

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE EM CACHOEIRA DO SUL
CURSO DE AGRONOMIA**

CARLOS ALBERTO CASPER ROOS

**ESTRATÉGIAS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA VISANDO
CULTIVO DE SOJA ORGÂNICA**

CACHOEIRA DO SUL

2023

CARLOS ALBERTO CASPER ROOS

**ESTRATÉGIAS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA VISANDO
CULTIVO DE SOJA ORGÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia da Universidade Estadual do
Rio Grande do Sul (UERGS)

Orientador: Prof. Dr. Benjamin Dias Osorio
Filho

CACHOEIRA DO SUL

2023

Catálogo de Publicação na Fonte

R781e Roos, Carlos Alberto Casper.
Estratégias de adubação fosfatada visando cultivo de soja orgânica / Carlos Alberto Casper Roos. – Cachoeira do Sul, 2023.
35 f.

Orientador: Prof. Benjamin Dias Osório Filho.

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Graduação em Agronomia, Cachoeira do Sul, 2023.

1. Agricultura sustentável. 2. Grãos orgânicos. 3. Inoculante. 4. Solubilização de fosfato. 5. BiomaPhos®. I. Osório Filho, Benjamin Dias. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por Laís Nunes da Silva CRB10/2176.

CARLOS ALBERTO CASPER ROOS

**ESTRATÉGIAS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA VISANDO CULTIVO DE SOJA
ORGÂNICA**

Trabalho de conclusão de curso II
apresentado como requisito parcial para
obtenção de título de Bacharel em
Agronomia na Universidade Estadual do
Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Benjamim Dias Osório
Filho

Aprovado em: 13/12/2023

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Benjamin Dias Osório filho
UERGS Unidade em Cachoeira do Sul

Prof. Dra. Marta Sandra Drescher
UERGS Unidade em Cachoeira do Sul

Eng. Florestal Deoner Zanatta
FAU – Agricultura e Meio Ambiente

AGRADECIMENTOS

Agradeço os meus colegas e as minhas colegas, de todas as disciplinas em que compartilhamos conhecimentos, angústias pela divulgação de notas, desafios e felicidades.

As pessoas que de algum modo ajudaram nesta caminhada, de seis anos, aos contribuintes, que com estes recursos o estado mantém uma universidade de qualidade e credibilidade, gratuita, para a formação profissional a todos e todas.

A minha mãe, dona Nina, que sempre incentivou para estudar, deu apoio, meu sincero reconhecimento.

Aos meus amigos e colegas, Otávio, Eduardo, Igor, Fábio, Diego, e a colega Eduarda, que sempre estivemos juntos durante todo o curso, forte abraço a vocês.

Aos professores e professoras que ministraram disciplina no curso agradeço. Em especial a professora Marta, os professores Alberto com quem dividi um grande esforço para salvar os experimentos e Benjamin, meu orientador, com muito empenho e atenção com este trabalho, um forte abraço a vocês.

Também agradeço o trabalho da laboratorista, Mariele, importante no auxílio para que eu pudesse fazer as análises de fósforo, gradidão.

E por fim agradeço a Deus por ter colocado no meu caminho todas estas pessoas, importantes para que eu conseguisse realizar um sonho, o curso de agronomia. Que Deus abençoe cada uma delas durante toda a sua vida. Que Deus os abençoe sempre

Grande abraço a todos vocês.

ESTRATÉGIAS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA VISANDO CULTIVO DE SOJA ORGÂNICA

Estudante: Carlos Alberto Casper Roos

Orientador: Prof. Dr. Benjamin Dias Osório filho

RESUMO

A soja (*Glicine max*) tem grande importância na alimentação humana e animal, como uma das maiores fontes de proteína. O Brasil se destaca como grande produtor mundial deste grão. A maior parte produzida consiste em soja transgênica, mas a produção de soja orgânica vem ganhando espaço entre os produtores. No sentido de fornecer fósforo para a soja cultivada em sistemas orgânicos, fontes alternativas deste nutriente são necessárias. Os solos do Brasil são, geralmente deficientes em fósforo, pois este tem facilidade em ligar-se aos colóides do solo, ficando indisponível para as plantas. Além de fontes de fósforo, processos biológicos que solubilizam o fosfato e o tornam disponível já estão em uso na agricultura. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da cultura da soja orgânica a diferentes fontes de adubação fosfatada, combinadas com inoculação e sem inoculação com produto comercial a base de bactérias solubilizadoras de fosfato. Foi realizado um experimento de campo na Estação Agronômica da Uergs em Cachoeira do Sul, com soja da variedade BRS 511 sob manejo orgânico, em delineamento blocos ao acaso, bifatorial com 4 repetições. Os tratamentos consistiram na combinação entre cinco fontes de fósforo (cama de aviário, termofosfato, fosfato natural, superfosfato triplo e, tratamento testemunha, sem adubação fosfatada) e inoculação e não inoculação com produto comercial a base de bactérias solubilizadoras de fosfato. Foram avaliados, os componentes do rendimento de soja, os teores de fósforo disponível no solo, e o teor no grão. Não se observou diferenças na produtividade de solo em função das fontes de fósforo, entretanto, a inoculação com o produto microbiano, proporcionou incrementos de produtividade. A inoculação também acarretou maior disponibilidade de fósforo no solo e maior concentração nos grãos. Com isso, percebe-se que mesmo em safras severamente afetada por estiagem o uso de bactérias solubilizadoras de fosfato consiste em importante prática no manejo orgânico de soja.

Palavras-chave: Agricultura sustentável, grãos orgânicos, Inoculante, Solubilização de fosfato, BiomaPhos®.

