

“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS

*Selton Vinícius Domingos Ferreira*

**REDUÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO  
COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM SOJA**

Ilha Solteira – SP

Janeiro de 2023

“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS

*Selton Vinícius Domingos Ferreira*

**REDUÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO  
COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM SOJA**

**Orientador:** Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

**Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado à Faculdade de  
Engenharia de Ilha Solteira –  
UNESP, como parte dos  
requisitos para obtenção do grau  
de Engenheiro Agrônomo.**

Ilha Solteira – SP

Janeiro de 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

F383r      Ferreira, Selton Vinicius Domingos.  
Redução da adubação fosfatada em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento em soja / Selton Vinicius Domingos Ferreira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023  
47 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Inclui bibliografia

1. Glycine max (L.) Merrill. 2. Adubação fosfatada. 3. Dose de P2O5. 4. Coinoculação.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Redução da adubação fosfatada em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento em soja

ALUNO: *Selton Vinícius Domingos Ferreira*

RA: 181051729

ORIENTADOR: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Aprovado ( X ) - Reprovado ( ) pela Comissão Examinadora com Nota: 9,7

Comissão Examinadora:

*Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho*

---

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

*Presidente (Orientador)*

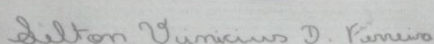


---

Dr. Edson Cabral da Silva

*Guilherme Carlos Fernandes*

Me. Guilherme Carlos Fernandes



---

Selton Vinícius Domingos Ferreira

Ilha Solteira, 12 de janeiro de 2023.

*Dedico...*

*Aos meus pais, Elisandra Cristina de Oliveira Domingos e Marcus Vinicius Silva Ferreira que o tempo todo me apoiaram, me educaram e orientaram para que me tornasse uma boa pessoa e um bom profissional, sem eles seria impossível chegar onde estou. Essa vitória também é deles!*

Ofereço...

*Aos meus familiares e colegas de graduação que de alguma forma contribuíram com a minha formação, serei eternamente grato.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente à Deus, por tudo que fez em minha vida, pela saúde, alegrias e conquistas, sem dúvidas a minha fé me fez chegar onde estou e me tornar a pessoa que sou. Deus é maravilhoso.

À minha irmã, Luiza Cristina Domingos Ferreira por me motivar cada vez mais a ser um exemplo de irmão e um espelho para ela. Te amo irmã.

À toda minha família, em especial à minha avó Chica por sempre me incentivar a estudar e seguir o caminho correto da vida, e aos meus irmãos Caio Molina e Ana Paula por serem um exemplo de bondade, companheirismo e dedicação.

À minha namorada Jhenifer Paschoalim, por me inspirar a ser melhor a cada dia que passa, e me inspirar a lutar por aquilo que quero. Um exemplo de esforço e força de vontade.

Ao meu professor e orientador Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, pelos ensinamentos, orientação e oportunidades. Você é uma pessoa iluminada por Deus, serei eternamente grato ao senhor.

Ao grupo de pesquisa Nutrição de Plantas, por todo aprendizado e pesquisas concluídas. E ainda, por todo apoio nas atividades realizadas durante a condução desse trabalho, vocês foram cruciais no desenvolvimento dessa pesquisa.

E por fim, à todos colegas e amigos de graduação que me ajudaram e incentivaram de alguma forma durante esses cinco anos, com certeza ficarão pra sempre em minha memória.

## RESUMO

A soja possui extrema importância na economia brasileira e mundial, sendo o Brasil o maior produtor mundial dessa oleaginosa. Sendo uma cultura de alto valor, os avanços em pesquisas e tecnologias são essenciais, destacando o uso de Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (BPCPs), prática indispensável para a cultura que permite uma redução no uso de fertilizantes, principalmente os fosfatados. Levando em consideração que coinoculação de BPCPs propiciam maior crescimento do sistema radicular e vegetativo das plantas, elevando a produtividade de maneira sustentável, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da coinoculação com BPCPs e *B. japonicum* associado a redução de 25% da adubação fosfatada, na nutrição das plantas, nodulação, componentes de produção e produtividade de soja na região do Cerrado. O projeto foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista, localizada no município de Selvíria (MS), com Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa, safra 2021/2022. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com cinco repetições e onze tratamentos. Nos tratamentos 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 utilizou-se 25% de redução da adubação com fósforo, o tratamento 1 não recebeu adubação e o 3 recebeu 100% da adubação fosfatada recomendada. Em todos os tratamentos utilizou-se inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*, em aplicação isolada nos tratamentos 1, 2 e 3, e em associação com outro bactéria/produto microbiológico nos demais tratamentos. Não houve diferença entre os tratamentos em relação aos teores de nitrogênio e fósforo foliar, assim como não houve diferença entre os tratamentos em relação ao acúmulo de macronutrientes nos grãos de soja, exceto para o acúmulo de S nos grãos. Os maiores acúmulos de fósforo na palhada foram obtidos em tratamentos com P reduzido associado ao uso de microrganismos. Não foi possível identificar uma maior eficiência das coinoculações aliado a redução de adubação fosfatada no que se refere a produtividade de grãos.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.) Merrill; adubação fosfatada; Dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; Co-inoculação.

## ABSTRACT

Soy is extremely important in the Brazilian and world economy, with Brazil being the world's largest producer of this oilseed. Being a high-value crop, advances in research and technology are essential, highlighting the use of Plant Growth Promoting Bacteria (BPCPs), an indispensable practice for the crop that allows a reduction in the use of fertilizers, especially phosphate ones. Taking into account that coinoculation of BPCPs provide greater growth of the root and vegetative system of plants, raising productivity in a sustainable way, the present work aimed to evaluate the effect of coinoculation with BPCPs and *B. japonicum* associated with a 25% reduction in fertilization phosphate, on plant nutrition, nodulation, production components and soybean productivity in the Cerrado region. The project was developed at the Teaching, Research and Extension Farm of the Universidade Estadual Paulista, located in the municipality of Selvíria (MS), with Dystrophic Red Latosol with clayey texture, 2021/2022 harvest. The experimental design used was randomized blocks, with five replications and eleven treatments. In treatments 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 and 11 a 25% reduction in phosphorus fertilization was used, treatment 1 did not receive fertilization and 3 received 100% of the recommended phosphorus fertilization. Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* was used in all treatments, in isolated application in treatments 1, 2 and 3, and in association with another bacteria/microbiological product in the other treatments. There was no difference between treatments in relation to leaf nitrogen and phosphorus contents, as well as there was no difference between treatments in relation to the accumulation of macronutrients in soybean grains, except for the accumulation of S in the grains. The highest accumulations of phosphorus in the straw were obtained in treatments with reduced P associated with the use of microorganisms. It was not possible to identify a greater efficiency of coinoculations combined with the reduction of phosphorus fertilization in terms of grain yield.

**Keywords:** *Glycine max* (L.) Merrill; phosphorus fertilization; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dose; Coinoculation.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1-** Tratamentos com as respectivas inoculações ou coinoculações associados a doses de fósforo.....20

**Tabela 2-** Teor foliar de Nitrogênio (N), teor foliar de Fósforo (P), número de nódulos (NOD) e massa seca dos nódulos (MNOD), no momento do florescimento da soja das plantas em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2021/2022.....24

**Tabela 3-** Acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na palhada da soja das plantas em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2021/2022.....25

**Tabela 4-** Acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nos grãos da soja das plantas em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2021/2022.....27

**Tabela 5-** Altura de plantas (ALT), altura da inserção da primeira vagem (INSER), massa de 100 grãos (M100), número de vagens (NVAG) e número de grãos por vagem (NGV) de soja das plantas em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2021/2022.....29

**Tabela 6-** Massa seca da palhada e produtividade de grãos da soja das plantas em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2021/2022.....31

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1-** Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima registradas durante o experimento, no período de 16 de novembro 2021 a 08 de

março de 2022, em Selvíria - MS.....18

## **SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	12
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	14
2.1 A CULTURA DA SOJA	14
2.2 ADUBAÇÃO FOSFATADA	17
2.3 BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTA	18
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	20
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	20
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	21
3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	22
3.4 AVALIAÇÕES REALIZADAS	23
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	24
4.1 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES	24
4.2 ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES DA PALHADA	26
4.3 ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES NOS GRÃOS	27
4.4 COMPONENTES DE PRODUÇÃO	26
<b>5. CONCLUSÕES</b>	30
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	31
<b>7. ANEXOS</b>	40

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) é uma leguminosa que possui extrema importância na economia brasileira e mundial. Seus grãos possuem altos teores de proteínas e lipídeos, representando cerca de 60% do peso dos grãos (MORAES et al., 2006). Sendo então uma fonte primária de óleo e proteína vegetal. Além de fazer parte da dieta humana e animal, a soja também é comercializada para produção de biocombustíveis (YOKOMIZO et al., 2000).

