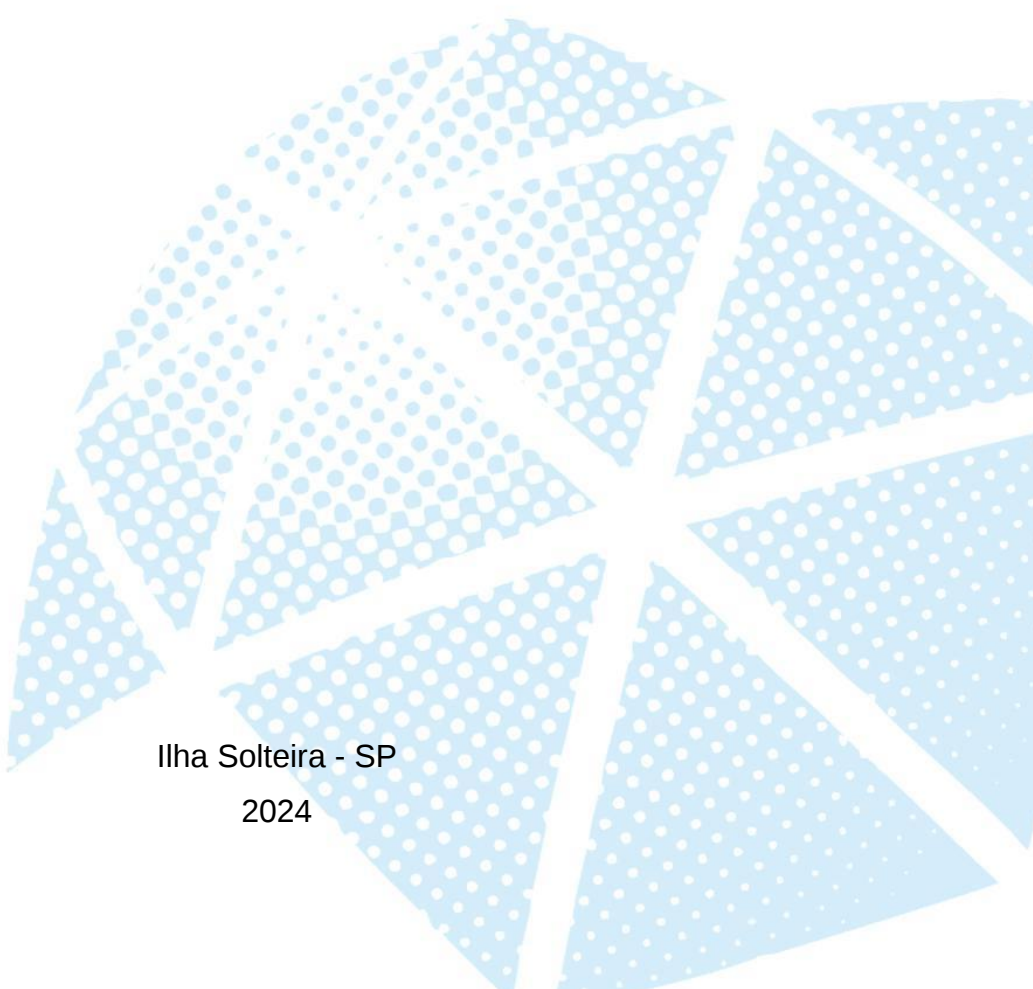


**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

JACQUELINE BEATRIZ SILVA REIS

**COINOCULAÇÃO DA SOJA (*Glycine max* L.) COM *Azospirillum brasilense*:
há possibilidade da aplicação em culturas antecessoras?**

Ilha Solteira - SP
2024



JACQUELINE BEATRIZ SILVA REIS

**COINOCULAÇÃO DA SOJA (*Glycine max* L.) COM *Azospirillum brasilense*:
há possibilidade da aplicação em culturas antecessoras?**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira, para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia
Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Edson Lazarini

Ilha Solteira - SP

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

R375c Reis, Jacqueline Beatriz Silva.
Coinoculação da soja (*Glycine max* L.) com *Azospirillum* brasilense: há possibilidade da aplicação em culturas antecessoras? / Jacqueline Beatriz Silva Reis. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024 54 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: Edson Lazarini

Inclui bibliografia

1. Aveia. 2. Bactéria promotora do crescimento de planta. 3. Milho. 4. Plantio direto.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE AGRONOMIA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: COINOCULAÇÃO DA SOJA *Glycine max* (L.) COM *Azospirillum brasilens*: há possibilidade de aplicação em culturas antecessoras?

ALUNA: JACQUELINE BEATRIZ SILVA REIS

RA: 182.054438

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON LAZARINI

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora com Nota: 9,5

COMISSÃO EXAMINADORA:



PROF. DR. EDSON LAZARINI
(ORIENTADOR)



Documento assinado digitalmente
VITORIA ALMEIDA MOREIRA GIRARDI
Data: 25/07/2024 15:51:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MSc. VITORIA ALMEIDA MOREIRA GIRARDI



DR. ALEXANDRE MARQUES DA SILVA



ALUNA: JACQUELINE BEATRIZ SILVA REIS

Ilha Solteira(SP), 25 de julho de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre ao meu lado me abençoando e me guiando durante todos esses anos. Aos meus pais, Beatriz e Walter, aos meus avós, Nelson, Maria Aparecida, José Vitor e Aparecida, ao meu irmão, Júlio e ao meu namorado, Maximiliano que sempre me deram suporte para que eu estudasse e concluísse o curso de Engenharia Agrônômica.

À orientação dedicada do meu orientador Prof. Dr. Edson Lazarini expresso meu reconhecimento pela paciência, sabedoria, amizade, conselhos e orientação valiosa que moldaram este trabalho. Ao grupo de orientados pela colaboração na realização das atividades de campo e laboratório, gratidão pela contribuição.

À querida Universidade Estadual Paulista – UNESP - Campus de Ilha Solteira, todo seu corpo docente, técnico e administrativo, que me inspiraram e desafiaram ao longo desta jornada, que permitiram que meus estudos fossem concluídos com sucesso e qualidade, expresso todo meu respeito e admiração.

Às minhas irmãs da República Monarquia: Tamires (e seus queridos pais, Márcia e Osvaldo), Lara, Letícia e Larissa pelas noites boêmias e suporte nas horas de dificuldade. Aos amigos de turma Barbara, Laís, Gabriel, Monize e aos meus amigos da República DZ7 Alqueires que estiveram ao meu lado, compartilhando desafios e conquistas, a minha gratidão é eterna.

À banca examinadora por dedicar parte de seu tempo para avaliar este trabalho e fazer parte deste momento importante.

Agradeço também à Reitoria da UNESP pela concessão da Bolsa PIBIC durante a realização do experimento.

A todos que, de alguma forma, colaboraram para a concretização deste projeto, a minha mais sincera gratidão. Este trabalho é dedicado a vocês, que fazem parte da minha trajetória e enriquecem a minha jornada.

Muito obrigada!

“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada. Caminhando e semeando, no fim terás o que colher” (Cora Coralina, 1997).