PHOSPHATE FERTILIZER STRATEGIES IN ORGANIC SOYBEAN CULTIVATION

Student: Carlos Alberto Casper Roos

Adivisor: Prof. Dr. Benjamin Osório Dias Filho

ABSTRACT

The soy (*Glycine max*) is of great importance in human and animal nutrition, as one of the largest sources of protein. Brazil stands out as a major global producer of this grain. The majority produced consists of transgenic soybeans, but the production of organic soybeans has been gaining ground among producers. In order to provide phosphorus for soybeans grown in organic systems, alternative sources of this nutrient are necessary. Brazilian soils are generally deficient in phosphorus, as it easily binds to colloids in the soil, making it unavailable to plants. In addition to sources of phosphorus, biological processes that solubilize phosphate and make it available are already in use in agriculture. Therefore, the objective of this work was to evaluate the response of organic soybean crops to different sources of phosphate fertilizer, combined with inoculation and without inoculation with a commercial product based on phosphate-solubilizing bacteria. A field experiment was carried out at the Uergs Agricultural Station in Cachoeira do Sul, with soybeans of the BRS 511 variety under organic management, in a randomized block design, two-factor with 4 replications. The treatments consisted of a combination of five sources of phosphorus (poultry litter, thermophosphate, natural phosphate, triple superphosphate and, control treatment, without phosphate fertilizer) and inoculation and non-inoculation with a commercial product based on phosphate-solubilizing bacteria. The components of soybean yield, the levels of phosphorus available in the soil, and the content in the grain were evaluated. No differences were observed in soil productivity depending on phosphorus sources, however, inoculation with the microbial product provided productivity increases. Inoculation also resulted in greater availability of phosphorus in the soil and greater concentration in grains. Therefore, it can be seen that even in crops severely affected by drought, the use of phosphate-solubilizing bacteria is an important practice in organic soybean management.

Keywords: Sustainable agriculture, organic grains, Inoculant, Phosphate solubilization, BiomaPhos®.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Vista aérea do experimento	18
Figura 2 (A, B, C) – Manejo da palhada da aveia-preta e semeadura da soja.....	19
Figura 3. Soja BRS 511 sem danos provocados por pragas e doenças.	20
Figura 4. Teor de P disponível por Mehlich I, em duas profundidades no solo, sob cultivo de soja orgânica, em função de fontes de fosforo e inoculação com Biomaphos®.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teor de P disponível e quantidades aplicadas de diferentes fontes de fósforo.	20
Tabela 2. Produtividade de soja BRS 511 em função de fontes de fósforo e inoculação com Biomaphos®.	22
Tabela 3. Dados pluviométricos durante o período do experimento.	23
Tabela 4. Teor de fósforo no grão de soja BRS 511 em função de fontes de fósforo e inoculação com Biomaphos®.	25
Tabela 5. Custos dos fertilizantes fosfatados em relação aos teores de fósforo.	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 A cultura da soja.....	11
2.2 Soja Orgânica.....	12
2.3 Fósforo na cultura da soja	13
2.4 Fósforo no solo.....	14
2.5 Fontes de fósforo no Brasil	15
3.OBJETIVOS.....	17
3.1 Objetivo geral	17
3.2 Objetivos específicos.....	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1 Produtividade da soja.....	22
5.2 Teor de fósforo disponível no solo	23
5.3 Teor de fósforo no grão	24
5.4 Custos da adubação fosfatada.....	25
6 CONCLUSÕES	27
7 REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

O consumo de proteínas, seja de origem vegetal ou animal, como fonte alimentar é extremamente importante. Para manter a crescente demanda proteica para a alimentação humana e animal é necessário o aumento cada vez maior da produção de grãos ricos em proteínas, como as leguminosas. Entre este tipo de grãos, produzidos em larga escala, tem-se a soja (*Glycine max L*).

Brasil é atualmente o maior produtor mundial de soja, com volumes expressivos de exportação, caracterizando a principal *commoditie*¹, gerando empregos e renda nas comunidades onde é produzida. O principal sistema de produção utilizada no Brasil é o sistema de plantio direto na palha, altamente demandante de agrotóxicos, como o glifosato, para dessecação e controle da vegetação espontânea. Associado a isso, ampla maioria das sementes empregadas consiste em materiais geneticamente modificados.

Entretanto, toda esta produção de soja gera inconvenientes, com impactos sociais e ambientais por causa do volume de agrotóxicos utilizados como fungicidas, inseticidas, herbicidas e também de fertilizantes solúveis. Por ter seu preço cotado em dólares, a produção de soja torna-se atrativa para os produtores, tornando-se em muitas regiões uma monocultura. Este modelo de produção, causa cada vez mais demanda por insumos, gerando altos custos de produção, visto que a maior parte dos insumos utilizados é proveniente de importações.

Com uma demanda crescente por produtos orgânicos, há um crescente nicho de mercado para os grãos orgânicos. Com valores maiores na comercialização, em torno de 30% em relação à transgênica, a soja orgânica pode ser uma alternativa aos produtores. No Brasil a produção orgânica de soja vem crescendo a cada ano com uma cadeia produtiva entre produtores, fornecedores de insumos, comercializadores e exportadores.

A produção de soja orgânica, exige técnicas de manejo como plantio direto em palhadas, com rolagem no momento certo para não ocorrer a rebrota das plantas de cobertura, semeadura com mínimo de revolvimento de solo, com equipamentos bem ajustados. O uso de rotação de culturas e o uso de biológicos, para reduzir a infestação de pragas e doenças, passa a ser fundamental.

¹ Commodity: São mercadorias primárias de origem agrícola, pecuária, mineral e ambiental que fornecem matérias-primas importantes para a produção industrial global.

O fósforo é um dos nutrientes mais importantes no crescimento vegetal, visto que é parte essencial para a formação celular e a quantidade disponível para as plantas está relacionado à produtividade. Nos solos brasileiros, principalmente os mais intemperizados, em função da elevada concentração de óxidos de ferro, a disponibilidade de fósforo para os cultivos geralmente é baixa, necessitando aplicações de consideráveis doses deste nutriente. Para auxiliar a disponibilidade do fósforo para as plantas foi desenvolvido pela empresa Bioma em parceria com a EMBRAPA, um solubilizador de fósforo, produzido com cepas de bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*.

As reservas de fósforo são finitas, e para manter a produção de alimentos é preciso pensar na racionalidade do seu uso na agricultura. Neste sentido, foi realizado este trabalho, visando o uso de diferentes fontes de fosfatos: fosfato natural, superfosfato triplo, que é um fosfato acidificado utilizado no cultivo convencional, cama de frango e termo fosfatos, combinados com o uso do solubilizador microbiológico BiomaPhos[®] no crescimento e produtividade de soja orgânica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da soja

A soja (*Glycine max L*), faz parte da família *Fabaceae*. Sua domesticação começou por volta de 5 mil anos a.C. no oriente da Ásia, tendo registros de sua provável origem na China, que já tinha importância socioeconômica, com extração de óleos e proteína em forma de “leite” (CropLife Brasil, 2020).

As cultivares de soja que são cultivadas atualmente são bem diferentes das ancestrais, que cresciam rasteiras, na China, ao longo do rio Yangtse. A partir de cruzamentos naturais de duas espécies selvagens, as plantas de soja foram melhoradas e domesticadas por cientistas da China antiga. A cultura da soja ficou restrita por séculos ao oriente. Na Europa foi introduzida no final do século XV, nos jardins botânicos como curiosidade (NUNES, 2020).