Tendo em vista a alta taxa e crescimento da população mundial, tem-se avançado as pesquisas de inoculação e coinoculação de microrganismos, como as bactérias promotoras de crescimento de plantas, com o intuito de aumentara produtividade sem a abertura de novas áreas. Técnicas como a coinoculação ou também denominada por inoculação mista, baseia-se na utilização de combinações distintas de microrganismos, aos quais fornecem efeito sinérgico, no qual o resultado produtivo é superior em comparação ao método convencional, quando empregado de forma isolada (BENETTI, 2017). Sabe-se que a inoculação de grãos de soja com bactérias fixadoras de nitrogênio (FBN) do gênero *Bradyrhizobium* tem se tornado uma tecnologia indispensável para a cultura, sendo capaz de possibilitar a redução dos gastos em fertilizantes (SILVA-ABUD, 2021).

García De Salmone, (2011) elenca que uma das alternativas que são eficazes para aumentar a eficiência do uso dos fertilizantes melhorando o crescimento das plantas é a inoculação com bactérias promotoras de crescimento de planta (BPCPs). Atualmente muitas pesquisas têm sido voltadas para a utilização de bactérias na agricultura, entre elas destacam-se as bactérias dos gêneros *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Herbaspirillum* e *Burkholderia* que são conhecidas como bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) (TEIXEIRA FILHO; GALINDO, 2019).

As plantas tem seu crescimento estimulado por uma vasta gama de mecanismos que são descritos conforme sua atuação, como a produção e secreção de fitormônios como o ácido indol-3-acético (AIA), etileno, citocininas e giberelinas (MEZA et al., 2015) pela fixação biológica de nitrogênio (FBN)

(PANKIEVICZ et al., 2015), aumento da eficiência de uso do N (GALINDO et al., 2016) e aumento da nodulação nas raízes das plantas e acúmulo de N na parte aérea (PAVANELLI; ARAUJO, 2009). Diversos estudos confirmam que *Azospirillum spp.* é capaz de produzir fitormônios que estimulam o crescimento de raízes de diversas espécies de plantas, através da síntese de ácido indol-3acético (AIA), giberelinas e citocininas (BUSO et al., 2021).

Os solos das áreas de produção agrícolas do Brasil geralmente apresentam características de acidez elevada e predomínio de fosfato de ferro e fosfato de alumínio, devido ao processo de atração eletrostática entre as cargas do íon fosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) e as cargas positivas da argila, sendo que a adsorção vem em seguida, havendo troca de ligantes, como o  $\text{OH}^-$  e  $\text{OH}_2^+$ , da superfície dos óxidos pelo  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  da solução (MACHADO, 2021). Tal fato ocasiona em baixa disponibilidade do elemento fósforo para nutrição das plantas (SANTOS, 2021). Desta forma, tem-se constatado a aplicação de fertilizantes fosfatados com objetivo de suprir a deficiência de P. Todavia, quando fontes de fósforo solúvel é são adicionadas ao solo, esse nutriente pode ser adsorvido na superfície dos coloides ou complexados a compostos muito pouco solúveis de Fe e Al (BRADY; WEIL, 1996).

Diante disso, pode-se considerar outro efeito promotor de crescimento que vem sendo estudado, a solubilização de fosfato por microrganismos inoculados via semente ou suco de semeadura (GUIMARÃES et al., 2021). Há relatos na literatura de várias BPCPs que têm capacidade de produzir enzimas (fosfatases ácidas) que agem disponibilizando o P ligado à matéria orgânica e ácidos orgânicos que podem agir disponibilizando o P pouco solúvel ligado a compostos de Fe e Al (BOLAN et al., 1997). O uso de inoculantes contendo cepas eficientes de bactérias permitirá reduzir o uso de fertilizantes químicos na agricultura, e poderá aumentar a eficiência da adubação fosfatada, bem como trazer estratégias agronômicas que preservem o meio ambiente (SANTOS, 2021).

Pesquisas evidenciam que a coinoculação de *Azospirillum brasilense* com *Bradyrhizobium japonicum* proporcionou, para a cultura da soja, aumento da produtividade e lucratividade em relação a não utilização das bactérias (GALINDO et al., 2018). Assim como, a coinoculação de *Pseudomonas fluorescens* com *Bradyrhizobium japonicum* foram agronomicamente eficiente resultando ganhos em crescimento e desenvolvimento da cultura, mantendo ou

elevando a produtividade, mesmo com redução da dose de fertilizante fosfatado (GUIMARÃES et al., 2021). E ainda, segundo Silva-Abud, (2021) a coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* mostrou que a interação das duas estirpes proporcionou aumento na matéria verde da raiz e matéria seca da parte aérea, significando um melhor desenvolvimento vegetativo da planta.

À vista desta problemática e dada a importância da soja para a economia brasileira, torna-se necessário a busca por tecnologias que evoluam a eficiência dos fertilizantes, com intuito de reduzir os gastos com os mesmos, preservar o meio ambiente e aumentar a produtividade sem a abertura de novas áreas. Desse modo, baseado na hipótese que a coinoculação de bactérias promotoras de crescimento com o *Bradyrhizobium japonicum* propicia maior crescimento do sistema radicular das plantas e aumenta a nodulação, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da coinoculação com BPCPs e *B. japonicum* associado a redução de 25% da adubação fosfatada, na nodulação, nutrição com N e P, crescimento e produtividade de grãos de soja na região de Cerrado.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A CULTURA DA SOJA**

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é dada como umas das principais culturas de interesse econômico mundial. Seus grãos são muito usados pela agroindústria (produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal), indústria química e de alimentos. Recentemente, vem crescendo também o uso como fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO; ROSSI, 2000).

Esta planta apresenta como centro de origem o nordeste da Ásia (China) e sua disseminação do Oriente para o Ocidente ocorreu por meio de navegações, chegando na Europa na década de 1712. O primeiro cultivo de soja nos Estados Unidos foi relatado em 1765, onde a cultura se expandiu, necessitando de investimentos em pesquisas em busca de cultivares adaptados às condições da região, com resistência a doenças e boa produtividade (GAZONNI, 2018).

No Brasil, o primeiro relato de cultivo da soja foi em 1882, no estado da

Bahia (BLACK,2000). Logo após, foi levada para São Paulo por imigrantes do Japão, e apenas em 1914, a soja foi relatada no estado do Rio Grande do Sul, sendo nesta região, onde as variedades vindas dos Estados Unidos melhor se adaptaram as condições edafoclimáticas (BONETTI, 1981).

Com o avanço do cultivo da soja, no Brasil, surge a implantação de programas de melhoramento que possibilitaram o avanço da cultura para regiões de baixas latitudes, com o desenvolvimento de cultivares mais adaptados por meio da incorporação de genes que atrasam o florescimento mesmo em condições de fotoperíodo indutor, conferindo a característica de período juvenil longo (KIIHL; GARCIA, 1989).

A produção de soja na região de Cerrado obteve sucesso devido às pesquisas iniciadas pela Dra. Johanna Döbereiner (EMBRAPA, 2018). Johanna estudou na década de 1960 os aspectos que limitavam a fixação biológica de nitrogênio (FBN) em leguminosas tropicais.

A partir de 1970 ocorreu uma evolução na área cultivada de soja no Brasil, onde houve a abertura e consolidação de novas áreas destinadas a agricultura no sul brasileiro. Já em meados da década de 1980, essa expansão já havia atingido a região Centro-Oeste, onde a mesma saltou de 2% para 20% da produção nacional de soja (EMBRAPA, 2004).

A cultura liderou a implantação de uma nova civilização no Brasil central, levando desenvolvimento para uma região que antes era desvalorizada, transformando os pequenos conglomerados urbanos existentes em metrópoles. Foi à soja, a grande responsável pelo surgimento da agricultura comercial no Brasil, assim como impulsionou a agroindústria nacional (EMBRAPA, 2010).

A Embrapa (2007) ressalta que o farelo de soja é ofertado aos mercados interno e externos, sendo seu principal uso a alimentação animal, principalmente de aves e suínos. A média histórica da safra brasileira demonstra um rendimento industrial de 80% de farelo e 20% de óleo bruto. Demonstrando a importância dessa cultura na alimentação animal, sendo imprescindível para uma produção que atenda o mercado nacional e internacional de carne.

Segundo Canal Rural, o Cerrado representa 52% da área total de soja cultivada no Brasil. A FBN viabilizou a produção e exportação da soja, garantindo

que o produto brasileiro seja competitivo no mercado internacional (ANPII, 2017), milhões de toneladas de nitrogênio atmosférico são fixadas anualmente por bactéria, sem a necessidade de adubação com fertilizantes nitrogenados (HUNGRIA et al., 1997)

A região Centro-oeste, que abrange a o Bioma Cerrado, é líder nacional na produção de soja, cultivando na safra 2020/21 mais de 17 milhões de hectares, resultando em uma produção de mais de 61 milhões de toneladas, com uma produtividade média de 3.562 kg ha<sup>-1</sup>. No topo da produção, têm-se o estado de Mato Grosso, com área cultivada de 1030 hectares, obtendo a produção de 35.885 milhões de toneladas (CONAB, 2021).

