor verde (a), fluorescência inicial (b), fluorescência máxima (c), fluorescência variável/fluorescência máxima (d), altura da planta (e), diâmetro do coleto (f) de plantas de soja no florescimento. Letras diferentes representam diferença estatística à 5% de probabilidade estatística pelo teste de Tukey.

A absorção de P é maior em função do desenvolvimento da cultura pois o P organomineral se torna mais disponível conforme o tempo passa (Figura 2a e 2e), e 60% do fósforo total é absorvido depois do florescimento, o que aumentará o rendimento dos grãos (Rezende et al., 2005).

Os FOMs são constituídos por matéria orgânica, que quando presente no solo, aumentam o teor de carbono e modificam a comunidade microbiana, ajudando assim o desenvolvimento (Wen et al., 2019), justificando que o P organomineral tenha se destacado (Figura 2c e Figura 2d).

A concentração de P nas folhas (Figura 3a), concentração de P nos grãos (Figura 3b), o conteúdo de P (Figura 3c), a MSPA (Figura 3d), o número de vagens por planta (Figura 3e), a massa de 100 grãos (Figura 3f), a produtividade (Figura 3g) e a exportação de P (Figura 3h) foram maiores quando adubados por organomineral.

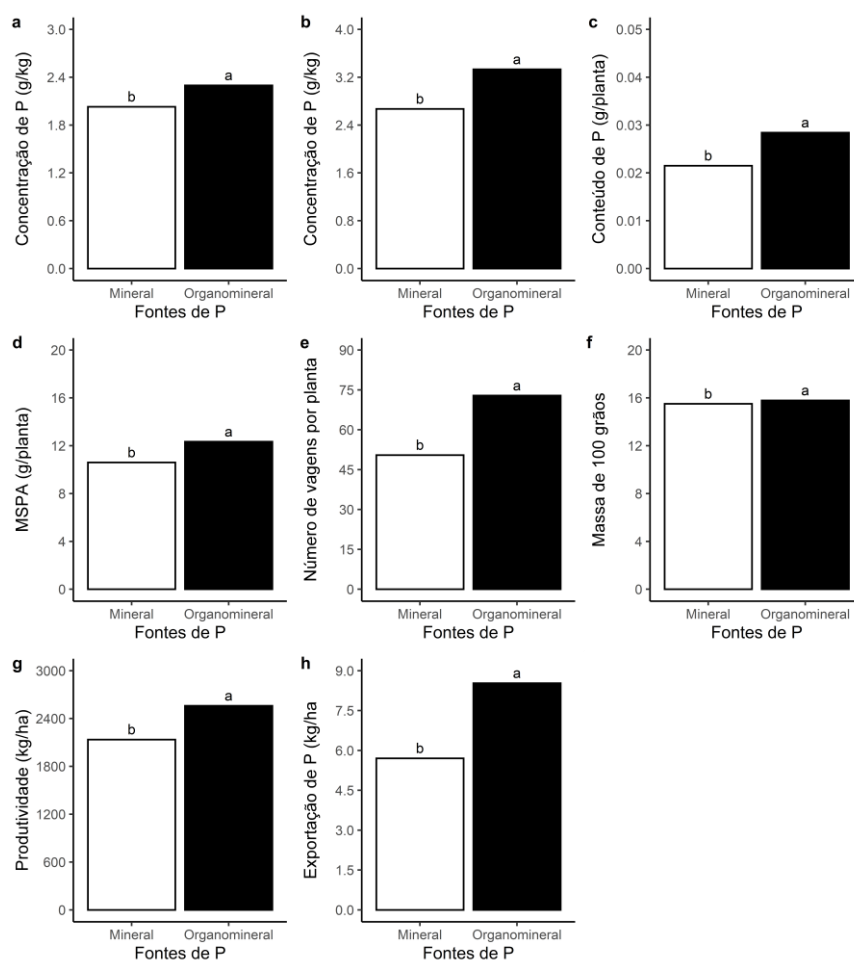


Figura 3. Concentração de P nas folhas (a), concentração de P nos grãos (b), conteúdo de P nas folhas (c), massa seca da parte aérea (d), número de vagens por planta (e), massa seca de 100 grãos (f), produtividade (g), exportação de P (h) na maturação fisiológica. Letras diferentes representam diferença estatística à 5% de probabilidade estatística pelo teste de Tukey.