Com alto teor de óleo e proteína, surgiu interesse das indústrias mundiais para o seu processamento, onde teve sua introdução na segunda década do século XX, para cultivo comercial na Inglaterra, Alemanha e Rússia, mas seu cultivo foi frustrado devido ao clima ser desfavorável a cultura.

Sua introdução no Brasil ocorreu por volta de 1882, na Bahia. Também em 1892, iniciou-se o experimento na Estação Agropecuária de Campinas e distribuição das sementes em São Paulo para os produtores. Oficialmente introduzida no Rio Grande do Sul em 1914, por ter clima semelhante ao dos Estados Unidos, origem dos primeiros cultivares até 1975. Em 1970 sua expansão ocorre no Brasil impulsionado pela demanda por óleo (NUNES, 2020).

Atualmente a produção de soja no mundo, na safra 2022/2023 foi de 369,029 milhões de toneladas em uma área plantada de 136,029 milhões de hectares (USDA/PSD, 2023). No Brasil a produção foi de 155.736,5 milhões de toneladas com área cultivada de 44.031,7 milhões de hectares (CONAB, 2023). Com mais de 10 bilhões de dólares em exportações, a soja representa 8% do que é exportado pelo Brasil, com potencial de crescimento em produção, principalmente em áreas de pastagens degradadas, trazendo inúmeros benefícios para toda a cadeia produtiva, com geração de empregos e renda (DALL’AGNOL et al., 2021).

No Rio Grande do Sul, a soja ocupa uma área de 6.387,670 ha com produção de 9.370,274 toneladas, média de 1.508 Kg/ha. Em Cachoeira do Sul/RS na safra de

2022/2023, a produção foi de 171.377 toneladas em uma área de 107.920 ha, com média de produtividade de 1.588 Kg/ha (IBGE, 2023), colocando o município entre os maiores produtores do estado, entretanto, nas últimas safras a produtividade teve queda por questões climáticas, tanto a nível de município quanto de estado.

2.2 Soja Orgânica

O consumo de produtos orgânicos no Brasil vem crescendo e a produção de grãos orgânicos, principalmente a soja, tem despertado o interesse de produtores brasileiros. Produzida sem o uso de agrotóxicos como fungicidas, herbicidas e inseticidas (EMBRAPA, 2015), este modo de produção pode se tornar uma alternativa para produtores, visto que é mais econômico (menor custo de produção) o que pode gerar mais retorno financeiro. Atualmente o aumento no consumo de proteínas orgânicas, seja de origem vegetal ou animal, leva a produção de grãos orgânicos. E a soja é uma alternativa economicamente viável, já que para a formulação de rações para alimentação de animais, para produção de carnes orgânicas, deve ser orgânica. Estima-se que o custo de produção de soja orgânica é 50% menor se comparado com a convencional e na venda o produtor pode ganhar até 20% a mais (CI. ORGÂNICOS, 2021).

A soja para ser comercializada como orgânica deve ser certificada, por empresa certificadora, para isso o produtor que optar por essa forma de produção deverá fazer a transição do modo de cultivo, seguir o período de carência do uso de agrotóxicos. Fatores ambientais, sociais e econômicos são considerações relevantes pelas empresas que concedem as certificações. Além disso, deve ser implantada medidas como barreiras naturais nas áreas de produção orgânicas, uso de biológicos no controle de pragas e doenças, controle de plantas daninhas deve ser sem uso de herbicidas e sementes não transgênicas (DADAZIO et al., 2020).

A falta de sementes melhoradas para a produção de soja orgânica no Brasil é um dos problemas enfrentado pelos produtores. Cultivares mais resistentes a doenças, com alta produtividade, entre outros. Seguindo a tendência de crescimento da produção de soja orgânica o IDR-Paraná lançou três novas cultivares, estas voltadas para produção para alimentação humana, visando impulsionar o consumo do grão na alimentação humana. Estas cultivares a IPR Basalto, IPR Petrovita e a IPR Pé-vermelho, possuem como características, grãos com sabor suave, sem enzimas

que causam gosto indesejáveis. Outros fatores são a produtividade que pode ser maior que 5 toneladas/ha terem resistência às principais doenças da cultura da soja (IDR-PARANÁ, 2022).

O consumo de soja na alimentação humana é uma tendência mundial, os grãos são ricos em proteína, que são utilizados em inúmeros produtos, seja no preparo doméstico ou industrial, como farinhas, pães, sorvetes, hambúrgueres, massas, leite, iogurte, queijos e fermentados (AGROADVANCE, 2023). A soja possui um potencial como matéria prima para diversos produtos alimentícios para consumo humano, produtos estes que não contêm colesterol e lactose (ECOBRAS, 2020).

2.3 Fósforo na cultura da soja

Toda cultura tem limitantes de produtividades, seja por estresse hídrico, acidez do solo, fotoperíodo e o mais importante, a fertilidade do solo. Para a cultura da soja, não é diferente. Tanto macro e micronutrientes, são essenciais para um bom desenvolvimento das plantas, agindo em diversos processos biológicos, afetando diretamente na produtividade.

Entre os macros nutrientes essenciais na cultura da soja está o fósforo, de extrema importância na formação de ATP (Trifosfato de adenosina) fonte principal de energia para o aparato fotossintético, atuando na divisão celular fundamental para o crescimento da planta (RISSI, 2020).

Outra função do fósforo na cultura da soja é em relação a produção de proteína e lipídios, presentes em grandes quantidades no vegetal, fortalece o sistema radicular, resistência da planta e maturação das sementes, atuando na produção de compostos químicos que auxiliam na armazenagem de energia, neste caso aumentando o valor nutricional do grão (FERNANDES, 2023).

Para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, as doses de fósforo devem ser feitas na linha de semeadura, nas doses indicadas, esse manejo evita perdas na produção de grãos da cultura, evita as perdas por escoamento decorrentes das águas pluviais levando o fósforo para os mananciais hídricos (RHEINHEIMER et al., 2020). Na Região Sul do Brasil, onde a prática de plantio com mínimo de revolvimento de solo é realizada amplamente há mais de 20 anos, há perdas (DEUSCHLE, 2019), além de aumentar os teores e saturação deste nutriente na camada superficial do solo (PEREIRA, 2009).