Segundo MapBiomas (2022), as plantações de soja crescem e ocupam quase 10% do Cerrado, tendo um crescimento de 1.443% de 1985 a 2021, ocupando quase 25 milhões de hectares do bioma, atualmente.

A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) prevê produção recorde para a soja na temporada 2022/23, projetada em aproximadamente 150 milhões de toneladas. Levantamentos realizados sobre a safra 2021/22, a colheita da soja foi prevista em 124 milhões de toneladas. Desse modo, a colheita prevista para 2022/23 tende a ser 21,25% maior que a temporada passada. Ademais, com a melhora esperada na produtividade, estima-se exportações na ordem de 92 milhões de toneladas, totalizando um aumento de 22,2% em relação a safra 2021/22 (CONAB, 2022).

Uma nutrição balanceada para a cultura é imprescindível para atingir altas produtividade. Elementos como o fósforo participa de funções importantes nas células, como o metabolismo de lipídios, hidrogênio, oxigênio e carbono. Atua também no armazenamento e transferência de ATP, na respiração e fotossíntese (MEURER et al., 1981). A baixa disponibilidade de fósforo no solo, pode afetar os principais componentes de rendimento das culturas, levando a redução no porte da planta e na altura de inserção das primeiras vagens, menor produção e abortamento de flores e maior aborto dessas estruturas, contribuindo para uma baixa produtividade da cultura (GUERRA et al., 2006) e na qualidade fisiológica das sementes (Carvalho et al., 2015).

## 2.2 ADUBAÇÃO FOSFATADA

O fósforo está entre os nutrientes mais requeridos durante o desenvolvimento da grande maioria das culturas, bem como na soja. Entretanto a maior parte deste nutriente presente nos solos brasileiros se encontra fixado nos coloides do solo, ou seja, aderido por ligação covalente. Desta forma, isso prejudica a absorção do nutriente pelas plantas, e por isso são aplicadas grandes quantidades de fertilizantes fosfatados nas culturas, onerando os gastos ao produtor (ROSA; CAPONI; ZANÃO JUNIOR, 2016).

Em 2018, segundo dados da GlobalFert, o Brasil importou 24,96 milhões de toneladas de fertilizantes NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), volume 4% maior que em 2017. Sendo que, somente os adubos fosfatados, segundo a consultoria, correspondem 23% desse montante, atingindo 5,69 milhões de toneladas importadas no ano. Dessa maneira, torna-se necessário buscar soluções para diminuir a quantidade de fertilizantes importados, fato que reduziria grande parte do consumo e gastos por parte do produtor.

Por outro lado, fornecer quantidades ideais de fósforo para a planta, promove incrementos significativos na produtividade da soja em áreas de cerrado, até mesmo no primeiro ano de cultivo (ARAÚJO et al., 2005). Vale ressaltar que, o fósforo atua no desenvolvimento radicular das culturas (CRUSCIOL et al., 2005; RIBEIRO et al., 2010), favorecendo a absorção de água e nutrientes.

Em conformidade com Silveira e Moreira (1990), que verificaram que diversos fatores, sejam internos ou externos, podem interferir diretamente na resposta da soja à adubação fosfatada. Tendo como os fatores internos exemplos como, o tipo de cultivar utilizado e o estado nutricional da planta. Enquanto que como fatores externos, destacam-se a textura e umidade do solo, fundamentais na absorção de fósforo pelas plantas.

De acordo com o INPI (2003), os sintomas de deficiência de fósforo na fase vegetativa estão se associam a plantas raquíticas, com crescimento lento e conseqüentemente de baixa estatura. Além disso, a baixa disponibilidade de fósforo afeta de forma negativa a fixação biológica de nitrogênio, sendo o responsável pela demanda de energia para o processo de formação dos nódulos. Na fase reprodutiva, a deficiência de fósforo afeta o florescimento, a maturação

e o enchimento de grãos, evidenciando a importância da adubação fosfatada para a cultura.

Conforme Sinclair (1993), a soja requer altas quantidades de fósforo, principalmente na época de fixação das vagens. Em caso de deficiência de fósforo, o florescimento e a maturação são atrasados. Ademais, a colheita será impactada já que ocorre uma redução no porte da planta e na altura de inserção da primeira vagem (TANAKA; MASCARENHAS, 1992).

Entre as BPCPs, os gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Rhizobium* estão entre as bactérias mais eficientes na solubilização de P (RODRIGUEZ; FRAGA, 1999). Para um maior entendimento da capacidade e da eficiência de microrganismos em solubilizar diferentes fosfatos, pode levar à seleção de isolados com alto potencial de uso para a inoculação em plantas.

### 2.3 BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTA

De acordo com Mariano (2013), as bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) se enquadram na população residente das plantas podendo ser epifíticas ou endofíticas e não são fitopatogênicas. Podem ser utilizadas para tratamento de sementes, explantes e mudas micropropagadas, incorporadas ao substrato de plantio, tratamento de estacas, tubérculos e raízes, pulverizações na parte aérea incluindo folhagem e frutos, e em pós-colheita. As principais BPCP são encontradas entre as *Pseudomonas spp.* não fluorescentes e fluorescentes; espécies de *Bacillus*, *Streptomyces*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Acetobacter* e *Herbaspirilu*; *Agrobacterium radiobacter*, *Enterobacter cloacae* e *Burkholderia cepacia*, entre outras.

Esses microrganismos atuam promovendo diretamente o crescimento pela produção de ácido cianídrico, fitohormônios, enzimas como a ACCdeaminase, mineralização de nutrientes, solubilização de fosfatos, fixação do nitrogênio e aumento da absorção pelas raízes, entre outros. Sendo a promoção de crescimento considerada indireta quando a planta está sendo atacada por um patógeno e as BPCP atuam como agentes de controle biológico através da produção de ácido cianídrico, bacteriocinas e antibióticos, competição

por espaço e nutrientes, parasitismo, indução de resistência e proteção cruzada (CONN et al., 1997; LAZAROVITS; NOWAK, 1997).

As BPCP induzem mecanismos de defesa das plantas, causando resistências sistêmicas aos ataques dos patógenos (FUKAMI; CERZINI; HUNGRIA, 2018). Por exemplo, os gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Azospirillum*, tem capacidade de controlar muitas doenças fúngicas e bacterianas, e ainda reduzem a infestação de nematoides (WHIPPS, 2001; FUKAMI; CERZINI; HUNGRIA, 2018). A partir dessas ações existe uma melhoria sustentável na produção de soja, melhorando o crescimento e o sistema de defesa das plantas contra patógenos (TARIQ et al., 2020).

Os microrganismos solubilizadores de fosfato (PSM) atuam por meio de dois mecanismos de ação. Sendo o primeiro, conhecido como mineralização, onde o fósforo é liberado em formas prontamente assimiláveis pela atividade enzimática específica de enzimas fosfatases que hidrolisam o P-orgânico presente em fíatos, fosfolipídios e ácidos nucleicos (NAHAS; ASSIS, 1992). O segundo mecanismo de solubilização se refere a produção de ácidos inorgânicos e orgânicos, devido a diminuição do valor do pH pelos PSM (GYANESHWAR et al., 2002).

Esses microrganismos utilizam de inúmeros artifícios para transformar fosfatos pouco solúveis em solúveis, sendo esses processos de quelação, acidificação, e reações de troca, porém o mecanismo principal da solubilização é produção dos metabólitos ácidos orgânicos (HAMEEDA et al., 2008; YOUNG et al., 2013). Outros PSM possuem habilidade de solubilizar formas não disponíveis de fósforo no solo, agregado em moléculas de ferro através da funcionalidade dos sideróforos. Os sideróforos são compostos secundários do metabolismo de algumas espécies de microrganismos, estes possuem função principal de complexar ferro e outros metais no seu estado insolúvel (SHARMA et al., 2013; SANTOS et al., 2014).