RESUMO

A presença de cobertura sobre o solo e sua conservação é o principal objetivo do sistema de plantio direto. Com a crescente demanda mundial pela cultura da soja e os altos custos dos fertilizantes químicos, torna-se necessário o uso de alternativas mais sustentáveis que também aumentem a produtividade de grãos. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) realizada por bactérias promotoras de crescimento tem sido bastante explorada, fornecendo nitrogênio para a cultura e diminuindo consideravelmente o uso de fertilizantes minerais. Diante desse contexto, objetivo principal desse estudo, avaliar a viabilidade do uso da bactéria, *Azospirillum brasilense*, em diferentes doses em culturas antecessoras, milho e aveia-preta, e seu efeito residual como inoculante para a cultura da soja em sucessão. Os experimentos foram conduzidos na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP, localizada na cidade de Selvíria-MS, em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso, no ano agrícola 2021/22. O projeto contou com dois experimentos: o primeiro envolvendo as culturas do milho e aveia-preta, e o segundo a semeadura da soja em sucessão. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados dispostos em esquema fatorial 2x4x2 com quatro repetições. Os tratamentos incluíram: a presença ou ausência do inoculante *A. brasilense* (estirpes AbV₅ e AbV₆) nas sementes do milho ou aveia-preta, doses de *A. brasilense* via pulverização foliar no milho ou aveia-preta (0, 100, 200 e 400 mL.ha⁻¹); presença ou ausência do coinoculante *A. brasilense* nas sementes de soja, na dose de 200 mL.ha⁻¹. Após a colheita da soja, foram avaliados o número de plantas por hectare, altura das plantas, número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos por hectare. Também foi analisado o teor foliar de N na soja. Diante dos resultados obtidos, conclui-se que há viabilidade da aplicação do *Azospirillum* via semente na cultura antecessora a soja, através dos testes com milho e aveia preta. Novas pesquisas em diferentes condições ambientais devem ser realizadas para a recomendação da técnica.

Palavras-chave: Aveia, Bactéria Promotora do Crescimento de Planta, Milho, Plantio Direto.

ABSTRACT

The presence of soil cover and its conservation is the primary objective of the no-till system. With the growing global demand for soybean crops and the high costs of chemical fertilizers, it becomes necessary to use more sustainable alternatives that also increase grain productivity. Biological nitrogen fixation (BNF) performed by growth-promoting bacteria has been extensively explored, providing nitrogen to the crop and significantly reducing the use of mineral fertilizers. In this context, the main objective of this study is to evaluate the feasibility of using the bacterium *Azospirillum brasilense* at different doses in preceding crops, maize and black oats, and its residual effect as a co-inoculant for the subsequent soybean crop. The experiment was conducted at the Teaching, Research, and Extension Farm (FEPE) of UNESP, located in the city of Selvíria-MS, in soil classified as typical dystrophic Red Latosol, clayey. The project included two experiments: the first involving maize and black oats, and the second the sowing of soybeans. The experimental design adopted was a randomized block design arranged in a 2x4x2 factorial scheme with four replications. The treatments included: The presence or absence of co-inoculation in maize and black oat seeds with *A. brasilense*; Doses of *A. brasilense* via foliar spray on maize and black oats (0, 100, 200, and 400 mL.ha⁻¹); And the presence or absence of co-inoculation in soybean seeds with 200 mL.ha⁻¹ of *A. brasilense* co-inoculant, strains AbV₅ and AbV₆. After harvest, the number of plants per hectare, plant height, number of pods per plant, 100-grain weight, and productivity per hectare were evaluated. The levels of macronutrients N, P, K, Ca, Mg, and S were also analyzed. Aiming to increase soybean productivity, this experiment concluded that the use of the bacterium *A. brasilense* did not present significant results, both for maize and black oats. In fact, the treatments without co-inoculant were superior, with only an increase in the number of pods per plant in maize cover with 200 mL.ha⁻¹. These results indicate the need for further research to deepen the understanding of the effects of inoculation with *A. brasilense* under different cultivation and management conditions.

Keywords: Oat, Plant Development Bacteria Promoting Corn, No-tillage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico do acúmulo de chuvas mensal durante a condução do experimento na safra 2021/22.....	27
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da análise química do solo da área experimental, amostrado na profundidade de 0 – 0,20 m de profundidade. Selvíria, MS. 2021.....	23
Tabela 2 – Valores de F para a variável produtividade de grãos de soja e médias da produtividade em áreas com cobertura de palhada do milho, com ou sem o coinoculante <i>A. brasilense</i> , em função dos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.....	31
Tabela 3 – Valores de F para a variável massa de 100 grãos de soja na cobertura com palhada do milho. Selvíria, MS. 2022.....	32
Tabela 4 – Valores de F para a variável altura de plantas de soja em áreas com cobertura de palhada do milho e médias da altura, com ou sem o coinoculante <i>A. brasilense</i> , em função dos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.....	33
Tabela 5 – Valores de F para a variável número de vagens por planta na palhada do milho e médias do número de vagens com ou sem o coinoculante <i>A. brasilense</i> , e média desse número em função das doses do coinoculante nos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.....	35
Tabela 6 – Médias do número de vagens com e sem o coinoculante <i>A. brasilense</i> , em função da interação dupla cobertura x soja, e soja x dose. Selvíria, MS. 2022.....	36
Tabela 7 – Valores de F para a variável nitrogênio (N) e médias da concentração desse macronutriente na cobertura com palhada do milho, com ou sem o coinoculante <i>A. brasilense</i> , e médias de N em função das doses do coinoculante nos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.....	37
Tabela 8 – Valores de F para a variável produtividade de grãos de soja e médias da produtividade em áreas com cobertura de palhada de aveia-preta, com ou sem o coinoculante <i>A. brasilense</i> , em função dos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.....	39
Tabela 9 – Valores de F para a variável massa de 100 grãos de soja na cobertura com palhada de aveia-preta e médias com ou sem o coinoculante <i>A. brasilense</i> , em função dos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.....	40
Tabela 10 – Valores de F para a variável altura de plantas de soja em áreas com cobertura de palhada da aveia-preta e médias da altura, com ou sem o coinoculante <i>A. brasilense</i> , em função dos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.....	41
Tabela 11 – Médias da altura de plantas (cm) com e sem o coinoculante <i>A. brasilense</i> , em função da interação dupla cobertura x soja. Selvíria, MS. 2022.....	42
Tabela 12 – Valores de F para a variável número de vagens por planta na palhada da aveia-preta. Selvíria, MS. 2022.....	43
Tabela 13 – Valores de F para a variável nitrogênio (N) e médias da concentração desse macronutriente na cobertura com palhada da aveia-preta em função das doses do coinoculante <i>A. brasilense</i> nos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Cronograma de Atividades Agrícolas no desenvolvimento da pesquisa.....	26
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 <i>Azospirillum brasilense</i>: Características e aplicações agrícolas.	16
2.2 Brasil: Líder mundial na produção de soja, <i>Glycine max</i> L. Merrill.	19
2.3 Práticas conservacionistas no Cerrado: Sistema Plantio Direto (SPD) e plantas de cobertura.	20
2.3.1 Dinâmica da formação e decomposição da palhada no Sistema de Plantio Direto (SPD).	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Etapa I – Formação da palhada de cobertura: Plantio do milho (<i>Zea mays</i> L.) e Aveia-preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb).	24
3.2 Etapa II – Plantio da soja (<i>Glycine max</i> L. Merrill).	25
3.3 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO PARA A CULTURA DA SOJA.	27
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6 REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a cultura da soja é considerada uma das mais importantes do agronegócio mundial. No Brasil, a soja desempenha um papel crucial na economia. Em 2023, a cadeia produtiva da soja manteve sua significativa dimensão econômica, contribuindo com um expressivo PIB de R\$635,9 bilhões. Este valor representou 23,2% do PIB do agronegócio e 5,9% do PIB total do Brasil (CEPEA, 2024).

Entre 2022 e 2023, houve um aumento nos valores exportados pela cadeia produtiva da soja para a China (+21,86%), América do Norte (+143,41%), Leste Asiático (+2,24%) e Sudeste Asiático (+1,23%), representando 72,39% das exportações totais. A área plantada com soja na safra 2023/2024 foi ampliada com novas áreas de cultivo nos estados do Maranhão, Goiás, Pará, Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Minas Gerais. Essas informações são do 8º Levantamento da Safra de Grãos 2023/2024, divulgado em maio de 2024 pela Companhia Nacional de Abastecimento (CEPEA, 2024).

A Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2024), destaca que, se não fossem as condições climáticas adversas no Rio Grande do Sul, a produção brasileira de soja seria estimada em mais de 320 milhões de toneladas. No entanto, a estimativa atualizada aponta para uma produção de 147,68 milhões de toneladas, uma redução de 4,5% em relação à safra anterior. A área total cultivada na safra 2023/2024 é de 45,7 milhões de hectares, 3,8% superior à área plantada na safra anterior. Contudo, a produtividade foi menor na maior parte do país devido às condições climáticas desfavoráveis, com períodos de seca e excesso de chuvas em momentos críticos para o desenvolvimento da cultura.

O Cerrado brasileiro apresenta uma concentração de áreas com grande aptidão para a produção de determinadas culturas, porém devido ao inverno seco, períodos de estiagem e altas temperaturas presentes nesse bioma, ocorre um prejuízo no sistema de produção (Carneiro Filho; Costa, 2016), principalmente em áreas em que não há disponibilidade de irrigação.

Segundo dados disponibilizados pela CONAB, a falta de chuvas e as altas temperaturas em regiões produtoras de soja no país impactam bruscamente o desenvolvimento e a produtividade da cultura. Visando mitigar os efeitos de tais eventos sobre as culturas de verão, tem-se aplicado alternativas de conservação de palhada do solo ao decorrer de todo ano e, dessa forma, favorecendo o aumento de

matéria orgânica e proporcionando maiores períodos de umidade no solo (Ribeiro *et al.*, 2018).

Uma das opções para aumentar a disponibilidade de palha e promover a ciclagem de nutrientes para culturas em sucessão nos sistemas agrícolas é a utilização de consórcios ou plantas de cobertura no período de outono e inverno. Através dessa estratégia ocorre não apenas a ciclagem de nutrientes, mas também a disponibilização para a próxima cultura a ser estabelecida, antecipando o plantio da soja, leguminosa exigente em nutrientes, e enfrentando os desafios associados aos solos de baixa fertilidade no Cerrado, buscando assim reduzir perdas (Rodrigues *et al.*, 2012).

O nitrogênio (N) é o macronutriente mais demandado pela cultura de soja, sendo obtido pela fixação biológica (FBN) (Alves *et al.*, 2006). Essa prática, um dos principais fundamentos de sustentabilidade no sistema de produção de soja no Brasil, traz benefícios significativos para os agricultores e para o meio ambiente. Ao eliminar a necessidade de fertilizantes nitrogenados, torna o produto mais competitivo no mercado externo e reduz o impacto ambiental (Prando *et al.*, 2022).

A partir de 2013, além da inoculação anual com *Bradyrhizobium*, a Embrapa passou a recomendar o uso simultâneo de uma segunda bactéria para a inoculação da soja, em um processo chamado de coinoculação. Assim, quando nos referimos à inoculação, estamos tratando diretamente da bactéria *Bradyrhizobium*, enquanto para a coinoculação temos a bactéria *Azospirillum brasilense* (Prando *et al.*, 2022).

Atualmente a inoculação com *Bradyrhizobium spp.* é bastante explorada na cultura, mas estudos comprovam que a coinoculação ou inoculação mista com *Azospirillum brasilense* têm potencial sinérgico no desenvolvimento das plantas, auxiliando na nodulação da soja, na absorção de nutrientes e, consequentemente na produção de grãos (Mauricio Filho *et al.*, 2018).

O Sistema de Plantio Direto (SPD) proporciona não apenas a ciclagem de nutrientes, mas também um microclima adequado para a sobrevivência e o melhor desempenho dessas bactérias, resultando em uma significativa redução na utilização de fertilizantes químicos (Kaneko *et al.*, 2010), contribuindo para redução da degradação ambiental. Diante de tais constatações, faz-se necessário uma aprimoração e execução de medidas mais sustentáveis que possam viabilizar o melhor desenvolvimento das culturas, elevar as produtividades e manter-se produtivas por várias gerações.

Com base no exposto, teve-se como objetivo do estudo, avaliar a viabilidade do uso da bactéria, *Azospirillum brasilense*, em diferentes doses e aplicações em culturas antecessoras, milho ou aveia-preta, e seu efeito residual como inoculante para a cultura da soja em sucessão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Azospirillum brasilense*: Características e aplicações agrícolas.

O Brasil, um dos maiores produtores agrícolas globalmente, enfrenta um desafio significativo: sua elevada produtividade agrícola depende em grande parte de fertilizantes importados. Em 2021, o país atingiu um recorde na importação, ultrapassando 13 milhões de toneladas, o colocando como o quarto maior consumidor mundial. Essa dependência externa expõe o agronegócio brasileiro a flutuações geopolíticas e crises globais de fertilizantes minerais. Diante deste panorama, medidas urgentes são essenciais para reduzir essa dependência e assegurar a segurança alimentar, uma das alternativas seguras e promissoras é a utilização de fertilizantes orgânicos, bioinsumos e técnicas conservacionistas para suprir futuras necessidades (Alves, 2024).

Microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCP) constituem um grupo benéfico para o desenvolvimento vegetal, colonizando raízes, rizosfera, filosfera e tecidos internos. Eles estimulam o crescimento através de diversas vias, incluindo fixação biológica de nitrogênio, aumento da atividade de redutase do nitrato, produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberelinas e etileno, solubilização de fosfato e controle biológico de patógenos. Acredita-se que a combinação desses mecanismos seja responsável pelo benefício ao crescimento das plantas (Hungria, 2011).

O gênero *Azospirillum* abrange um grupo de MPCP que são as Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP) de vida livre, encontrados em diversos ambientes terrestres, havendo relatos de que essas bactérias podem ser endofíticas facultativas. A espécie *Spirillum lipoferum* foi inicialmente descrita por Beijerinck e, em 1978, foi reclassificada como *Azospirillum*, juntamente com a descrição de duas espécies: *Azospirillum lipoferum* e *Azospirillum brasilense* - atualmente 14 espécies estão descritas neste gênero (Hungria, 2011).

A autora Hungria (2011) descreve que a partir da década de 1970, as bactérias do gênero *Azospirillum* ganharam destaque mundial graças à descoberta da pesquisadora da Embrapa, Dra. Johanna Döbereiner, sobre sua capacidade de fixação biológica do nitrogênio em associação com gramíneas, deste modo a capacidade de fixar nitrogênio em vida livre levou à mudança no nome do gênero *Spirillum*, acrescentando-se o prefixo "azo", em referência ao termo usado por

Lavoisier para o elemento nitrogênio. Curiosamente, Lavoisier denominou o nitrogênio como "azote", considerando-o inerte e "impróprio para manter a vida". Hoje, no entanto, sabemos que o nitrogênio é essencial para a vida, sendo componente fundamental dos ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas.

Embora o nitrogênio gasoso (N_2) constitua 78% dos gases atmosféricos, nem animais nem plantas conseguem utilizá-lo diretamente como nutriente, logo, certos microrganismos, como bactérias diazotróficas, utilizam a enzima dinitrogenase para romper a tripla ligação do N_2 e convertê-lo em amônia. Em termos agrícolas, a fixação biológica de N_2 é significativamente relevante na simbiose entre plantas da família *Leguminosae* e *rizóbios*, formando nódulos radiculares especializados que podem suprir totalmente as necessidades de nitrogênio das plantas, como observado na soja no Brasil (Hungria, 2011).