Como o fósforo não tem mobilidade no solo, pois é fácil a sua adsorção, justificando a aplicação junto a linha de semeadura, devendo ficar o mais próximo do sistema radicular da cultura (RHEINHEIMER et al., 2020).

Se no solo, o fósforo não é móvel, na planta é o contrário, tendo alta mobilidade. Quando a oferta para a planta é baixa, o fósforo que se encontra nos tecidos se transloca dos órgãos mais velhos para os mais novas. No caso da soja estes sintomas ocorrem nas folhas mais velhas, que amarelam, podendo até ficar marrom escuro e roxeadas. Quando esta deficiência é mais severa a planta tem baixo crescimento e baixa floração, conseqüentemente baixa produtividade visto que menor florada menor número de vagens e menor quantidade e tamanho dos grãos (RISSI, 2020).

2.4 Fósforo no solo

Nos solos tropicais, há elevados teores de alumínio e óxidos de ferro, aos quais o fósforo se liga com facilidade, limitando a disponibilidade para as culturas anuais, devendo ser adicionado uma quantidade maior do que é exportado pelas culturas (LOPES et.al.,2004). O fósforo se torna não lábil quando se fixa aos coloides de argila, que são compostos por alumínio e oxidróxidos de ferro (DALL'AGNOL, 2021). O solo do Brasil tem elevada saturação por alumínio e alta acidez o que reduz a disponibilidade dos nutrientes, principalmente o fósforo (VOLTOLINI, 2015).

A diferença entre os teores de fósforo total e o disponível se dá em função das interações do elemento com as frações do solo. O fósforo está no solo em três maneiras diferentes, conhecidas como P-lábil, P-não lábil e P-solução.

O P- lábil é uma fração de fósforo que não estão prontamente disponível para ser absorvido, mas tem uma relação de equilíbrio com a solução, quando o fósforo da solução é adsorvido o fósforo lábil entra na solução.

O P-não lábil é a fração de fósforo que está irreversivelmente fixada às partículas do solo.

O P-solução é o fósforo que está disponível para ser absorvido pelas raízes das plantas, está na parte líquida do solo (SOUZA, 2007).

2.5 Fontes de fósforo no Brasil

No Brasil, as principais fontes de fósforo são o fosfato monoamônico (MAP), com percentuais de 46 a 50 de P_2O_5 , o diamônico (DAP) com percentuais de 38 a 40 de P_2O_5 , superfosfato simples ou supersimples com percentuais de 16 a 18 de P_2O_5 e o superfosfato triplo com percentual de 18 de P_2O_5 , todos acidificados (SANTOS, 2020). Existem outras fontes de fósforo, como o fosfato natural reativo com percentual de 28 de P_2O_5 , que é produzido a partir de rochas sedimentares, que não é solúvel em água, não acidificado, tendo uma disponibilidade mais lenta para as plantas (CIBRA, 2022); o fosfato natural parcialmente acidulado, com percentual de 20 de P_2O_5 ; o hiperfosfato com percentual de 30 (pó) e percentual de 28 (granulado) de P_2O_5 ; a escória de Thomas com percentual de 12 de P_2O_5 e o termofosfato magnésiano, com percentuais de 17 de P_2O_5 e 7 de Mg (SANTOS, 2020).

Todos os fertilizantes fosfatados citados acima, vêm de compostos derivados de ácidos ortofosfórico e pirofosfatos, que se encontram em minerais como a apatita. Com a intemperização dos minerais, o fósforo é liberado e integrado na composição da matéria orgânica ou formando novos minerais, sendo encontrado no solo na forma orgânica e inorgânica.

O fósforo é um recurso finito, e cada vez mais escasso no planeta, mas de fundamental importância na agricultura. Com aumento da demanda mundial por fósforo e a extração limitada, os preços subiram consideravelmente desde 1961, quando custava 80 dólares a tonelada. Em 2015 a tonelada já custava 700 dólares. Estimativas é que a maior mina dos EUA se esgotará em 20 anos. Estudos de vida útil das reservas para suprimento da demanda estão limitadas de 60 a 250 anos, tendo uma redução na produção de alimentos por falta desse nutriente (DAVID, 2019).

Fontes alternativas de fósforo tem sido os fosfatos naturais, obtidos da moagem das rochas fosfática, com custo menor para o produtor, mas sua eficiência depende de manejo, condições de solo e cultura. Estes fosfatos insolúveis aumentam a sua eficiência com o tempo depois da aplicação no solo, disponibilizando o fósforo para as plantas com liberação gradual, ideais para manejo de longo prazo (KORNDÖRFER, 1978; SOUZA, 2011; SANTOS et al, 2012). Outra fonte alternativa de fósforo é o composto orgânico Bokashi, fermentado com mais de 10 gêneros e 90 espécies de micro-organismos, procedentes de solo fértil (FORNARI, 2002). Os esterco de animais e lodo de esgotos são outras fontes alternativas de fosforo para

uso em larga escala na agricultura, desde que curtidos, evitando contaminação por patógenos e germinação de plantas indesejadas (SILVA; VIEIRA, 2004).

Os microrganismos, através da respiração oxidativa e processos fermentativos produzem ácidos orgânicos, que atuam quebrando os cátions ligados aos íons fosfato, como cátions de ferro, alumínio e cálcio que acompanham o ânion fosfato, liberando-o às plantas. Os ácidos também agem dissolvendo as rochas fosfáticas, por dissociação liberando íons H^+ , que reduz o pH do solo.

Os ácidos inorgânicos são produzidos pela oxidação de compostos nitrogenados e enxofre inorgânico, por bactérias, e os produtos finais são ácidos nítricos e sulfúrico. O fósforo é um elemento quase indisponível para as plantas no solo, pois tem baixa mobilidade sendo um macro nutriente essencial para as plantas, o fósforo precisa estar disponível no solo e a forma de tornar isto possível é através do uso de solubilizadores de fósforo. Geralmente os solubilizadores de fósforo se encontram no solo e na superfície das sementes em pequenas quantidades e fazem parte da microbiota do solo. Entre os mais conhecidos são as bactérias dos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus*, além dos fungos *Aspergillus*, *Penicillium* e *Saccharum*, usados como inoculantes (FRANCHI, 2020).

O inoculante BiomaPhos, é o primeiro inoculante 100% nacional, desenvolvido pela empresa Bioma em parceria com a EMBRAPA, é um solubilizador de fósforo, produzido com duas cepas de bactérias (*Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*), uma do milho e outra do solo, são aptas para solubilizar o fósforo com aumento de absorção pelas raízes. Quando associadas às raízes as bactérias recebem em troca compostos fundamentais ao crescimento bacteriano, como fontes de carbono, em especial açúcares e ácidos orgânicos, com maior eficiência de absorção de fósforo pelas raízes, aumentando a produtividade.