Ademais, raízes de plantas e PSM podem excretar alguns ácidos orgânicos, como citrato, oxalato e malato, durante os processos de solubilização do fósforo, sendo que esses ácidos são observados por aumentar a disponibilidade de P inorgânico nos solos através da dessorção (GROSS et al., 2020; LIANG et al., 2020). Dependendo das especificidades da dissociação e de

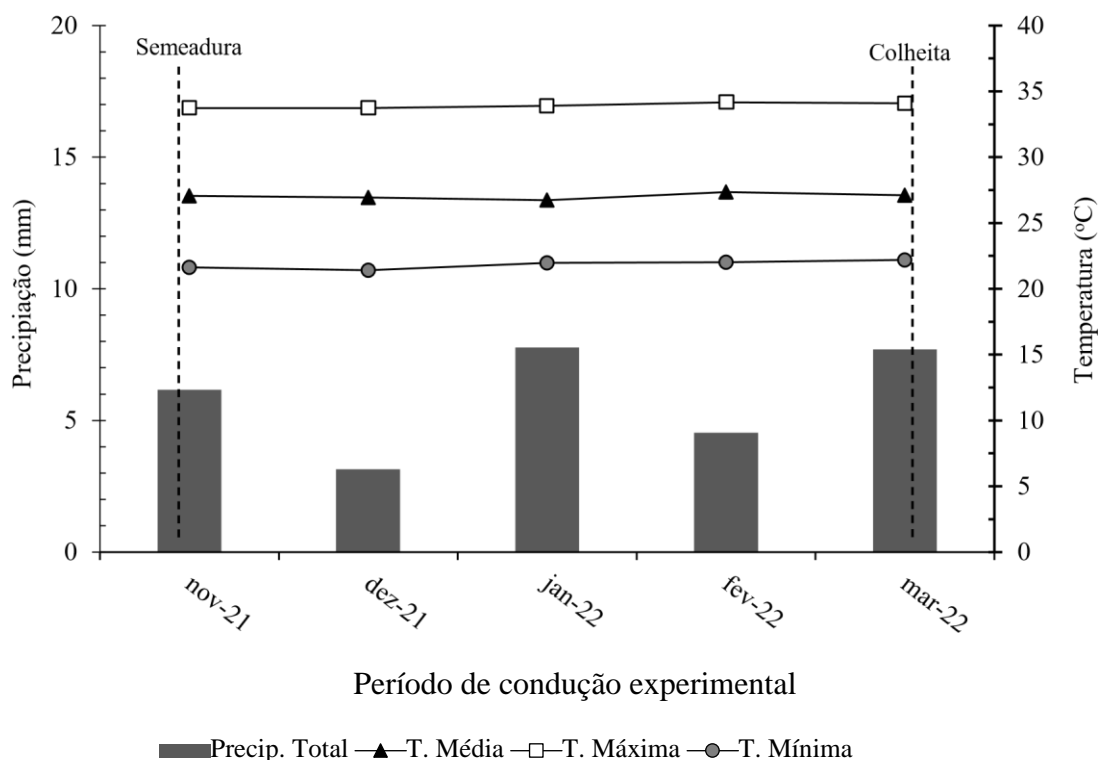
grupos carboxílicos, os ácidos orgânicos tem potencial de carregar funções para aumentar a dessorção do P inorgânico. Uma vez que o P insolúvel em solos está sempre inibido pela presença de Ca, Fe, Al, ou cátions de metais pesados (LUYCKX et al., 2020).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento de soja foi desenvolvido em área experimental, localizada na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da UNESP, Campus de Ilha Solteira – SP, situada nas coordenadas 22° 25' 5" S e 51° 20' 30" O, no município de Selvíria - MS, com altitude de 335 m. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa Embrapa (2018), cultivado nos últimos 16 anos em sistema plantio direto (S.P.D.) tendo soja e mamona como cultivos antecessores. A classificação climática da região, de acordo com Köppen, é de verão chuvoso e seca predominante no inverno, os dados climáticos do período experimental foram coletados e descritos. O experimento foi conduzido em área de sequeiro, e conforme o gráfico de precipitação pluvial nos mostra (Figura 1), foi um período de poucas chuvas com uma média de 8 mm ao mês, tratando-se de chuvas irregulares, principalmente na época reprodutiva da cultura. Ainda, conforme Irmak et al. (2014), a necessidade hídrica da cultura da soja sob regime hídrico irrigado e de sequeiro foi de 592 mm (100% da ETc) e 452 mm, respectivamente.

**Figura 1.** Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima registradas durante o experimento, no período de 16 de novembro 2021 a 08 de março de 2022, em Selvíria - MS.



Fonte: <http://clima.feis.unesp.br/>.

Após a análise química do solo conforme metodologia proposta por Raji et al. (2001), constatou-se os seguintes resultados dos atributos químicos do solo na camada arável (0,00 a 0,20 m): 44 mg dm<sup>-3</sup> de P (resina); 13 mg dm<sup>-3</sup> de S-SO<sub>4</sub>; 18 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica.; 5,2 de pH (CaCl<sub>2</sub>); K, Ca, Mg, H+Al = 3,3; 20,0; 14,0 e 28,0 mmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente; Cu, Fe, Mn, Zn (DTPA) = 3,4; 24,0; 23,9 e 2,4 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente; 0,27 mg dm<sup>-3</sup> de B (água quente) e 57% de saturação por bases.

### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado no trabalho foi em blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos do experimento com BPCPs constam abaixo, conforme a Tabela 1. Todos os tratamentos foram inoculados via semente com *Bradyrhizobium japonicum*. Infelizmente os produtos não podem ser descritos conforme contrato com a empresa que fomentou esta pesquisa. As parcelas foram compostas por 6 linhas de 5 m cada, com espaçamento entre linha de 0,50 m, totalizando 15 m<sup>2</sup>. E ainda, as doses dos micro-organismos utilizados foi de 100 mL / 50 kg de sementes, em todos os tratamentos.

**Tabela 1-** Tratamentos com as respectivas inoculações ou co-inoculações associados a doses de fósforo.

Tratamentos	Inoculações	Adubação com P
T1	Testemunha absoluta inoculada com <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Apenas adubação de K <sub>2</sub> O
T2	Testemunha inoculada com <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	P reduzido 75% = 45 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
T3	Testemunha inoculada com <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	P completo (100% = 60 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
T4	Co-inoculação <i>Bradyrhizobium japonicum</i> + <i>Azospirillum brasilense</i> registrado	P reduzido 75% = 45 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
T5	Co-inoculação <i>Bradyrhizobium japonicum</i> + Produto biológico I	P reduzido 75% = 45 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
T6	Co-inoculação <i>Bradyrhizobium japonicum</i> + Produto biológico II	P reduzido 75% = 45 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
T7	Co-inoculação <i>Bradyrhizobium japonicum</i> + Produto biológico III	P reduzido 75% = 45 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
T8	Co-inoculação <i>Bradyrhizobium japonicum</i> + Produto biológico IV	P reduzido 75% = 45 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
T9	Co-inoculação <i>Bradyrhizobium japonicum</i> + Produto biológico V	P reduzido 75% = 45 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
T10	Co-inoculação <i>Bradyrhizobium japonicum</i> + Produto biológico VI	P reduzido 75% = 45 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
T11	Co-inoculação <i>Bradyrhizobium japonicum</i> + Produto biológico VII	P reduzido 75% = 45 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

### 3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O cultivar de soja utilizado foi a TMG 7063 IPRO® que possui como características ciclo superprecoce, alto potencial produtivo, crescimento indeterminado, alta exigência em fertilidade, e também possui combinação de Tecnologia Inox® e Intacta RR2®. Ademais, contém moderada resistência ao acamamento e a Oídio (*M. diffusa*) e resistência a Cancro da haste (*Diaporthe aspalathi*), Ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*) e Mancha "Olho-de-rã" (*C. sojina*) (TMG, 2020).

Com base na análise de solo foi realizada adubação semeadura, sendo aplicado 300 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante 00-20-20 para o tratamento com adubação fosfatada completa, e 228 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante 00-20-20 para os tratamentos com adubação fosfatada reduzida mais 25 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de Cloreto de potássio. Antes das inoculações com bactérias, todas as sementes foram tratadas com Standak Top® na dose de 100 ml do produto para 50 kg de sementes de soja.

A emergência das plântulas ocorreu 5 dias após a semeadura. Quando as plantas estavam no estágio vegetativo V2, foi realizada a adubação foliar com cobalto e molibdênio, na dose 150 mL ha<sup>-1</sup> do CoMo (15% de Mo e 1,5% de Co) e com volume de calda para aplicação de 300 L ha<sup>-1</sup>.

O controle de plantas daninhas foi efetuado com a aplicação do herbicida Glyphosate (1,56 kg ha<sup>-1</sup>), em pós-emergência, no estágio V3 da soja. Também foram efetuadas duas aplicações para o controle de pragas (percevejos) e preventiva a doenças como ferrugem.

Realizou-se a colheita manual das duas linhas centrais das parcelas experimentais aos 113 DAS, e logo após fez-se a trilha mecânica do material colhido, e as mensurações para determinação de produtividade e massa de 100 grãos.

### 3.4 AVALIAÇÕES REALIZADAS

Foram realizadas as seguintes avaliações:

- a) Concentrações de N e P na folha diagnose (terceiro trifólio, no florescimento pleno da soja), na palhada e grãos de soja no final do ciclo, a determinação foi realizada conforme descrito por Malavolta (1997);
- b) Massa seca e contagem do número de nódulos foram realizadas aos 35 dias após a emergência das plantas;
- c) Matéria seca e acúmulos de macronutrientes na palhada e grãos de soja no final do ciclo, para isso foram colhidas 5 plantas representativas por parcela.
- d) Altura de planta e altura da inserção da primeira vagem na ocasião da colheita da soja;

e) Número de vagens por plantas, de grãos por vagem e de grãos por planta, para isso foram colhidas 5 plantas representativas por parcela;

Após a trilha mecânica das plantas de soja contidas nas três linhas centrais das parcelas, com a correção da umidade dos grãos para 13% (Base úmida), foi obtida a f) produtividade de grãos extrapolada em kg ha<sup>-1</sup>.