Além das bactérias simbióticas, existem bactérias endofíticas e associativas que também fixam nitrogênio, como *Azospirillum* spp., *Herbaspirillum seropedicae*, e *Gluconacetobacter diazotrophicus*. No entanto, essas bactérias excretam apenas parte do nitrogênio fixado diretamente para as plantas, e a mineralização posterior das bactérias contribui adicionalmente. A fixação biológica por essas bactérias é insuficiente para suprir completamente as necessidades de nitrogênio das plantas não-leguminosas, ao contrário do que ocorre nas leguminosas com os rizóbios (Hungria, 2011).

De acordo com Santos Neto *et al.* (2013), às fontes de nitrogênio para a cultura da soja são os fertilizantes nitrogenados e o macronutriente atmosférico disponível através da fixação biológica do nitrogênio (FBN). O uso dessa fixação tem proporcionado resultados significativos, tornando a soja competitiva no mercado mundial. No entanto, nos solos brasileiros, naturalmente carentes de bactérias eficientes na nodulação e fixação do nitrogênio na soja, torna-se indispensável a inoculação ou coinoculação das sementes (Zilli *et al.*, 2006).

A técnica alternativa de coinoculação trata-se de uma abordagem atual da agricultura, que respeita às demandas de altos rendimentos, mas com sustentabilidade agrícola, econômica, social e ambiental. Consiste em adicionar mais de um microrganismo reconhecidamente benéfico às plantas, visando maximizar a contribuição dos mesmos (Embrapa Soja, 2014).

Existem duas formas de coinoculação da espécie *Azospirillum brasilense*: tratamento de sementes ou aplicação via foliar, sendo crucial considerar a qualidade

e o prazo de validade do inoculante, garantindo que tenha sido armazenado adequadamente para obter resultados eficazes na inoculação (Hungria, 2011).

Além do potencial na fixação do N_2 , as bactérias do gênero *Azospirillum* têm sido estudadas quanto à capacidade de promover o crescimento das plantas. Essas bactérias promovem alterações na produção hormonal, podendo ocorrer maior crescimento do sistema radicular, o que possibilita maior absorção de água e nutrientes. Cabe ainda observar que o maior desenvolvimento radicular com *Azospirillum brasiliense* também resulta em maior nodulação e, conseqüentemente, maior contribuição da fixação biológica do nitrogênio (Nunes, 2015), que é um componente estrutural vital da clorofila, enzimas e proteínas, além de desempenhar um papel essencial em diversas reações metabólicas da planta (Marschner, 2011), sendo altamente demandado para a cultura da soja, que necessita de aproximadamente 80 kg de nitrogênio (N) para cada tonelada de grãos produzidos (Prando *et al.*, 2022).

Durante o estágio de desenvolvimento da cultura V2 até o estágio R5, a soja enfrenta seu período de maior demanda nutricional. Nesse intervalo, ocorrem significativas transferências de nutrientes das folhas para as sementes em desenvolvimento, enquanto a absorção de nutrientes pelas raízes diminui. Para garantir uma produção elevada, é recomendado o emprego da adubação foliar, permitindo uma rápida disponibilização de nutrientes para a cultura, sem depender das reações no solo para sua absorção. Dessa forma, a adubação foliar suplementa os nutrientes necessários para as plantas, podendo incluir macro e/ou micronutrientes (Catalani, 2023).

Enquanto as leguminosas podem fixar nitrogênio por meio da fixação biológica, as gramíneas dependem mais do nitrogênio orgânico presente no solo e da adubação nitrogenada. Assim, a aplicação de adubação nitrogenada nos Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs) destaca-se como parte essencial do sistema agrícola. Diversas estratégias, como a inversão da adubação ou a antecipação da aplicação, são adotadas para garantir a disponibilidade de nitrogênio na palhada (Sanches, 2024).

2.2 Brasil: Líder mundial na produção de soja, *Glycine max* L. Merrill.

A soja cultivada hoje em dia representa uma notável evolução, resultado de cruzamentos naturais entre duas variedades de soja selvagem na antiga China. As primeiras menções deste grão datam de meados de 3000 AC, sendo reverenciado como um grão sagrado junto com outros cereais na China antiga. Até aproximadamente 1894, a produção de soja permaneceu limitada à China. Somente na segunda década do século XX é que o interesse internacional nas indústrias começou a se expandir, impulsionado pelas propriedades de óleo e proteína da soja. No entanto, devido às condições climáticas desfavoráveis, os esforços para sua introdução comercial fracassaram em regiões como Rússia, Inglaterra e Alemanha (Embrapa Soja, 2023).

A situação sofreu uma transformação crucial na década de 1970, quando o considerável aumento nos preços da soja no mercado internacional despertou grande interesse pela expansão dessa cultura. Aproveitando a oportunidade de escoar a safra durante a entressafra dos Estados Unidos, o Brasil investiu em pesquisa, liderando o processo de "tropicalização" da soja para áreas de baixas latitudes (Embrapa Soja, 2023).

No cenário mundial, a safra de soja de 2023/2024 atingiu impressionantes 395,91 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de aproximadamente 138,52 milhões de hectares. Esses dados, fornecidos pelo USDA/PSD em junho de 2024, destacam a significativa contribuição da soja para a agricultura global (Embrapa Soja, 2024).

No Brasil, na safra 2023/24, o Mato Grosso liderou a produção com 39,34 milhões de toneladas de soja, cultivadas em 12,37 milhões de hectares, com uma produtividade de 3179 kg.ha⁻¹. O Rio Grande do Sul registrou 20,19 milhões de toneladas em 6,76 milhões de hectares, com uma produtividade de 2985 kg.ha⁻¹. O Paraná produziu 18,35 milhões de toneladas em 5,82 milhões de hectares, com uma produtividade de 3155 kg.ha⁻¹. Goiás contribuiu com 16,71 milhões de toneladas em 4,80 milhões de hectares, apresentando uma produtividade de 3480 kg.ha⁻¹. No total, o Brasil, como líder mundial, produziu 147,35 milhões de toneladas (Embrapa Soja, 2024).

2.3 Práticas conservacionistas no cerrado: Sistema Plantio Direto (SPD) e plantas de cobertura.

O Sistema Plantio Direto (SPD) é uma prática de manejo conservacionista do solo que visa a preservação da sua estrutura, da sua fertilidade e a redução da erosão. No SPD, a principal característica é a ausência de revolvimento do solo, ou seja, a semeadura é realizada diretamente sobre a palhada da cultura anterior, sem a necessidade de aração ou gradagem (Fernandes *et al.*, 2020).

Os solos do Cerrado são caracterizados por sua baixa fertilidade, baixa reserva mineral e baixos teores de matéria orgânica. Apesar dessas características, apresentam alta estabilidade de agregados, o que confere um elevado potencial produtivo. No entanto, o uso intensivo dessas áreas e práticas inadequadas de manejo do solo têm causado degradação, comprometendo o desenvolvimento e a produtividade dos sistemas (Mendonça *et al.*, 2013).

O SPD, devido à maior produção de palhada proporcionada pelo consórcio com outras culturas, promove um maior aporte de matéria orgânica, contribuindo para a infiltração da água e possibilita uma maior exploração do perfil do solo pelo sistema radicular, resultando em melhorias nas características físicas e químicas desse perfil, além do que, favorecem a ciclagem dos nutrientes (Chioderoli, 2010).

Esse sistema conservacionista oferece várias vantagens significativas, como destacado por Fernandes *et al.* (2020). Essas incluem a redução da erosão do solo devido à presença de cobertura vegetal que protege contra a erosão causada pelo vento e pela água, além do fomento à formação de agregados, melhorando a estrutura e porosidade do solo. Outros benefícios englobam o aumento da matéria orgânica, derivada da decomposição da palhada, melhorando a fertilidade do solo, e a economia de tempo e custos ao eliminar a necessidade de preparo do solo, reduzindo os gastos com maquinário e mão de obra. O SPD é considerado uma prática sustentável, visando a conservação do solo e a melhoria da produtividade agrícola a longo prazo.