A concentração de P nas folhas (Figura 3a), a concentração de P nos grãos (Figura 3b) e o conteúdo de P nas folhas (Figura 3c), podem ser justificados devido à presença de matéria orgânica na formulação do fertilizante, que libera fósforo gradativamente durante o ciclo todo da cultura, fazendo assim com que os mecanismos de adsorção sejam minimizados e a absorção pela planta seja favorecida conforme sua necessidade (Costa et al., 2018).

Sementes cobertas com fósforo, podem demonstrar aumento da massa seca de parte aérea quando semeadas em solos com baixa disponibilidade de

fertilizante (Soares et al., 2014), o que justifica os resultados obtidos no teor de massa seca da parte aérea (Figura 3d).

A massa seca de 100 grãos (Figura 3f) se deve ao fato de que a presença de P em funções vitais no metabolismo das plantas, pode auxiliar na aceleração da formação e crescimento radicular, o que faz com que aumente a qualidade de grãos (Dechen e Nachtigall, 2007).

Apesar da fonte organomineral ser de liberação lenta, no estágio de maior acumulação de MS e nutrientes ele proporcionou maiores resultados, diferente dos resultados observados nas primeiras avaliações. Explicando que a produtividade (Figura 3g), quando a cultura foi adubada com fertilizante organomineral, resultou em maior incremento da produtividade do que as tratadas com fertilizante mineral.

Os resultados indicam que a aplicação de P especialmente na forma organomineral ao aumentar a produtividade em solo que é considerado alto indica que é necessário novos estudos sobre nível crítico.

6. CONCLUSÕES

O P fornecido na forma de organomineral, quando aplicado na adubação da cultura da soja, exerceu influências positivas quanto a absorção de fósforo pelas plantas, aumentando a concentração de P nas folhas e grãos, o conteúdo de P na planta, a massa seca da parte aérea, o número de vagens por planta, a

massa de 100 grãos e a exportação de P, resultando em aumento da produtividade quando em comparação com a fonte mineral.

REFERÊNCIAS

- ANEC. Brazilian Exports of Soybeans, Soybean Meal and Maize. 2022. Disponível em: < <https://anec.com.br/article/harvest-progress-apr-may-2022> >. Acesso em: 22 jul. 2022.
- ARAÚJO, W. A. Acúmulo de matéria seca e marcha de absorção de nutrientes em soja de crescimento determinado e indeterminado. 2018. 52 p. Dissertação (Mestrado Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R. & GALLO, J. R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas. 1983.
- BEVILAQUA, G. A. P.; SILVA FILHO, P. M.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, n. 1, p.31-34, 2002.
- CASTANHEIRA, T. D.; ALECRIM, de O. A.; BELUTTIVOLTOLINI, G. Organominerais: sustentabilidade e nutrição para o solo. *Revista Campo & Negócios Grãos*, Uberlândia, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/organomineraissustentabilidade-e-nutricao-para-o-solo/>>. Acesso em: 19 jul. 2022.
- CHAE, H. et al. Efficiency and effectiveness of vitamin C-substrate organo-mineral straight fertilizer in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, v.5, n. 4, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s40538-017-0115-7>>. Acesso em: 19 jul. 2022.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2020/21, v. 8, n. 6, sexto levantamento, mar. 2021. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/36194_8144bfc95d544b42d23ab308b7016813>. Acesso em: 22 jul. 2022.
- CONTINI, E. GAZZONI, D.; ARAGÃO, A.; MOTA, M.; MARRA, R. Parte 1: Complexo soja - caracterização e desafios tecnológicos. 2018. Embrapa - Série desafios do agronegócio brasileiro (NT1). Disponível em: < <https://www.embrapa.br/documents/10180/0/COMPLEXO+SOJA+-+Caracteriza%C3%A7%C3%A3o+e+Desafios+Tecnol%C3%B3gicos/709e1453-e409-4ef7-374c-4743ab3bdcd6#:~:text=O%20consumo%20dom%C3%A9stico%20de%20soja,grande%20desafio%20nos%20pr%C3%B3ximos%20anos.> > Acesso em: 22 jul. 2022.
- COSTA, F. K. D. et al. Agronomic performance of conventional soybean cultivated with organomineral and mineral fertilizers. *Nucleus*, v. 15, n. 2, p.301-309, 2018.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Organomineral Fertilizer as Source of P and K for Sugarcane. *Scientific Reports*, nº 10, Artigo nº: 5398, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41598-020-62315-1>>. Acesso em: 19 jul. 2022.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. III - Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.;

CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, cap. 3, p. 91-132, 2007.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Novo fertilizante fosfatado aumenta a produtividade da soja. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/71692246/novo-fertilizante-fosfatado-aumenta-a-produtividade-da-soja>>. Acesso em 17 jul. 2022.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Soja em números (safra 2020/21). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dadoseconomicos>>. Acesso em: 17 jul. 2022.

FIXEN, P. E.; LUDWICK, A. E. Residual available phosphorus in near neutral and alkaline soils: I. Solubility and capacity relationships. Soil Science Society of American Journal, Madison, v 46, p. 332-334, 1982.

GALETTTO, S. L. et al Grain crops and forage yield resulting from the use of phosphates in integrated production system. Revista Ciência Agronômica, v. 45, p. 931-945, 2014.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. (2007). Energia e meio ambiente no Brasil. Estudos Avançados, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

GUIMARÃES, M. M. B. et al. Organomineral fertilization in growth, physiology and phytomass production of castor oil plant BRS Energia. African Journal of Agricultural Research, v. 13, n.13, p. 596-606, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13031>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

HARTER, F. S.; BARROS, A. C. S. A. Cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja. Revista Brasileira de Sementes, Londrina, v. 33, n. 1, p.54-60, 2011.

HE, Z.; ZHANG, H.; TOOR, G.S.; DOU, Z.; HONEYCUT, C.W.; HAGGARD, B.E.; REITER, M.S. (2010) Phosphorus distribution in sequentially extracted fractions of biosolids, poultry litter, and granulated products. Soil Science 175(4):154–161. Disponível em: <<https://doi:10.1097/SS.0b013e3181dae29e>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

KIEHL, E. J. Fertilizantes Organominerais. Piracicaba: Editora Degaspari, p. 146, 1999.

MARTINS, D. C. Adubação fosfatada organomineral no cultivo de grãos em solos de fertilidade construída. 2018. Viçosa, MG. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/20096/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

OLIVEIRA, A. P. S. Produção do milho em função da adubação mineral e organomineral. 2018. 25f. Monografia (...) – Centro Universitário de Anápolis, Anápolis, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/1064>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

OLIVEIRA, Fernando Castro de et al. Diferentes doses e épocas de aplicação de zinco na cultura da soja. Revista de Agricultura Neotropical, v. 4, n.1, p. 28–35, 2017.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; PROCHNOW, L. I.; KLEPKER, D. Soybean yield in response to application of phosphate rock associated triple superphosphate. Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 68, n. 3, p. 376-385, 2011.

PARFITT, R. L. Anion adsorption by soils and soil materials. *Advances in Agronomy*, San Diego, v 30, p. 01-46, 1978.

PELUCO, R. R.; JÚNIOR, J. M.; SIQUEIRA, D. S.; PEREIRA, G. T.; BARBOSA, R. S.; TEIXEIRA, D. B. Mapeamento do fósforo adsorvido por meio da cor e da suscetibilidade magnética do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 50, n. 3, p. 259-266, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

PISSARA, T. C. T.; ARRAES, C. L.; RODRIGUES, F. M.; CAMPOS, S. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica para mapeamento da declividade e solos no Município de Jaboticabal, S.P. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, 25 à 30 de abril 2009, INPE, p. 5367-5372, 2009.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n.9, p. 1199-1204, 2001.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. *REVISTA BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO*, Viçosa, v. 25, n.1, p. 83-90, 2001.