Os dados a serem obtidos foram submetidos aos testes preliminares de normalidade e homoscedasticidade. Após isto os dados foram submetidos a análise de variância (teste F a 5% de probabilidade). As médias relativas dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de agrupamento proposto por Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade, devido ao número de tratamentos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES

Analisando a concentração de nitrogênio (N) nas folhas diagnose da cultura, os tratamentos não diferiram entre si (Tabela 2). Para a concentração de fósforo (P) também não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Para todos os tratamentos, o teor de N na folha diagnose ficou abaixo da faixa considerada adequada, segundo Ambrosano et al. (1997), que varia de 4054 g kg<sup>-1</sup> de N. Contudo, os teores de P foliar de todos os tratamentos ficaram dentro da faixa de suficiência, que varia de 2,5-5,0 g kg<sup>-1</sup> de P (AMBROSANO et al., 1997).

O maior número de nódulos foi constatado no tratamento 9, assim como em relação a massa seca dos nódulos, comprovando a eficiência da coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* (100 ml para 50 kg de sementes) + Agente biológico V (50ml para 50 kg de sementes) + P reduzido (75%). De acordo com Hungria et al. (2007) uma planta de soja bem nodulada deve apresentar entre 15 e 30 nódulos. Portanto, todos os tratamentos promoveram uma nodulação acima disso, o que é muito bom, para aumentar a FBN e nutrição com N.

Segundo Walsh (1995) a disponibilidade hídrica é essencial no transporte de sacarose e compostos nitrogenados, pois o sistema vascular desenvolve

tugor positivo em resposta ao transporte destes via fluxo de massa. Apesar do baixo volume chuvas durante a condução do experimento (Figura 1), as plantas de soja apresentaram ótima nodulação.

**Tabela 2-** Teor foliar de Nitrogênio (N), teor foliar de Fósforo (P), número de nódulos (NOD) e massa seca dos nódulos (MNOD), no momento do florescimento da soja das plantas em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2021/2022.

<b>Tratamento</b>	<b>N (g kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>P (g kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>NOD</b>	<b>MNOD (g)</b>
<b>1</b>	31,85 a	3,19 a	39,83 b	1,48 b
<b>2</b>	30,96 a	3,41 a	50,33 b	1,60 a
<b>3</b>	31,92 a	3,12 a	39,75 b	1,39 b
<b>4</b>	30,91 a	2,92 a	55,08 b	1,68 a
<b>5</b>	31,64 a	3,07 a	39,25 b	1,47 b
<b>6</b>	31,19 a	3,05 a	52,66 b	1,68 a
<b>7</b>	28,86 a	3,16 a	66,58 a	1,68 a
<b>8</b>	29,82 a	3,12 a	50,41 b	1,66 a

<b>9</b>	33,92 a	3,48 a	69,91 a	1,78 a
<b>10</b>	30,14 a	2,94 a	42,92 b	1,59 a
<b>11</b>	32,37 a	3,20 a	43,83 b	1,54 b
<b>Erro padrão</b>	0,78*	0,12 <sub>ns</sub>	5,27**	0,07*
<b>Média geral</b>	31,23	3,15	50,05	1,59
<b>CV (%)</b>	4,34	7,08	21,08	9,18

Médias seguidas de letras iguais nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de ScottKnott a \*\* e \* 1 e 5% de probabilidade respectivamente, e <sup>NS</sup> não significativo.

#### 4.2- ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES NA PALHADA

Não houve efeito significativo dos tratamentos para o acúmulo de Nitrogênio (N), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na palhada das plantas de soja na ocasião da colheita (Tabela 3). Entretanto, em relação ao acúmulo de Fósforo (P) na palhada, observou-se os maiores acúmulos nos tratamentos 9, 2 e 10, sendo superior inclusive ao tratamento com a dose de fósforo recomendada (Tratamento 3 – P completo). Demonstrando que a adubação fosfatada aliada a inoculação de bactérias promotoras de crescimento gera uma maior absorção e eficiência no uso de P pelas plantas. Assim como Nascimento (2020), concluiu que a utilização reduzida de fósforo relacionado com o uso de *Azospirillum brasilense* e *Bacillus spp.*, promoveu resultados satisfatórios em relação a disponibilidade de P no solo e, conseqüentemente, propiciou maior absorção e acúmulo de P na soja.

**Tabela 3-** Acúmulo de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na palhada da soja das plantas em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2021/2022.

<b>Tratamento</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
------(kg ha <sup>-1</sup> )-----						
<b>1</b>	16,53 a	4,54 b	64,20 a	15,79 a	13,52 a	6,14 a
<b>2</b>	17,40 a	6,07 a	64,27 a	12,24 a	11,45 a	6,27 a
<b>3</b>	14,85 a	3,83 b	56,08 a	13,36 a	13,65 a	4,41 a
<b>4</b>	14,81 a	4,22 b	47,84 a	10,95 a	12,05 a	4,81 a

<b>5</b>	15,83 a	3,64 b	47,42 a	11,98 a	14,11 a	4,63 a
<b>6</b>	17,31 a	4,75 b	46,11 a	10,31 a	12,10 a	4,19 a
<b>7</b>	20,76 a	4,77 b	49,74 a	9,68 a	11,02 a	5,01 a
<b>8</b>	17,50 a	3,90 b	51,19 a	12,94 a	11,90 a	4,40 a
<b>9</b>	21,27 a	6,10 a	61,57 a	14,48 a	16,31 a	4,66 a
<b>10</b>	16,59 a	5,98 a	48,36 a	10,61 a	13,11 a	2,76 a
<b>11</b>	13,90 a	4,43 b	51,28 a	10,92 a	11,23 a	4,48 a
<b>Erro padrão</b>	1,67 <sup>ns</sup>	0,57*	5,84 <sup>ns</sup>	1,85 <sup>ns</sup>	2,45 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>
<b>Média geral</b>	16,98	4,75	53,46	12,11	12,77	4,70
<b>CV (%)</b>	17,04	21,02	18,94	26,53	33,34	31,38

Médias seguidas de letras iguais nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de ScottKnott a \*\* e \* 1 e 5% de probabilidade respectivamente, e <sup>NS</sup> não significativo.

#### 4.3 ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES NOS GRÃOS

Assim como observado na palhada, não houve diferença entre os tratamentos nos acúmulos de Nitrogênio (N), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) nos grãos de soja, inclusive em relação ao Fósforo (P) (Tabela 4). Provavelmente isso deve a baixa precipitação pluvial observada durante quase todo o ciclo da soja, o que impactou bastante a absorção de nutrientes e desenvolvimento das plantas de soja. A umidade do solo influencia em diversos aspectos da cultura da soja tanto em atributos de produtividade como na qualidade das sementes.

Conforme Wijewardana et al. (2019), que avaliaram os efeitos do estresse hídrico na umidade do solo durante a fase reprodutiva da cultura da soja, em relação a qualidade e composição das sementes, a manutenção de um teor ótimo de umidade no solo, durante a fase reprodutiva, é importante para um maior acúmulo de proteínas, sacarose, óleo e macronutrientes nas sementes de soja. Ainda, segundo Ferrari et al. (2015), a baixa disponibilidade hídrica reduz o potencial hídrico foliar que induz fechamento estomático e, portanto, inibe a fotossíntese, respiração e absorção de nutrientes.

O acúmulo de S nos grãos foi superior nos tratamentos 2, 3, 4, 5, 7 e 9 (Tabela 4), ou seja, estes tratamentos se sobressaíram em relação a inoculação

convencional da soja. Isto pode ser devido ao maior desenvolvimento do sistema radicular (efeito fito-hormonal) da soja em profundidade, o que aumenta a chance de absorção de S que tende a ficar mais retido nos pontos de CTA de 0,20 - 0,40 m.

**Tabela 4-** Acúmulo de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) nos grãos da soja das plantas em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2021/2022.