A rotação de culturas é fundamental no SPD, conforme destacado por Sanches (2024), demonstrando vantagens significativas nos atributos físicos do solo e contribuindo para sua conservação. A inclusão de outras plantas de cobertura, especialmente no Cerrado, mostra-se promissora para a cobertura do solo e a incorporação de carbono. Reconhecido como um método sustentável, o SPD requer práticas essenciais como a organização da lavoura, o manejo da fertilidade do solo e

a seleção de culturas apropriadas, oferecendo benefícios como a redução do impacto das gotas de chuva, o aumento da infiltração de água e a regulação da temperatura do solo.

Adicionalmente, Sanches (2024) ressalta a eficácia do SPD no sequestro de carbono, mesmo que em regiões tropicais isso possa ser desafiador devido à rápida decomposição da matéria orgânica, além do mais, para enfrentar os desafios causados pelo uso intensivo do solo, como a monocultura ou a sucessão contínua de culturas, as plantas de cobertura emergem como uma solução viável. Elas protegem o solo, aumentam a infiltração de água, protegem contra o impacto das gotas de chuva, reduzem a evaporação de água e incrementam a matéria orgânica ao longo do tempo. Portanto, a escolha adequada das plantas de cobertura é crucial, balanceando características como produção de biomassa, ciclagem de nutrientes e persistência da palhada no solo.

Luna (2023) destaca que a combinação de técnicas como adubação verde, rotação de culturas e manejo da matéria orgânica reduz os gastos com adubação e melhora a atividade biológica do solo. A evolução do conceito de adubação verde envolve a utilização de diversas espécies para aumentar a biomassa e diversidade no solo, controlando fatores bióticos prejudiciais às plantas (Luna, 2023). Estudos sobre os efeitos das plantas de cobertura na produtividade das culturas ressaltam a importância do tipo de espécie na composição da palhada para o rendimento de grãos.

2.3.1 Dinâmica da formação e decomposição da palhada no Sistema de Plantio Direto (SPD).

A formação e manutenção da palhada na superfície do solo dependem do sistema de sucessão de culturas adotado, do tipo de planta de cobertura e manejo empregados. No SPD, recomenda-se o cultivo de gramíneas, com alta relação carbono/nitrogênio (C/N), para acelerar a formação da camada de palhada no solo, desse modo, podemos destacar o milho (*Zea mays* L.) e a aveia-preta (*Avena strigosa*) (De Almeida Carmeis Filho, 2014).

A velocidade de decomposição dos resíduos culturais determina o tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo, visto que, quanto mais rápida a decomposição, maior a velocidade de liberação dos nutrientes, diminuindo, entretanto, a proteção do solo. Por outro lado, resíduos com altos teores de lignina e

alta relação C/N decompõem-se mais lentamente, podendo ser agrupados em duas classes: de decomposição rápida (leguminosas) e de decomposição lenta (gramíneas) (Kliemann *et al.*, 2006).

Estudos demonstram a dinâmica de decomposição das palhadas de milho e aveia-preta por aproximadamente um ano, no qual, a palhada do milho manteve-se por mais tempo no solo, devido à alta relação C/N e ao alto teor de lignina, apresentando uma perda de 49% de massa em 149 dias, enquanto a aveia-preta perdeu 71% de sua massa em 179 dias (Kliemann *et al.*, 2006).

Entretanto, há algumas restrições ao uso de gramíneas como cobertura de solo, como a deficiência temporária de nitrogênio (N) gerada no processo de decomposição da palhada, no qual, a microbiota do solo imobiliza o N, reduzindo sua disponibilidade para a cultura subsequente (Bortolini; Silva; Argenta, 2000).

A inclusão de resíduos com alta relação C/N pode aumentar a taxa de imobilização de nitrogênio (N) pelos microrganismos do solo. Além disso, culturas produtoras de grãos, como milho e soja, são grandes extratoras de N, demandando maior atenção à adubação nitrogenada. Embora a soja (uma Fabaceae) tenha a capacidade de fixar N atmosférico por simbiose com bactérias do gênero *Azospirillum*, a quantidade suprida por esse processo é insuficiente para atingir altas produtividades (De Almeida Carmeis Filho *et al.*, 2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia/Unesp – Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria/MS (20° 20' Latitude Sul, 51° 24' Longitude Oeste e 350,0 m de altitude, aproximadamente), inserida em região de cerrado de baixa altitude entre o período de maio de 2021 a março de 2022, em área irrigada por pivô central. O clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, segundo a classificação de Köppen (Alvares *et al.*, 2013). Desta forma, durante o desenvolvimento dos experimentos, em função da necessidade, a suplementação hídrica foi realizada.

O solo da área experimental de acordo com a nomenclatura atual é um Latossolo Vermelho distrófico típico, argiloso (LVd) (Santos *et al.*, 2018). Antes da

instalação dos experimentos, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,0-0,2 m na área experimental, onde, após homogeneização, obteve-se uma amostra composta que foi encaminhada para o laboratório para análise de rotina, de acordo com a metodologia de Raij *et al.* (2001). O sistema convencional de preparo do solo foi adotado, sendo realizado duas gradagens semi-pesadas e duas gradagens niveladoras antes da instalação do experimento. Os resultados obtidos na análise do solo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da análise química do solo da área experimental, amostrado na profundidade de 0 – 0,20 m. Selvíria, MS. 2021.

P resina mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al	SB	CTC	V %
34	20	5,3	2,8	25	16	25	0	43,8	68,8	67

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo. Unesp – Ilha Solteira.

A pesquisa consistiu em dois experimentos, desenvolvidos em duas etapas:

Primeira Etapa: Condução das culturas do milho e aveia-preta para a formação da palhada de cobertura, inoculadas ou não com *Azospirillum brasilense* (com 200 mL do inoculante ha⁻¹, independentemente da cultura) via tratamento de sementes em dose única. A complementação foi feita via pulverização foliar na fase de perfilhamento das culturas com doses de 0 mL.ha⁻¹, 100 mL.ha⁻¹, 200 mL.ha⁻¹ e 400 mL.ha⁻¹ do coinoculante.

Segunda Etapa: A semeadura da soja incluiu a aplicação ou não do coinoculante via tratamento de sementes (100 mL para 50 kg de sementes).

O delineamento utilizado foi o em blocos casualizados, com 4 repetições. Os tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial 2 x 4 x 2, para cada cultura antecessora, ou seja, inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* via semente no milho ou aveia preta, 3 doses do coinoculante (100, 200 ou 400 mL ha⁻¹) via foliar, acrescido de um tratamento controle, sem aplicação do coinoculante e semeadura da soja em sucessão com aplicação (2,0 mL kg⁻¹ de semente) ou não do coinoculante via semente.

3.1 Etapa I – Formação da palhada de cobertura: Plantio do milho (*Zea mays* L.) e aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb).

As culturas do milho e aveia-preta foram semeadas em 21 de maio de 2021. Foram 2 áreas distintas, sendo uma para o milho e outra para a aveia-preta, seguidas no mesmo terraço. As parcelas em cada área possuíam 3,5 metros de largura e 10,0 metros de comprimento, perfazendo 35 m². Para o milho, foi semeado em cada parcela, sete linhas espaçadas de 0,45 metros e para a aveia-preta, 10 linhas espaçadas de 0,34 metros. Para a sucessão foi considerada como área útil as três linhas de milho e as quatro linhas de aveia-preta, centrais em cada parcela, desprezando-se 1,0 metro em cada extremidade.