PINTO, J. S.; DUARTE, I. N. Diferentes doses de fósforo com e sem ácidos húmicos na cultura do feijão. Monte Carmelo: Unifucamp, 2019.

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

RAIJ, B. van; Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: POTAFOS, p. 343, 1991.

RAMOS, L. A., et al. Effect of organomineral fertilizer and poultry litter waste on sugarcane yield and some plant and soil chemical properties. *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 12, n.1, p. 20-27, 2017.

REZENDE et al., Adubação foliar: Épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1105-1111, nov./dez., 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/7K9LwqjdjQlRjQDScmxg5R/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

SANTOS, D. H.; SILVA M. D.A.; TIRITAN C. S.; FOLONI J. S.; ECHER, F. R. Technological quality of sugarcane under fertilization with filter cake enriched with soluble phosphate *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(5): p. 443–449. 2011.

SILVA, R. G.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; SILVA, D. G.; ARNHOLD, E. Produtividade de variedades de milho nos sistemas de cultivo orgânico e convencional. *Caatinga*, v. 21, n. 3, p. 78-85, 2008.

SOARES, M. M.; ARAÚJO, E. F.; OLIVEIRA, G. L.; DA SILVA, L. J.; SORIANO, P. E. Nodulation and growth of soybean plants as a function of coating the seeds with phosphorous. *Bioscience Journal*, v.30, n.5, 2014.

SONG, K. et al. Effects of the continuous use of organic manure and chemical fertilizer on soil inorganic phosphorus fractions in calcareous soil. *Scientific Reports*, nº 7, Artigo

nº: 1164, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41598-017-01232-2>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

SOYBEAN. Britannica academic. [S. l: s. n.], 2016. Disponível em: <https://academic-britannica.ez180.periodicos.capes.gov.br/levels/collegiate/article/soybean/68954>. Acesso em: 29 jul. 2022.

SZOGI, A.A.; VANOTTI, M.B. (2009) Prospects for phosphorus recovery from poultry litter. *Bioresource Technology*. Elsevier, 100(22):5461-5465. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2009.03.071>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

TAIZ, Lincol; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 4. ed. p. 819, 2009.

TANAKA, Roberto Tetsuo; MASCARENHAS, H.A.A. Soja: nutrição, correção do solo e adubação. Campinas: Fundação Cargill, (Serie Técnica, 7). p. 60, 1992.

TELES, A. P. B. Incorporação de argilas pilarizadas, zeólitas e substâncias húmicas em fertilizantes fosfatados para controle da solubilidade no solo. 2018. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/T.11.2018.tde-21082018-173531>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

TRES, G. Distribuição e incremento do fósforo em latossolo sob três modos de aplicação do fertilizante fosfatado em soja e milho. 2017. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2017. Disponível em: <<http://tede.unioeste.br/handle/tede/3246>>. Acesso em 19 jul. 2022.

USDA. USDA reduz estimativas para soja no Brasil, na Argentina e no Paraguai. 2021. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/projeto-soja-brasil/usda-reduz-estimativas-para-soja-no-brasil-na-argentina-e-no-paraguai/>> Acesso em: 29 jul. 2022.

VAZQUEZ, G. H. et al., Uso de fertilizantes organofosfatado e torta de filtro em cana-planta. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* v. 9(1): p. 53-64, 2015. Disponível em: <<file:///C:/Users/user/Downloads/241-Article%20Text-503-1-10-20150401.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

VENTIMIGLIA, Luís Alberto; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; PIRES, J.L.F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, p.195-199, 1999.

WEN, Y. et al. Impact of agricultural fertilization practices on organo-mineral associations in four long-term field experiments: Implications for soil C sequestration. *Science of The Total Environment*, v. 651, Part 1, p. 591-600, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.233>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

ZHU, J.; LI, M.; WHELAN, M. (2018) Phosphorus activators contribute to legacy phosphorus availability in agricultural soils: A review. *Science of The Total Environment*. Elsevier, 612: p. 522-537, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717320934>>. Acesso em: 19 jul. 2022.