<b>Tratamento</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
	----- <b>(kg ha<sup>-1</sup>)</b> -----					
<b>1</b>	105,53 a	13,33 a	45,21 a	4,03 a	5,42 a	7,42 b
<b>2</b>	120,32 a	13,88 a	44,28 a	4,33 a	5,50 a	8,63 a
<b>3</b>	138,31 a	15,06 a	48,44 a	4,15 a	6,07 a	10,66 a
<b>4</b>	136,44 a	15,43 a	43,33 a	3,84 a	5,38 a	9,57 a
<b>5</b>	129,66 a	15,07 a	45,43 a	4,13 a	5,35 a	9,40 a
<b>6</b>	124,71 a	15,23 a	45,81 a	3,78 a	5,33 a	7,22 b
<b>7</b>	116,72 a	14,59 a	47,71 a	4,47 a	5,52 a	8,70 a
<b>8</b>	113,48 a	13,17 a	46,55 a	4,20 a	5,55 a	6,77 b
<b>9</b>	127,13 a	14,99 a	52,24 a	5,01 a	6,17 a	9,02 a
<b>10</b>	118,43 a	13,84 a	47,96 a	3,83 a	5,48 a	7,40 b
<b>11</b>	112,08 a	13,28 a	45,03 a	4,43 a	5,25 a	7,13 b

<b>Erro padrão</b>	8,58 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	2,88 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>
<b>Média geral</b>	122,07	14,35	46,54	4,202	5,55	8,35
<b>CV (%)</b>	12,18	9,34	10,73	14,41	12,95	17,24

Médias seguidas de letras iguais nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de ScottKnott a \*\* e \* 1 e 5% de probabilidade respetivamente, e <sup>NS</sup> não significativo.

#### 4.4 COMPONENTES DE PRODUÇÃO

Em relação à altura de plantas, os tratamentos 2, 11, 7 e 6 apresentaram maiores valores se enquadrando a altura média de plantas da cultivar utilizada (TMG 7063). O tratamento 10 se destacou e foi maior em relação à altura de inserção da primeira vagem, porém os tratamentos 4, 5, 7, 8 e 11 também apresentaram valores adequados, porém foram inferiores estatisticamente (Tabela 5). A altura de inserção da primeira vagem de soja é uma característica agrônômica importante à operação de colheita mecânica dos grãos (MEDINA, 1994). Segundo Queiroz et al. (1981) a altura de inserção da primeira vagem na soja deve ser de no mínimo 13 cm, valores inferiores a esse resultam em maiores perdas durante a colheita. Não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação a massa de 100 grãos.

Avaliando o número de vagens por planta, os tratamentos 6, 7, 9 e 2 se sobressaíram em relação aos demais, apresentando maiores números de vagens (Tabela 5). Conforme Locatelli et al. (2014), o NVAG é uma das características mais importantes para estimar a produtividade, uma vez que está diretamente relacionada com a produtividade de grãos. Contudo, para o número de grãos por vagem não houve diferença estatística entre os tratamentos. Conforme Silva et al., 2018, em condições de déficit hídrico, a remobilização de fotoassimilados (carboidratos) dos tecidos de reserva para as estruturas reprodutivas no estágio reprodutivo pode ser crucial na formação de sementes e vagens em plantas de soja.

**Tabela 5-** Altura de plantas (ALT), altura da inserção da primeira vagem (INSER), massa de 100 grãos (M100), número de vagens (NVAG) e número de grãos por vagem (NGV) de soja das plantas em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2021/2022.

<b>Tratamento</b>	<b>ALT (cm)</b>	<b>INSER (cm)</b>	<b>M100 (g)</b>	<b>NVAG</b>	<b>NGV</b>
<b>1</b>	85,33 b	11,83 b	15,76 a	35,73 b	2,22 a
<b>2</b>	93,00 a	11,50 b	16,08 a	40,23 a	2,24 a
<b>3</b>	84,66 b	10,16 b	15,69 a	35,56 b	2,27 a
<b>4</b>	82,83 b	13,33 b	15,43 a	35,20 b	2,31 a
<b>5</b>	84,83 b	15,50 b	16,17 a	30,83 c	2,23 a
<b>6</b>	91,00 a	12,00 b	16,45 a	46,36 a	2,18 a
<b>7</b>	91,50 a	13,25 b	14,97 a	45,43 a	2,35 a
<b>8</b>	87,66 b	13,33 b	15,50 a	31,10 c	2,21 a
<b>9</b>	86,33 b	11,25 b	14,50 a	41,20 a	2,40 a
<b>10</b>	88,00 b	20,16 a	15,67 a	25,93 c	2,22 a
<b>11</b>	92,33 a	13,00 b	15,49 a	35,10 b	2,27 a
<b>Erro padrão</b>	1,80**	1,51**	0,43 <sup>ns</sup>	2,43**	0,08 <sup>ns</sup>
<b>Média geral</b>	87,95	13,21	15,61	36,60	2,26
<b>CV (%)</b>	5,04	28,02	6,80	16,32	9,53

Médias seguidas de letras iguais nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de ScottKnott a \*\* e \* 1 e 5% de probabilidade respetivamente, e <sup>NS</sup> não significativo.

A maior produtividade de grãos foi obtida no tratamento 3 (Tabela 6) com a adubação fosfatada recomendada para a cultura, seguido dos tratamentos 2, 9 e 10. Esse fato também pode estar associado a falta de água durante a condução do experimento, principalmente no período reprodutivo da cultura.

De acordo com Fendrich (2003), dentro de alguns limites, a cultura da soja pode se adaptar a períodos de déficit hídrico principalmente no estágio vegetativo, em que a restrição hídrica não afeta de forma significativa a produtividade. Por outro lado, quando o déficit hídrico acontece no estágio reprodutivo, principalmente no período de florescimento e emissão das vagens, pode ocorrer o abortamento de flores, óvulos, vagens que, conseqüentemente, reduz o tamanho dos grãos (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

A produtividade de grãos da soja pode ser reduzida em até 40% em resposta à de deficiência hídrica (LE et al., 2012). Estas perdas estão diretamente relacionadas ao estágio fenológico em que a cultura se encontra durante o período de restrição hídrica bem como com a intensidade da escassez de água (FERRARI et al., 2015).

Considerando as médias mensais de precipitação total (Figura 1), os valores estão abaixo do que se espera para atingir boas produtividades em sequeiro. Segundo Moura et al. (2018), as cultivares de soja exibem alta exigência hídrica para atingir níveis ideais de produtividade e, portanto, apenas a precipitação pluvial pode ser insuficiente para atender a demanda da cultura, pois esta apresenta grande variabilidade espacial e temporal.

Por fim, não houve diferença entre os tratamentos em relação a massa seca da palhada de soja (Tabela 6).

**Tabela 6.** Massa seca da palhada e produtividade de grãos da soja das plantas em função dos tratamentos com inoculação de BPCPs associados a aplicação de 75% da dose de fósforo recomendada, em comparação aos tratamentos controle. Selvíria - MS, safra 2021/2022.

<b>Tratamento</b>	<b>PALHADA (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PRODUTIVIDADE (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>1</b>	3.798,81 a	2.019,16 c
<b>2</b>	3.956,11 a	2.427,00 b
<b>3</b>	3.570,45 a	2.790,00 a
<b>4</b>	3.558,75 a	2.541,16 b
<b>5</b>	3.788,49 a	2.213,16 c
<b>6</b>	3.823,08 a	2.091,00 c
<b>7</b>	4.075,50 a	2.291,00 c
<b>8</b>	3.918,41 a	2.187,50 c
<b>9</b>	3.962,97 a	2.386,00 b
<b>10</b>	3.648,88 a	2.345,83 b
<b>11</b>	3.478,22 a	2.162,16 c
<b>Erro padrão</b>	218,39 <sup>NS</sup>	111,06 <sup>**</sup>
<b>Média geral</b>	3779,97	2.314,00
<b>CV (%)</b>	11,56	11,76

Médias seguidas de letra as iguais nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a <sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup> 1 e 5% de probabilidade respectivamente, e <sup>NS</sup> não significativo.

## 5. CONCLUSÕES

Não houve diferença entre os tratamentos em relação aos teores de nitrogênio e fósforo foliar. O maior número e massa seca dos nódulos foram obtidos no tratamento 9 (Co-inoculação *Bradyrhizobium japonicum* (100 ml para 50 kg de sementes) + Produto biológico V (100 ml para 50 kg de sementes).

Os maiores acúmulos de fósforo na palhada foram obtidos em tratamentos com P reduzido associado ao uso de microrganismos, com destaque para os tratamentos 9, 2 e 10. Diagnosticando a eficiência da coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* com os agentes biológicos V e VI na absorção de P.

Os tratamentos promoveram semelhantes acúmulos de macronutrientes nos grãos de soja, exceto para o acúmulo de S nos grãos, o qual foi superior nos tratamentos 2, 3, 4, 5, 7 e 9.

Não foi possível identificar uma maior eficiência das coinoculações aliado a redução de adubação fosfatada no que se refere a produtividade de grãos. A deficiência hídrica comprometeu os resultados observados, com destaque para o baixo teor de N foliar verificado em todos os tratamentos, mesmo com alta nodulação.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, F. F.; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento de soja co-inoculada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum*/*B. elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n.9, p. 1633-1643, 1999.
- ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. **Resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada**. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 36, n. 02, p. 129-134, 2005.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; OLIVEIRA, M. C. N.; ZUCARELI, C.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F.; SILVA M. D. A. Analysis of phenotypic plasticity in indeterminate soybean cultivars under different row spacing. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 04, p. 648-654, 2018.