A semeadura do milho e aveia-preta foram realizadas com auxílio de semeadora mecanizada e, a adubação básica, no caso do milho, foi realizada de acordo com as recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (Cantarella *et al.*, 1997) 156 kg.ha⁻¹ da formulação (N: 08; P: 28; K: 16), realizando posteriormente adubação de cobertura, aplicando-se 45 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, utilizando-se como fonte a uréia. Na aveia-preta, não foi realizado qualquer tipo de aplicação de fertilizante mineral.

Para o milho utilizou-se a variedade AL-Piratininga. As sementes foram tratadas com defensivos agrícolas, piraclostrobina, tiofanato metílico e fipronil, nas doses de 5 g, 45 g e 50 g do ingrediente ativo (i.a.) para cada 20 kg.ha⁻¹ de semente, respectivamente. A quantidade de sementes ha⁻¹ foi de 60.000. Para a aveia-preta, não foi utilizado o tratamento de sementes com defensivos agrícolas e utilizou-se aproximadamente 80 kg.ha⁻¹ de sementes, recomendado para alta produção de massa.

A semeadura da cultura do milho, após tratamento com defensivos agrícolas, e a semeadura da cultura da aveia-preta, sem tratamento, foram divididas em duas partes. A primeira parte foi realizar a inoculação via tratamento de sementes com 200 mL.ha⁻¹ do inoculante à base de *Azospirillum brasilense*, estirpes AbV₅ e AbV₆, com concentração de 2x10¹¹ UFC (unidades formadoras de colônia) por mL. Após o tratamento e a inoculação das sementes, procedeu-se à semeadura das áreas experimentais, priorizando a semeadura de áreas sem a presença de inoculantes nas sementes, seguido pelas áreas com inoculação via tratamento de sementes.

A segunda parte procedeu com a aplicação do inoculante *A. brasilense* via pulverização foliar realizada entre 15 e 20 dias após a emergência das culturas, com o auxílio de um pulverizador costal de pressão constante. As aplicações foram preferencialmente realizadas no final do dia. O volume de calda utilizado foi de 150 L.ha⁻¹, e a aplicação foi em área total.

3.2 Etapa II – Plantio da soja (*Glycine max* L. Merrill).

A semeadura da cultura da soja ocorreu em 22/12/2021. O atraso na semeadura foi devido à impossibilidade de utilizar o equipamento de irrigação por um longo período, causada pelo roubo de cabos de energia. Após o reparo no sistema de irrigação, outra dificuldade surgiu devido à seca severa durante o outono/inverno e início da primavera. Na época recomendada para a semeadura da soja, o nível baixo do lago da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira impediu a captação de água necessária para o cultivo.

As sementes de soja foram tratadas com os fungicidas carbendazin + thiram e inoculadas com *Bradyrhizobium spp.*, para todos os tratamentos em avaliação. Uma parte destas sementes tratadas foram coinoculadas com *A. brasilense*, na dose já especificada. O espaçamento entrelinha utilizado foi de 0,45 metros, a densidade de semeadura foi de 15 sementes por metro de sulco, a variedade utilizada foi a TMG 7063 IPRO e a adubação no sulco de semeadura foi de 300 kg.ha⁻¹ da formulação (N: 02; P: 20; K: 20).

No Quadro 1, é apresentado o cronograma de atividades agrícolas realizadas durante a execução da pesquisa.

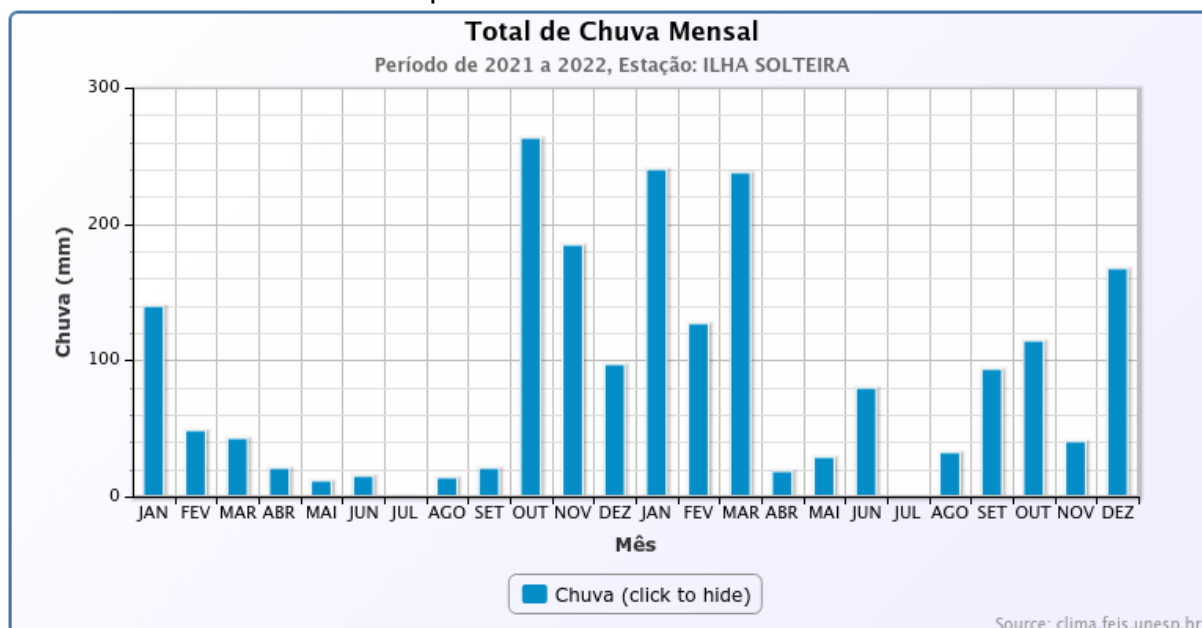
Quadro 1 – Cronograma de Atividades Agrícolas no desenvolvimento da pesquisa.

	Data	Atividade
Semeadura	21/05/21	Semeadura do milho e aveia-preta
	22/12/21	Semeadura da soja
Aplicação de Inseticidas	08/06/21	Aplicação dos inseticidas acefato, metomil e teflubenzurom na cultura do milho
	01/07/21	Aplicação dos inseticidas triflumurom e tiametoxan no milho
	07/03/22	Aplicação de inseticidas: tiametoxan, lambda-cialotrina, metomil e triflumurom
Aplicação de Herbicidas	17/06/21	Aplicação de atrazina no milho
	29/10/21	Dessecação de plantas daninhas com glifosato, cletodim e carfentrazone, adicionando óleo mineral à calda
	23/12/21	Dessecação de plantas daninhas com glifosato, cletodim e clorimuron, acrescidos de óleo mineral à calda
	26/01/22	Aplicação de glifosato e clorimuron
Aplicação do <i>A. brasilense</i>	07/07/21	Aplicação do coinoculante via pulverização foliar no milho e na aveia-preta
Manejo e Controle de Plantas Daninhas	15/11/21	Manejo mecânico dos resíduos das culturas de milho e aveia-preta, e controle de plantas daninhas com triton
Aplicação Combinada	05/02/22	Aplicação do inseticida acefato e do fungicida mancozebe
	22/02/22	Aplicação de fungicidas e inseticida: trifloxistrobina, prothioconazol, mancozebe, acetamiprido e bifentrina, com adição de óleo mineral à calda
Diagnóstico e Coleta	19/02/22	Coleta de folhas para diagnose nutricional
Colheita	05/04/22	Colheita dos experimentos

Fonte: Elaborado pela própria autora.

A Figura 1 apresenta os dados de precipitação total registrados na estação agrometeorológica da Unesp de Ilha Solteira/SP, localizada a poucos quilômetros da área do experimento, sendo esses dados fundamentais para contextualizar as condições climáticas durante o período de estudo.

Figura 1 – Gráfico do acúmulo de chuvas mensal durante a condução do experimento na safra 2021/22.