A solubilização por microrganismos ocorre por mineralização, de forma imediata para o solo, por atividade enzimática das fosfatases, que hidrolisam o fósforo orgânico, pela produção de ácidos orgânicos e inorgânicos e/ou pela redução do pH do solo por fungos e bactérias (VIANA, 2021).

3.OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a resposta da cultura da soja orgânica a diferentes fontes de adubação fosfatada, combinadas com inoculação e sem inoculação com produto comercial a base de bactérias solubilizadoras de fosfato.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar a viabilidade da adubação fosfatada no cultivo de soja orgânica.
- Entender a dinâmica do fósforo no solo do experimento e estimar um balanço desse nutriente em função dos tratamentos.
- Estimar os custos das diferentes formas de adubação fosfatada.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo no ano agrícola de 2022/2023, com a cultura da soja, na Estação Agronômica da UERGS localizada no município de Cachoeira do Sul, Região Central do Rio grande do Sul, com latitude 29°53'11,5" S, como Argissolo Vermelho Distrófico típico. O clima é do tipo Cfa, subtropical com clima úmido e verão quente, segundo classificação de Köppen e Geiger (GOLLFARI, et al., 1978).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema bifatorial com 4 repetições (Figura 1). Cada parcela mediu 30 m² (5x6 m). Foram utilizados 10 tratamentos, como postos pela associação do Fator A (fonte fosfata) e Fator B (presença ou ausência de inoculação). Como fontes fosfatadas foram avaliadas o fosfato natural; termo fosfato; superfosfato triplo, cama de frango e uma testemunha. Os tratamentos com inoculados receberam inoculação com BiomaPhos[®], produto comercial a base de bactérias solubilizadoras de fósforo (cepas BRM 119 de *Bacillus megaterium* e BRM 2084 de *Bacillus subtilis*).

Figura 1. Vista aérea do experimento



No início do experimento foi implantada a aveia-preta (*Avena strigosa*) em solo preparado em sistema convencional com escarificação e gradagem, semeada com semeadora com espaçamento de 17 cm entre linhas, sem uso de fertilizantes, com densidade de semeadura de 90 kg/ha, no dia 02/07/2022.

A semeadura da soja foi realizada no dia 24/11/2022 (Figura 2), sendo feito sobre a palhada de aveia acamada no momento da semeadura, a qual já se encontrava em fase de maturação. O acamamento foi realizado utilizando 2 pneus médios, puxados manualmente com uma corda. Após a semeadura, foi realizada a adubação a lanço, conforme os tratamentos. A semeadura de soja foi em linhas espaçadas em 45 cm com densidade de 15 plantas/m linear, utilizando semeadora de plantio direto, específica para soja, com profundidade de 2 a 4 cm, sobre a palhada. A cultivar de soja utilizada foi a BRS 511.

Figura 2 (A, B, C) – A Manejo da palhada da aveia-preta, B soja semeada e C semeadura da soja.



A inoculação com BiomaPhos[®] foi feita nas sementes no momento da semeadura, na metade de cada parcela. De acordo com análise de solo e com a recomendação do Manual de Adubação e Calagem para os Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016), a demanda para fósforo e potássio era respectivamente, de 155 e 115 kg ha⁻¹, para expectativa de rendimento de 3000 kg ha⁻¹ de soja. Os tratamentos referentes às diferentes fontes de fósforo foram aplicados conforme a Tabela 1. A adubação potássica foi realizada com cloreto de potássio.

Tabela 1. Teor de P disponível e quantidades aplicadas de diferentes fontes de fósforo.

Fontes de Fósforo	Teor de P disponível (%)	Quantidade aplicada (Kg ha⁻¹)
Cama de aviário	4,9	4.000
Fosfato natural	23	674
Termofosfato	17	861
Superfosfato triplo	42	369
Testemunha	0	0

O manejo para controle das plantas daninhas foi feito com arranquio e capina, utilizada enxada manual, até o ponto em que não teve mais competição com a cultura da soja. A colheita foi realizada com o corte das plantas no momento em que se encontravam em ponto de colheita e trilhadas em trilhadora estacionária.

Não foi utilizado nenhum tratamento para pragas e doenças, pois não houve necessidade do uso. Não teve incidência de pragas e doenças que justificasse o uso, nem que causasse danos econômicos na cultura (Figura 3).

Figura 3. Soja BRS 511 sem danos provocados por pragas e doenças.



Foram avaliados, a produtividade, com a colheita de 2 metros lineares em cada parcela 2 m², uma vez que o espaçamento era de 45 cm. Os grãos foram pesados antes de serem secos em estufa a 105C° por 24 horas e novamente pesados. A umidade dos grãos por parcela ajustada para 14% que é o índice de umidade para comércio. Após colheita foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-10 cm e de 10-20 cm, para determinação de fósforo disponível pelo método de Mehlich 1, seguido quantificação por espectrofotometria.

Os grãos de soja secos foram moídos para determinação do teor de fósforo. Utilizou-se digestão ácida da massa seca, seguida de quantificação por espectrofotometria, de acordo com Tedesco et al (1995).

Os dados coletados foram tabulados em planilhas eletrônicas, e submetidos a análise estatística. Foi realizada a análise da variância a 5% de probabilidade de erro e testes de média, quando houve diferenças significativas, utilizando o software Sisvar (FERREIRA et al., 2019).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Produtividade da soja

Estatisticamente não houve diferença de produtividade de soja em relação às fontes de fósforo aplicadas. Entretanto, a inoculação com Biomaphos[®] proporcionou diferenças significativas na produtividade, que teve um incremento de 198,58 Kg ha⁻¹ de grãos de soja, ou seja, mais de três sacas por hectare, conforme a tabela 2.

Tabela 2. Produtividade de soja BRS 511 em função de fontes de fósforo e inoculação com Biomaphos[®].