- BENETTI, RICARDO. **Utilização de rizobactérias promotoras de crescimento em plantas em co-inoculação e na parte aérea da soja (*Glycine max*)**, (Monografia) - Universidade regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Ijuí, Brasil, 2017.
- BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo : origem, história e distribuição. In : MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas : ITAL, p. 1-6, 1981.
- BOLA, N. S., ELLIOTT, J., GREGG, P. E. H., WEIL, S. Enhanced dissolution of phosphate rocks in the rhizosphere. **Biology and Fertility of Soils**, v.24, p.169-174, 1997
- BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA , G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia de produção II**. Piracicaba: ESALQ, p.1- 18, 2000.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **The nature and properties of soil**. 11. ed. New Jersey: PrenticeHall, 1996. 740p
- BUSO, P. H. M et al. Análise de crescimento de plantas descrevendo a resposta do cultivo de soja no campo à coinoculação de sementes. **Ciência Rural**, v. 51, n. 9, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/01038478cr20190642>>.
- CONN, K.L., NOWAK, J. & LAZAROVITS, G.A gnotobiotic bioassay for studying interactions between potatoes and plant growth-promoting rhizobacteria. **Canadian Journal of Microbiology** 43: 801-808. 1997.
- COSTA NETO, P. R. & ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v.23, p. 4, 2000
- CHIBEBA, M. A.; GUIMARÃES, M. F.; BRITO, O. R.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* promotes early nodulation. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 1641-1649, 2015.
- CRUSCIOL, C.A.C.; MAUAD, M.; ALVAREZ, R.C.F.A.; LIMA, E.V. e TIRITAN, C.S. (2005) – **Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares**

**de arroz de terras altas**. *Bragantia*, vol. 64, n. 4, p. 643-649. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052005000400014>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 353 p.

FENDRICH, Roberto. Chuva e produtividade da soja na Fazenda experimental gralha azul da PUCPR. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 1, n. 2, p. 37-46, 2003.

FERRARI, E.; PAZ, A.; CARVALHO, A. Déficit Hídrico No Metabolismo Da Soja Em Semeaduras Antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**. Sinop, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.

FUKAMI, J.; CERZINI, P.; HUNGRIA, M. Azospirillum: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. **AMB Express**, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0608-1>.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ROSA, P. A. L.; TRITAPEPE, C. Technical and economic viability of co-inoculation with *Azospirillum brasilense* in soybean cultivars in the Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 51-56, 2018.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; NOGUEIRA, L. M.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ANDREOTTI, M.; BELLOTTE, J. L. M. Corn yield and foliar diagnosis affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p.1-18, 2016.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; BAGGIO, G. Modes of application of cobalt, molybdenum and *Azospirillum brasilense* on soybean yield and profitability. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 180-185, 2017.

GARCÍA DE SALAMONE, I. E. Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los agroecosistemas. **Revista Argentina Microbiología**, v.43, p.1-3, 2011.

- GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; KLEIN, D. K. Growth promotion and phosphate solubilization in soybean crop: seed coinoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and *Pseudomonas fluorescens*. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e366101120078, 2021.
- GULLO, S. D. **Histórico e justificativas do uso de fosfato orgânico de Arad e fórmulas NPK ourofós na agricultura**. Addubare, ano. I, n.3, p.7, 2002.
- GUTIERREZ-BOEM, F.H.; THOMAS, G.W. **Phosphorus nutrition and water deficits in field-grown soybeans**. **Plant Soil**, v. 207, p. 87-96, 1998. INPI (International Plant Nutrition Institute), 2003. Disponível em: [http://www.ipni.net/ppiweb/gbrazil.nsf/\\$webindex/article=3485F20483256D88300F34C1](http://www.ipni.net/ppiweb/gbrazil.nsf/$webindex/article=3485F20483256D88300F34C1).
- GROSS, A. et al. The role of soil redox conditions in microbial phosphorus cycling in humid tropical forests. **Ecology**, v.101, 2020. <https://doi.org/10.1002/ecy.2928>
- GYANESHWAR, P. et al. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. **Plant and Soil**, v.245, p.83-93, 2002. <https://doi.org/10.1023/A:1020663916259>
- HAMEEDA, B. et al. Growth promotion of maize by phosphate-solubilizing bacteria isolated from composts and macrofauna. **Microbiological Research**, v.163, n.2, p.234-242, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2006.05.009>
- HUNGRIA, M.; BARRADAS, C.; WALLSGROVE, R. Nitrogen fixation, assimilation and transport during the initial growth stage of *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.839-844, 1991.
- HUNGRIA, M.; BOHRER, T. R. J. Variability of nodulation and dinitrogen fixation capacity among soybean cultivars. **Biology and Fertility of Soils (Print)**, Berlin, v. 31, p. 45-52, 2000.
- HUNGRIA M, VARGAS MAT, CAMPO RJ, GALERANI PR. Adubação nitrogenada na soja? Londrina: **EMBRAPA-CNPSO**, 1997. 4 p. (EMBRAPA CNPSO. Comunicado Técnico, 57).

- IRMAK, S.; SPECHT, J.E.; ODHIAMBO, L.O.; REES, J.M.; CASSMAN, K.G. Soybean yield, evapotranspiration, water productivity, and soil water extraction response to subsurface drip irrigation and fertigation. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, vol. 57, n.3, p. 729748, 2014.
- KIIHL, R.A.S.; GARCIA, A. The use of the long-juvenile trait in breeding soybean cultivars. In: **WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE**, 4., p. 994-1000, 1989.
- LE, D.T., NISHIYAMA, R., WATANABE, Y., TANAKA, M., SEKI, M., YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K., SHINOZAKI, K., TRAN. Differential gene expression in soybean leaf tissues at late developmental stages under drought stress revealed by genome-wide transcriptome analysis. **PloS One**, v. 7, n. 11, p. 1-10, 2012
- LIANG, J.L. et al. Novel phosphate-solubilizing bacteria enhance soil phosphorus cycling following ecological restoration of land degraded by mining. **The ISME Journal**, v.14, p.1600-1613, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41396020-0632-4>
- LOCATELLI, V. D. E., MEDEIROS, R. D. D., SMIDERLE, O. J., DE ALBUQUERQUE, J. D. A., ARAÚJO, W. F., & DE SOUZA, K. T DA. Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 574-580, 2014.
- LUYCKX, L. et al. Closing the phosphorus cycle: Multi-criteria techno-economic optimization of phosphorus extraction from waste water treatment sludge ash. **Science of the Total Environment**, v.713, p.135543, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135543>
- MARIANO, R. DE L. R., SILVEIRAS, E. B. DA, ASSIS, S. M. P. DE, GOMES, A. M. A., NASSIMENTO, A. R. P., & DONATO, V. M. T. S. (2013). **IMPORTÂNCIA DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO E DE BIOCONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS PARA UMA**

**AGRICULTURA SUSTENTÁVEL.** *Anais Da Academia Pernambucana De Ciência Agronômica*, 1, 89–111. Disponível em:

<https://journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/70>

MEDINA, P.F. **Produção de sementes de cultivares precoces de soja, em diferentes épocas e locais do Estado de São Paulo.** 1994. 173f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MEZA, B.; BASHAN, L. E.; BASHAN, Y. Involvement of indole-3-acetic acid produced by *Azospirillum brasilense* in accumulating intracellular ammonium in *Chlorella vulgaris*. **Res. Microbiol.** v.166, p.72-83, 2015.

MIRANDA, J. C. C. de; MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos Cerrados.** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1997. p.67-111.

MORAES, R. M. A. D., JOSÉ, I. C., RAMOS, F., BARROS, E. G., MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, 725, 2006.

MOURA, M.N.; VITORINO, M.I.; ADAMI, M. Análise de componentes principais da precipitação pluvial associada à produtividade de soja na Amazônia legal. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.22, n.14, janeiro -junho, 2018.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Evangraf, p. 31, 2005.

NAHAS, E. ASSIS, L. C. Efeito da concentração de fosfato na solubilização de fluorapatita por *Aspergillus niger*. **Revista Brasileira de Microbiologia**, v.23, p.37-42, 1992. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-114743>.

NOVAIS, R. T.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa: UFV, DPS, 1999. 399p.