A Figura 1 demonstra que a estação agrometeorológica Unesp de Ilha Solteira/SP registrou um severo período de seca entre junho e setembro de 2021. Durante esse intervalo de aproximadamente 100 dias, a precipitação média mensal não ultrapassou 20 mm, representando um evento climático adverso – estiagem, que coincidiu com a fase de desenvolvimento das culturas de cobertura, milho e aveia-preta.

3.3 Metodologia de avaliação para a cultura da soja.

3.3.1 Estado nutricional das plantas: Nas folhas coletadas no florescimento pleno (estádio fenológico de desenvolvimento da cultura R2), foram quantificados o teor de N, utilizando-se da metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

3.3.2 População de plantas: Realizou-se a contagem das plantas existentes em 2,0 metros lineares de uma das linhas na área útil da parcela, seguida pelo cálculo da população por hectare.

3.3.3 Características agrônomicas: Mediram-se a altura das plantas e quantificou-se o número de vagens por planta.

3.3.4 Produtividade de grãos e massa de 100 grãos: Coletou-se as plantas existentes em 2 linhas em 3,0 metros de comprimento ($2,7 \text{ m}^2$), na região central de cada parcela. As plantas foram levadas para o galpão onde foram trilhadas e os grãos obtidos foram pesados. Em seguida, determinou-se a umidade através de aparelho digital para correção dos pesos para 13% de umidade – base úmida. Os valores obtidos foram transformados em kg.ha^{-1} . Dos grãos obtidos na avaliação da produtividade de grãos de cada parcela, retirou-se uma amostra, que em laboratório, foi contado 100 grãos, pesados em balança de precisão e determinado a umidade dos mesmos pelo método da estufa para correção dos pesos a 13% de umidade (base úmida).

3.4 Análise estatística dos dados.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância individual (ANOVA) através do teste F, e quando houve diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software de análise estatística e planejamento de experimentos SISVAR (Ferreira, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Discutiremos a seguir tabelas relacionadas à metodologia de avaliações realizadas durante todo o desenvolvimento da pesquisa, com o objetivo de avaliar a viabilidade do *A. brasilense* em diferentes doses em culturas antecessoras, milho e aveia-preta, e seu efeito residual como coinoculante para a cultura da soja em sucessão.

Para atingir esse objetivo, coletamos dados em campo e realizamos algumas análises em laboratório. Esses dados foram posteriormente quantificados e submetidos à análise estatística de variância pelo teste F e à comparação das médias pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5%.

A metodologia de avaliação incluiu a aplicação de diferentes doses de *A. brasilense* nas culturas de formação de cobertura, o milho e aveia-preta. Posteriormente, avaliamos o efeito residual da aplicação do *A. brasilense* na cultura da soja cultivada em sucessão.

Os resultados obtidos foram organizados em tabelas que apresentam as análises estatísticas, permitindo uma compreensão clara dos efeitos do *A. brasilense* na cultura da soja.

Para uma melhor compreensão dos resultados apresentados, dividiremos a descrição e a discussão dos dados com base na metodologia de avaliação da cultura da soja em duas partes distintas.

Na primeira parte, discutiremos os resultados obtidos com a palhada de cobertura formada pela cultura do milho. Esses resultados e suas respectivas discussões estão apresentados nas Tabelas 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Já na segunda parte, abordaremos os resultados obtidos com a palhada de cobertura formada pela cultura da aveia-preta, apresentados nas Tabelas 8, 9, 10, 11, 12 e 13.

É importante destacar que durante a condução do experimento, houve um longo período de seca, conforme mencionado anteriormente. Devido a isso, o plantio da cultura da soja, que deveria ocorrer logo após a formação da palhada com as culturas do milho e da aveia-preta, aproximadamente até 120 dias após a semeadura das culturas de cobertura (período entre 21/05/2021 e 18/09/2021), teve que ser adiado. A semeadura da cultura da soja só foi possível no dia 22/12/2021, 95 dias após a data prevista após a formação de cobertura. Este atraso significativo no plantio da soja, causado pelas condições climáticas adversas, pode ter influenciado os

resultados obtidos, devendo ser levado em consideração na análise e discussão dos dados apresentados.

A seguir discutiremos os resultados das tabelas relacionados ao desempenho da cultura da soja na palhada de cobertura formada pela cultura do milho.

Na Tabela 2, são apresentados os resultados dos valores de F para a variável produtividade de grãos de soja, além disso, a tabela inclui as médias de produtividade em áreas com cobertura de palhada do milho, comparando os tratamentos com e sem a aplicação do coinoculante *A. brasilense*.

Foi observada uma diferença estatisticamente significativa para a variável produtividade de grãos de soja na palhada de cobertura formada pela cultura do milho entre os tratamentos com e sem o coinoculante *Azospirillum brasilense*, conforme determinado pelo teste F a um nível de significância de 5%. A análise revelou que a produtividade média no tratamento sem *A. brasilense* foi significativamente maior do que no tratamento com *A. brasilense*. As médias de produtividade foram posteriormente comparadas pelo teste de Tukey a 5%, confirmando que os tratamentos diferiram significativamente.

Em experimentos conduzidos por Aratani, Lazarini e Marques (2008) sobre plantas cobertura, foi concluído que a adubação nitrogenada na cultura da soja, independentemente do momento da aplicação, não resulta em aumento de produtividade quando comparada ao tratamento sem aplicação de nitrogênio. Mendes, Hungria e Vargas (2000) corroboram esses resultados com testes realizados na semeadura, observando que as plantas que receberam doses de coinoculante não apresentaram melhora no desempenho ou na produtividade das plantas.

Os resultados sugerem que a aplicação do coinoculante *A. brasilense* não trouxe benefícios à produtividade de grãos de soja no contexto deste estudo. Pelo contrário, o tratamento sem *A. brasilense* resultou em uma produtividade superior, com uma diferença de 12,6% a favor do não uso do coinoculante, indicando a ausência de efeitos positivos do uso do coinoculante na produtividade de grãos de soja.

Tabela 2 – Valores de F para a variável produtividade de grãos de soja e médias da produtividade em áreas com cobertura de palhada do milho, com ou sem o coinoculante *A. brasilense*, em função dos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	394117,2	131372,4	0,708	0,5523
COBERTURA	1	288234,8	288234,8	1,553	0,2191
SOJA	1	2138540,6	2138540,6	11,525	0,0014*
DOSE	3	343498,7	114499,6	0,617	0,6075
COBERTURA*SOJA	1	29027,6	29027,6	0,156	0,6943
COBERTURA*DOSE	3	366333,4	122111,1	0,658	0,5821
SOJA*DOSE	3	660295,5	220098,5	1,186	0,3257
COBERTURA*SOJA*DOSE	3	32640,3	10880,1	0,59	0,9815
Média geral	2715,1				
erro	45	8350206,1	185560,1		
C.V.(%)		15,87			

Tratamentos	Médias (kg.ha ⁻¹)
Cobertura	
Com <i>A. brasilense</i>	2782,2
Sem <i>A. brasilense</i>	2648,0
DMS	216,9
Soja	
Com <i>A. brasilense</i>	2532,3 b
Sem <i>A. brasilense</i>	2897,9 a
DMS	216,9
Dose (mL)	
0	2757,3
100	2797,6
200	2703,4
400	2602,2
DMS	406,4

*: significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: Diferença Mínima Significativa. C.V(%): Porcentagem do Coeficiente de Variação. Fonte: Elaborado pela própria autora.

A Tabela 3 mostra os valores de F para a variável peso de 100 grãos de soja sob a cobertura de palhada de milho, além das médias, levando em conta a aplicação ou não do coinoculante *A. brasilense*. Na Tabela 3, o teste F não identificou nenhuma significância ao nível de 5% entre os tratamentos com e sem *Azospirillum brasilense*.