Fontes de Fósforo	Sem Biomaphos [®]	Com Biomaphos [®]	Média
	----- kg ha ⁻¹ -----		
Cama de aviário	513,46	869,22	691,34 ns*
Fosfato natural	682,69	1006,82	844,75
Termofosfato	837,53	1137,04	987,28
Superfosfato triplo	808,09	1045,61	926,85
Testemunha	962,64	738,63	850,64
Média	760,88 b**	959,46 a	

* não difere a 5% de probabilidade de erro

** difere a 5% de probabilidade de erro pelo teste t

Em trabalho realizado por Oliveira et al. (2020), nas safras 2018/2019 e 2019/2020, em 181 áreas de observação, nas glebas onde foi realizada a inoculação com BiomaPhos[®] a soja apresentou aumento na produtividade com variação de 0,3 a 18,5%, com média de 6,3%. A variação de ganhos foram de 0,1 a 11,5 sacas /ha e média de 4,3 sacas /ha. Outro fator foi o custo da inoculação menor que o ganho em produção, que na soja na safra de 2018/2019 chegou, em média seis vezes o custo do inoculante aplicado.

Segundo Lautharte (2021), tratamentos feitos com BiomaPhos[®] na semente na hora da semeadura, proporcionaram incrementos de 1,5% de produtividade. Entretanto, quando este inoculante é aplicado em TSI (Tratamento de Sementes Industrial), os ganhos em produtividade ficaram na ordem de 3,7%, em relação a

outros tratamentos. Com BiomaPhos[®], foi observado um ganho de 186kg ha⁻¹, o que significa mais de 3 sacas por hectare.

Grant et al. (2001) em revisão a diferentes trabalhos realizados com várias espécies de vegetais, conclui que a exigência crítica principal do nutriente fósforo nas plantas é a inicial, com pouco impacto nas demais fases de desenvolvimento, apresentando pouco impacto na produtividade final. Rosolém e Tavares (2006), em estudo dos sintomas de deficiência de fósforo na cultura da soja concluíram que há diferença significativa entre tratamentos com fósforo e sem fósforo, impactando a produtividade.

No período de realização do experimento houve pouca disponibilidade hídrica (Figura 4), iniciando logo em seguida a semeadura, na qual após a emergência das plântulas, foi agravada, sendo o ano safra de 2022/2023 um dos mais castigados por severa deficiência hídrica no Rio Grande do Sul, incluindo a área do experimento. A baixa umidade do solo dificulta a solubilização e mobilidade do fósforo, principalmente em aplicação a lanço.

Tabela 3. Dados pluviométricos durante o período do experimento.

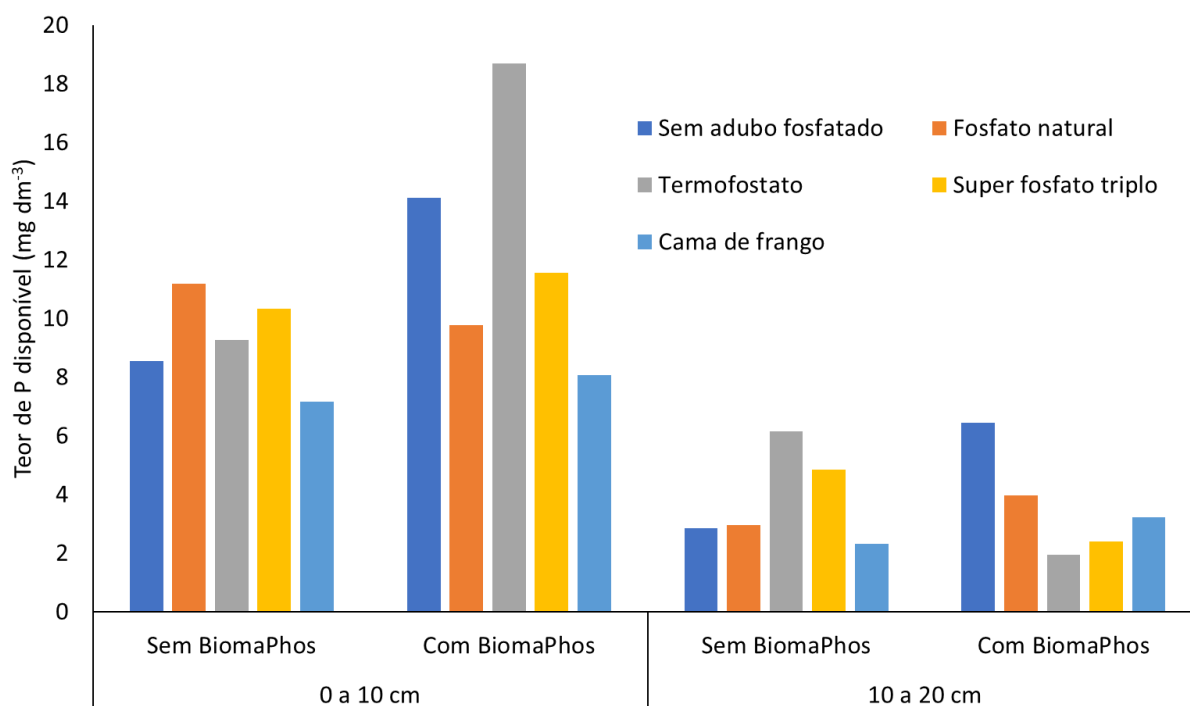
Mês/Ano	Precipitação (mm)
Dezembro/2022	97,3
Janeiro/2023	57,4
Fevereiro/2023	86,4
Março/2023	90,8
Abril/2023	51,4

Fonte: UFSM/ Metos Brasil

5.2 Teor de fósforo disponível no solo

Analisando a Figura 4, podemos observar que os níveis de fósforo disponíveis no solo após aplicação de fosfatos não apresentaram diferença estatística significativa entre os diferentes tipos de fosfatos aplicados. Os teores de fósforo foram maiores na superfície do solo, na camada de 0 a 10 cm, em relação à profundidade de 10 a 20cm.

Figura 4. Teor de P disponível por Mehlich I, em duas profundidades no solo, com cultivo de soja, em função de fontes de fósforo e inoculação com Biomaphos®.



De acordo com Corrêa et al. (2004), a disponibilidade de fósforo no solo, pode ser influenciada pela cultura que precede o plantio direto. No referido estudo, foi realizada a análise da percolação do fósforo com três tipos de palhada: milho, aveia e sorgo-de-guiné, como cobertura de solo. Com implantação do sistema de plantio direto há um aumento de matéria orgânica na superfície do solo. Franchini et al. (2001) relata que a palha em superfície libera ácidos orgânicos que diminui a adsorção do fósforo pelos colóides do solo. Neste caso Corrêa et al. (2004) chegou a conclusões que a distribuição melhor do fósforo disponível na superfície do solo para absorção maior do nutriente e crescimento melhor da soja, quando cultivada sobre palha de aveia.