- OLIVEIRA L.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F. S.; NOGUEIRA, T.; BARCO NETO, M.; BUZETTI, S. Formas e tipos de coinoculação na cultura da soja no Cerrado. **Revista de Ciências Agrárias (LISBOA)**, v. 42, p. 924-932, 2019.
- PANKIEVICZ, V. C. S.; AMARAL, F. P.; SANTOS, K. F. D. N.; AGTUCA, B.; XU, Y.; SCHUELLER, M. J.; ARISI, A. C. M.; STEFFENS, M. B. R.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O.; STACEY, G.; FERRIERI, R. A. Robust biological nitrogen fixation in a model grass-bacterial association. **Plant Journal**. v.81, p.907-919, 2015.
- PAVANELLI, L. E.; ARAÚJO, F. F. Fixação biológica de nitrogênio em soja em solos cultivados com pastagens e culturas anuais do oeste paulista. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 21-29, 2009
- QUEIROZ, E.F.; NEUMAIER, N.; TORRES, E.; PEREIRA, L.A.G.; BIANCHETTI, A.; TERAZAWA, F.; PALHANO, J.B.; YAMASHITA, J. Recomendações técnicas para a colheita mecânica. In: MIYASAKA, S., MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p.701-10.
- RODRIGUEZ, H.; FRAGA, R. **Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion**. *Biotechnonology Advances*, v.17, p.319-339, 1999.
- ROSA, A.; CAPONI, L. H.; ZANÃO JÚNIOR, L. A. **Disponibilidade de fósforo em um Latossolo Vermelho em função do pH do solo**. *Acta Iguazu*, Cascavel, v.5, Edição Especial “I seminário de Eng. De Energia na Agricultura”, p.108-115, 2016.
- SANTOS, S. et al. Siderophore production by *Bacillus megaterium*: effect of growth phase and cultural conditions. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.172, p.549-560, 2014. <https://doi.org/10.1007/s12010013-0562-y>
- SANTOS, H. G., JACOMINE, P. K. T., ANJOS, L. H. C., OLIVEIRA, V. A., OLIVEIRA, J. B., COELHO, M. R., LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (2013) **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de JaneiroRJ: EMBRAPA, Ed.3, 353p.

- SANTOS, M. G. P. DOS, CEZÁRIO, M. D. ., ALMEIDA, K. R., SIQUEIRA, P. L. ., MOREIRA, M. O. Z. G. Inoculação de culturas anuais com bactérias solubilizadoras de fósforo. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v.2, n.4, 4, 2021
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.
- SILVA, A. de; SILVA, T. S.; VASCONCELOS, A. C. P. de; LANA, R. M. Q. Influência da aplicação de diferentes fontes de MAP revestido com polímeros de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 240-250, 2012.
- SILVA-ABUD, L. L., FERRARI, G. S., LIMA, V. M. M., STIVAL, M. M. Coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum* no desenvolvimento da soja. **Scientific Electronic Archives**, v.14, n.7, p.25–32, 2021.
- SILVEIRA, G. **Brasil o futuro celeiro do mundo. Será?** Jornal Dia de Campo, 2017. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=26632&secao=Artigos%20Especiais>>. Acesso em: 16 novembro 2020.
- SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p. 6367, 1990.
- SINCLAIR, J.B. Soybeans. In: BENNETT, W.F., ed. **Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants**. Saint Paul, APS, 1993. p. 99-103.
- Sharma, S.B. et al. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. **Springer Plus**, v.2, n.587, 2013. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587>
- TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A. & BORKERT, C. **Nutrição mineral da soja**. In: ARANTES, N.E. & SOUZA, P.I.M., eds. Cultura da soja nos cerrados. Piracicaba, Potafós, 1993. p.105-135.
- TARIQ, M. et al. Biological control: a sustainable and practical approach for plant disease management. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—**

**Soil & Plant Science**, v. 70, n. 6, p. 507-524, 2020. DOI:  
<https://doi.org/10.1080/09064710.2020.1784262>.

TMG. **TMG 7063 IPRO**: Características. [S. l.], 6 abr. 2020. Disponível em:  
<https://www.tmg.agr.br/ptbr/cultivar/tmg-7063-ipro>. Acesso em: 6 jan. 2022.

TEIXEIRA FILHO, M. M.; GALINDO, F. S. Inoculação de bactérias com foco na fixação biológica de nitrogênio e promoção de crescimento vegetal. Cap.11, in: SEVERIANO, E. C.; MORAES, M. F.; PAULA, A. M. **Tópicos em ciência do solo** - Volume X, ed.1, editora, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 728p. 2019

VIANA, G. **Brasil será um dos maiores exportadores de alimentos, prevê FAO**. Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO, 2016. Disponível em:  
<<http://www.fao.org/brasil/noticias/detailevents/en/c/436508/>>. Acesso em: 18 novembro 2020.

WALSH, K. B. **Physiology of the legume nodule and its response to stress**. **Soil Biologic Biochemical**, Oxford, v. 27, n. 4-5, p. 637-655, 1995.

WIJEWARDANA, C., REDDY, K. R., BELLALLOUI, N. Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress. **Food Chemistry**, v. 278, p. 92-100, 2019.

WHIPPS, J. M. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. **Journal of experimental Botany**, v. 52, n. suppl\_1, p. 487-511, 2001. DOI:  
[https://doi.org/10.1093/jexbot/52.suppl\\_1.487](https://doi.org/10.1093/jexbot/52.suppl_1.487).

YOKOMIZO, G. K., DUARTE, J. B., VELLA, N. A. Correlações fenotípicas entre tamanho de grãos e outros caracteres em topo cruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 22352241, 2000.

YOUNG, L.S. et al. Endophytic establishment of the soil isolate Burkholderia sp. CC-AI74 enhances growth and P-utilization rate in maize (Zea mays L.). **Applied Soil Ecology**, v.66, p.40-47, 2013.  
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.02.001>

ZILLI, J.; VALICHESKI, R. R.; RUMJANEK, N. G.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.; FREIRE FILHO, F. R.; NEVES, M. C. P. Eficiência Simbiótica de Estirpes de *Bradyrhizobium* Isoladas de Solo do Cerrado em Caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.811-818, 2006.

## 7. ANEXOS

**Figura 1:** Instalação do Experimento – Semeadura da soja Safra 2021/2022



Fonte: O próprio autor, 2021

**Figura 2:** Aspecto da cultura 15 DAS



**Figura 3:** Aspecto da cultura 30 DAS

Fonte: O próprio autor, 2021

**Figura 4:** Aspecto da cultura 40 DAS



Fonte: O próprio autor, 2021



Fonte: O próprio autor, 2021

**Figura 5:** Nodulação da cultura 40 DAS

**Figura 6:** Nodulação e raízes 50 DAS



Fonte: O próprio autor, 2021

**Figura 7:** Aspecto da cultura 53 DAS



Fonte: O próprio autor, 2022.

**Figura 8:** Aspecto da cultura 53 DAS



Fonte: O próprio autor, 2022.

**Figura 9:** Aspecto da cultura 72 DAS.



Fonte: O próprio autor, 2022.

**Figura 10:** Vagens da cultura 72 DAS.



Fonte: O próprio autor, 2022.



Fonte: O próprio autor, 2022.

**Figura 11:** Aspecto da cultura na colheita (112 DAS)



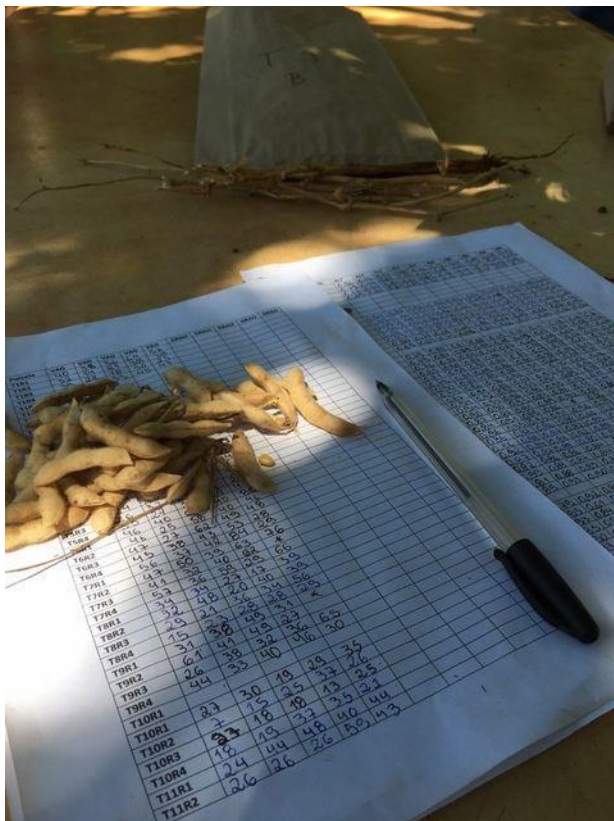
Fonte: O próprio autor, 2022.

**Figura 12:** Colheita da Soja – Safra 2021/2022



Fonte: O próprio autor, 2022.

**Figura 13:** Determinação dos parâmetros biométricos.



Fonte: O próprio autor, 2022.

**Figura 14:** Pesagem dos materiais para posterior determinação da concentração e acúmulo de nutrientes.



Fonte: O próprio autor, 2022.

**Figura 15:** Determinação de N pelo método de Kjeldahl.



Fonte: O próprio autor, 2022.

**Figura 16:** Lavagem das raízes para determinação do peso e número de nódulos.



Fonte: O próprio autor, 2022.