5.3 Teor de fósforo no grão

Em trabalho realizado por Matos (2020), com objetivo de avaliar o uso de inoculantes com bactérias solubilizadoras de fósforo (B.S.P.) na cultura de soja e trigo, via solo, em diferentes doses de fósforo não foi observada diferença estatística em relação à testemunha. Por outro lado, houve diferença em relação à altura das plantas com relação a inoculação nas diferentes doses de fósforo.

Oliveira et al. (2020), confirmaram que o uso do inoculante BiomaPhos[®], em aplicação nas sementes, com dosagem de 100ml ha⁻¹ proporcionou ganhos em produtividade de 6.3% na cultura da soja. nutrição. Neste trabalho, ao qual, durante o período de desenvolvimento da cultura da soja, teve déficit hídrico e o teor de fósforo no solo era classificado como muito baixo, evidenciando uma possível carência nutricional em fósforo.

Conforme já mencionado, justifica o aumento do teor de fósforo no grão, maior com o uso de inoculante BiomaPhos[®] em relação aos grãos produzidos sem o uso do inoculante. O fósforo é fundamental na produção de ATP e na multiplicação celular, sendo assim quando maior a sua disponibilidade a planta maior é a produtividade. Os dados estatísticos da tabela 4 mostram diferença, em que os tratamentos com inoculante, refletiu em uma maior concentração de fósforo nos grãos. Comparando a tabela 2 com a tabela 4, chegamos à conclusão que a produtividade aumentou com relação direta entre aumento de fósforo no tecido e produtividade.

Tabela 4. Teor de fósforo no grão de soja BRS 511 em função de fontes de fósforo e inoculação com Biomaphos[®].

Fontes de Fósforo	Sem Biomaphos [®]	Com Biomaphos [®]	Média
	----- % -----		
Cama de aviário	0,90	1,65	1,28 ns*
Fosfato natural	0,65	1,37	1,01
Termofosfato	1,56	1,91	1,74
Superfosfato triplo	1,57	1,70	1,64
Testemunha	1,03	2,72	1,88
Média	1,14 b**	1,87 a	

* não difere a 5% de probabilidade de erro; ** difere a 5% de probabilidade de erro pelo teste t

5.4 Custos da adubação fosfatada

Os custos da adubação fosfatada na região do experimento, incluindo frete, são apresentados na Tabela 5. Estes valores se referem as quantidades de cada fonte de fósforo utilizada para suprir a demanda de 155 kg ha⁻¹ recomendado pela análise de solo, de acordo com o manual de adubação e calagem do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016), para a cultura da soja. Em análise dos valores por kg

de fósforo que cada adubo fosfatado contem, e o preço no mercado por kg do produto comercial, concluímos que existe grande diferença no custo final por ha.

A cama de frango teve o menor custo por hectare, com R\$ 1.200,00, seguido do superfosfato triplo com R\$ 1.964,92. Mas em cultivo orgânico não pode ser utilizado superfosfato triplo, por ser produzido com ácido sulfúrico. Porém o produtor pode utilizar o fosfato natural, que teve um custo de R\$ 2.372,48, sem restrições para cultivo orgânico. Levando em conta os custos de operação de aplicação fosfato natural, pode ser mais em conta, já que a quantidade de cama de frango em kg é de mais de três toneladas /ha. Outro fator é que o Fosfato natural tem disponibilidade gradual e reflete em maior eficiência no segundo cultivo em diante.

Tabela 5. Custos dos fertilizantes fosfatados em relação aos teores de fósforo.

Fertilizante	Teor de fósforo %	Preço/kg de fósforo R\$	Quantidades em kg ha⁻¹ de fertilizante	Preço total do fertilizante ha⁻¹ R\$
Cama de aviário	4.9	7,74	4.000	1.200,00
Fosfato natural	17	15,30	674	2.372,48
Superfosfato triplo	42	12,67	369	1.964,92
Termofosfato	23	29,78	871	4.616,30

Estes custos devem ser calculados, na hora de decidir qual fonte usar, pois a cama de frango possui uma quantidade grande de matéria orgânica em sua composição, além de índices consideráveis de potássio, nitrogênio e outros minerais, o que ajuda a elevar o índice desses nutrientes no solo, com economia com aplicação desses nutrientes, com redução das doses de outras fontes, como cloreto de potássio e uréia.

6 CONCLUSÕES

- As diferentes fontes de fósforo não proporcionaram diferença estatisticamente entre si, entretanto a inoculação com BiomaPhos[®] incrementou a produtividade de soja;
- O teor de fósforo nos grãos de soja, também foi maior nas parcelas onde foi feita a inoculação com BiomaPhos[®].
- O teor de fósforo disponível foi maior na superfície do que em subsuperfície;
- O custo benefício em adubação fosfatada é mais viável com cama de frango, pois tem menor preço por tonelada além de conter outros nutrientes em boas quantidades.

7 REFERÊNCIAS

AGROADVANCE. **Subprodutos da Soja: Conheça os Destinos e Usos da Soja brasileira**, 2023. Disponível em: <https://agroadvance.com.br> > blog... Acesso em: 16 out.2023.

CI ORGÂNICOS. **Grãos orgânicos: Cresce o Mercado de Soja e Milho orgânico**, 2021.

Disponível em: <https://ciorganicos.com.br>. Acesso em: 23 set. 2023.

CIBRA FERTILIZANTES. **Fontes de Fósforo e Suas Funções nas Plantas**.

Disponível em: <https://www.cibra.com>> fontes-de-f..., 2022. Acesso em: 20 out. 2023.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da Safra de Grãos.9º Levantamento- Safra 2022/2023**, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br> grãos. Acesso em: 22 set. 2023.

CORRÊA, J. C., et al. **Fósforo no Solo e Desenvolvimento de Soja Influenciados Pela Adubação Fosfatada e Cobertura Vegetal**, 2004. Disponível em: <https://www.Cielo.br>>pab. Acesso em; 28 nov. 2023

CROPLIFE BRASIL. **Soja, a Planta Que Conquistou o Brasil**, 2020. Disponível em: <https://croplifebrasil.org> notícias. Acesso em: 22 set. 2023.

DADAZIO. T. S., et al. **Manejo da Soja Orgânica**, 2020. Disponível em: <https://revistacampoenegócios.com.br>. Acesso em: 23 set. 2023.

DALL'AGNOL, A., et al. **Importância Socioeconômica da Soja**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br> soja im... Acesso em: 22 set. 2023.

DALL'AGNOL, A. **Fósforo, o Nutriente Que Não se Mexe**, 2021. Disponível em: <https://blogs.canalrural.com.br>. Acesso em: 20 out. 2023.

DAVID, P. K. . **O Fim do Fósforo e o Fim do Mundo Como Conhecemos**, 2019. Disponível em: <https://www.funverde.org.br/blog>. Acesso em: 20 out. 2023.

DEUSCHLE, D. et al. **Controle do Escoamento Superficial e das Perdas de Solo em Sistema Plantio Direto na Escala de Lavoura**, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br>> handle. Acesso em: 16 out. 2023

ECOBRAS- ASSOCIADO, 2020. Disponível em: organicsnet.com.br. Acesso em: 23 set. 2023.

EMBRAPA. **Soja Orgânica**, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br>< soja < soja1. Acesso em: 23 set. 2023.

FERNANDES, D. **Fósforo Nas Plantas: Qual a Importância Deste Nutriente**, 2023. Disponível em: <https://nuticaodesafras.com.br>. Acesso em: 25 set. 2023.

FRANCHI, L. **Solubilizadores de fósforo: Você Sabe o Que é?**– Agroinovadores, 2020. Disponível em: <https://agro.genica.com.br>> solubil. Acesso em: 24 out.2023.

FRANCHINI, J. C.; GONZALEZ-VILA, F.G.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. **Rapid Transformations of Plant Water Soluble Organic Compounds in Relation to Cation Mobilization in on Acid Oxisol**. Plant Andsoil, v.331, p.55-63, 2001.

GRANT, et al. **The Importance of Early Season Phosphorus Nutrition**. Canadian Journal of Plant Sciense, v. 81, p. 211-224, Canada, 2001.

GOLLFAR, L. et al. **Zoneamento Ecológico Esquemático Para Reflorestamento no Brasil (2 a. aproximação)**. Belo Horizonte, MG: PRODEPEF, 1978 66 p.il.

.IBGE. **Censo Agropecuário**, 2023. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística, Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 set. 2023.

IDR-PARANÁ. **IDR-Paraná Lança Três Cultivares de Soja Orgânica**, 2022. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br>. Acesso em: 15 out. 2023.

KORNDÖRFER, G. H. **Capacidade de Fosfatos Naturais e Artificiais Fornecerem Fósforo Para as Plantas de Trigo**. Porto Alegre, 1978. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 1978.

LAUTHARTE, D. M. et al. **Avaliação da Eficiência do Uso de Solubilizador de Fósforo na Desenvolvimento da Cultura da Soja em São Luiz Gonzaga-RS**, 2021. Disponível em: <https://pev-proex.uergs.edu.br>. Acesso em: 26 nov. 2023.

LOPES, A. S. et al. **Sistema Plantio Direto: Bases Para o Manejo da Fertilidade do Solo**,2004. Disponível em: <https://anda.gov.br>2018/10>. Acesso em: 20 out.2023.

MOTOMIYA, W. R. et al. **Métodos de Aplicação de Fosfato na Soja em Plantio Direto**. Disponível em: <https://www.cielo.br>pab> PDF. Acesso em: 27 nov. 2023.

MATOS, J. V. de, 2020. **Efeito de Bioestimulante via Solo na Nutrição e no Rendimento de Grãos de Soja e Trigo**,2020. Dicertação de Mestrado em uso e Manejo do Solo, Ponta Grossa- PR. Disponível em: <https://tedez.uepg.br/jspui/handle/prefix/3304>. Acesso em: 30 nov. 2023.

NUNES, J. L. da S. 2020. **História da Soja**, 2020. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br> soja. Acesso em: 13 out. 2023.

PEREIRA, H. S. **Fósforo e Potássio Exigem Manejos Diferenciados**. Esalq. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br>files>. Acesso em: 16 out.2023.

RHEINHEIMER, D. dos S. et al. **Ciclo Biogeoquímico do Fósforo, Diagnóstico de Disponibilidade e Adubação Fosfatada**, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net> >345. Acesso em: 24 set. 2023.

ROSOLÉM, C.A.; TAVARES, C.A. **Sintomas de Deficiência Tardia de Fósforo em Soja**, 2006. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, n.02, p. 385-389, 2006.

RISSI, Y. R. **A Importância do Fósforo na Cultura da Soja**, 2020. Disponível em: <https://www.ufsm.br>>2021/06/29. Acesso em: 15 out. 2023.

SANTOS, M. S. dos. **Conheça as Principais Fontes de Fósforo (P) Disponíveis**, 2020. Disponível em: <https://maissoja.com.br>. Acesso em: 20 out. 2023.

SANTOS, G. A.; SOUZA, R.T.X.; KORNDÖRFER, G.H. **Lucratividade em Função do Uso e Índice de Eficiência Agronômica de Fertilizantes Fosfatados Aplicados em Pré-Plantio de Cana-De-Açúcar**, Biosi.J., Uberlândia, v.28, n6, p.846-851, 2012.

SOUZA, R. F. de et al. **Formas de Fósforo em Solos Sob Influência da Calagem e Adubação Orgânica**, 2007 Disponível em: <https://www.scielo.br/rbcs>. Acesso em: 20 out.2023.

SOUZA, R.T.X. **Fertilidade Organomineral Para Cana-De-Açúcar Aplicados em Pré-Plantio (Fosfatagem)**. 2011, 40f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

STEVENSON, F. J. **Cicles of Soil**. New York: Wiley-Interscience Publication, 1986.

TEDESCO, J. M. et al. **Análise de Solo, Planta e Outros Materiais. 2.ed.** Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

UFSM, Universidade Federal de Santa Maria. **Estação Meteorológica da UFSM-CS**. Disponível em: <https://www.ufsm.br/estação-mete>. Acesso em: 06 dez. 2023.

USDA. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. **USDA/PSD (06/2023)**. apps.fas.usda.gov. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov>. Acesso em: 22 set. 2023.

VIANA, G. **BiomaPhos Rendeu R\$105 Milhões ao País em 2020 Com Aumento de Produtividade de Soja e Milho**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.com.br> > notícias. Acesso em: 21 out. 2023.

VIEIRA, R. F.; SILVA, C. M. M. Souza. **Utilização de Lodo de Esgoto Como Fonte de Fósforo na Cultura da Soja, 2004** Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 24 out. 2023.

VOLTOLINI, G. B. **Deficiência em Fósforo Limita Produtividade**, 2015. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br>. Acesso em: 20 out. 2023.