Mesmo com a diferença observada na tabela anterior, a ausência de diferença significativa na massa de 100 grãos indica que essa variação pode não influenciar diretamente no incremento da produtividade.

Tabela 3 – Valores de F para a variável massa de 100 grãos de soja na cobertura com palhada do milho. Selvíria, MS. 2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	2,172	0,724	1,708	0,1789
COBERTURA	1	0,391	0,391	0,921	0,3422
SOJA	1	0,766	0,766	1,806	0,1857
DOSE	3	1,672	0,557	1,314	0,2814
COBERTURA*SOJA	1	0,766	0,766	1,806	0,1857
COBERTURA*DOSE	3	1,922	0,641	1,511	0,2245
SOJA*DOSE	3	0,797	0,266	0,627	0,6016
COBERTURA*SOJA*DOSE	3	1,547	0,516	1,216	0,3148
Média geral	14,8				
Erro	45	19,0781	0,424		
C.V.(%)		4,39			

Tratamentos	Médias (g)
Cobertura	
Com <i>A. brasilense</i>	14,7
Sem <i>A. brasilense</i>	14,9
DMS	0,3
Soja	
Com <i>A. brasilense</i>	14,7
Sem <i>A. brasilense</i>	14,9
DMS	0,3
Dose (mL)	
0	15,0
100	14,9
200	14,6
400	14,9
DMS	0,6

*: significativo a 5% pelo teste F. C.V(%): Porcentagem do Coeficiente de Variação.
 Fonte: Elaborado pela própria autora.

Na Tabela 4 os valores de F para a variável altura das plantas de soja em áreas cobertas com palhada de milho são apresentados, além disso, são fornecidas as

médias da altura das plantas, considerando a aplicação ou não do coinoculante *A. brasilense*, em função dos diferentes tratamentos aplicados.

Observou-se significância pelo teste F a 5% na variável cobertura. Ao realizar o teste de médias de Tukey com uma probabilidade de 5%, constatou-se que o tratamento com *A. brasilense* apresentou um aumento de 7,5% em relação ao tratamento sem coinoculante, indicando que a coinoculação foi vantajosa.

Tabela 4 – Valores de F para a variável altura de plantas de soja em áreas com cobertura de palhada do milho e médias da altura, com ou sem o coinoculante *A. brasilense*, em função dos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	405,5	135,2	6,554	0,0009*
COBERTURA	1	570	570	27,635	0,000*
SOJA	1	8,3	8,3	0,401	0,5299
DOSE	3	124,2	41,4	2,007	0,1265
COBERTURA*SOJA	1	78,8	78,8	3,819	0,0569
COBERTURA*DOSE	3	153,3	51,1	2,477	0,0734
SOJA*DOSE	3	52,5	17,5	0,849	0,4743
COBERTURA*SOJA*DOSE	3	405,5	135,2	6,554	0,0009
Média geral	95,9				
Erro	45	928,2031	20,6267		
C.V.(%)		4,73			

Tratamentos	Médias (cm)
Cobertura	
Com <i>A. brasilense</i>	98,9 a
Sem <i>A. brasilense</i>	92,9 b
DMS	2,3
Soja	
Com <i>A. brasilense</i>	96,3
Sem <i>A. brasilense</i>	95,6
DMS	2,3
Dose (mL)	
0	97,9
100	94,1
200	96,4
400	95,3
DMS	4,2

*: significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: Diferença Mínima Significativa. C.V(%): Porcentagem do Coeficiente de Variação. Fonte: Elaborado pela própria autora.

Conforme apresentado na tabela 5, encontrou-se diferenças estatisticamente significativas para a variável número de vagens por planta na palhada de cobertura formada pela cultura do milho conforme determinado pelo teste F a um nível de significância de 5% entre os tratamentos com e sem *Azospirillum brasilense*, e para as diferentes doses do coinoculante, em duas interações: cobertura (milho) x soja e soja x dose.

As médias do número de vagens por planta foram comparadas com o teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%, destacando diferença significativa entre as médias dos tratamentos com e sem *A. brasilense*, assim como entre as diferentes doses do coinoculante testadas.

O tratamento com *A. brasilense* apresentou um número maior de vagens por planta, com uma diferença de 15,7% em relação ao tratamento sem *A. brasilense*, indicando que o uso do coinoculante na cultura antecessora influenciou significativamente o número de vagens.

Para as diferentes doses do coinoculante (0 mL.ha⁻¹, 100 mL.ha⁻¹, 200 mL.ha⁻¹ e 400 mL.ha⁻¹) aplicadas durante o desenvolvimento da cultura do milho, o teste de médias em relação ao número de vagens por planta, indicaram que a dose mais eficaz foi de 200 mL.ha⁻¹, apresentando uma média significativamente de 65,3 vagens por planta, em contraste, a menor média foi observada na dose de 100 mL.ha⁻¹, com 54,6 vagens por planta, bem como as doses de 0 mL.ha⁻¹ e 400 mL.ha⁻¹ mostraram médias intermediárias com 56,5 e 60,5 vagens por planta, respectivamente.

Essa análise sugere que a dose do coinoculante de 200 mL.ha⁻¹ resultou em um aumento na produção de vagens por planta, indicando uma resposta positiva da cultura à inoculação, entretanto a igualdade de desempenho entre as doses extremas (0 mL.ha⁻¹ e 400 mL.ha⁻¹) pode indicar um ponto de saturação ou limitação na eficácia do coinoculante acima da dose 200 mL.ha⁻¹.

Tabela 5 – Valores de F para a variável número de vagens por planta na palhada do milho e médias do número de vagens com ou sem o coinoculante *A. brasilense*, e média desse número em função das doses do coinoculante nos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	172,0	57,2	0,521	6.701
COBERTURA	1	1164,5	1164,52	10,592	0,0022*
SOJA	1	15,0	15,0	0,137	0,7134
DOSE	3	1249,7	416,6	3,789	0,0166*
COBERTURA*SOJA	1	791,0	791,0	7,195	0,0102*
COBERTURA*DOSE	3	439,7	146,5	1,333	0,2755
SOJA*DOSE	3	978,4	326,1	2,966	0,0419*
COBERTURA*SOJA*DOSE	3	443,4	147,8	1,344	0,2719
Média geral	58,9				
erro	45	4947,45	109,9		
C.V.(%)		17,78			

Tratamentos		Médias
Cobertura		
Com <i>A. brasilense</i>		63,3 a
Sem <i>A. brasilense</i>		54,7 b
DMS		5,3
Soja		
Com <i>A. brasilense</i>		58,5
Sem <i>A. brasilense</i>		59,5
DMS		5,3
Dose (mL)		
Tratamentos		Médias
0		56,5 ab
100		53,6 b
200		65,3 a
400		60,6 ab
DMS		9,89

*: significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: Diferença Mínima Significativa. C.V(%): Porcentagem do Coeficiente de Variação. Fonte: Elaborado pela própria autora.

Para a tabela 6, temos o desdobramento da interação cultura de cobertura e aplicação ou não de *Azospirillum* na soja via semente, observou-se que nas parcelas onde não se utilizou *Azospirillum* nas sementes de soja, a aplicação do *Azospirillum* na cultura antecessora promoveu maior produção de vagens na soja, no entanto, com

aplicação de *Azospirillum* em ambas as culturas (cobertura e soja) via semente, não aumentou a produção de vagens na soja. Quanto ao desdobramento da interação, doses x aplicação ou não de *Azospirillum* na semente de soja, verificou-se que a dose 200 mL ha⁻¹ via foliar proporcionou maior número de vagens na soja, somente quando também utilizou-se o *Azospirillum* via semente na soja.

Tabela 6 – Médias do número de vagens com e sem o coinoculante *A. brasilense*, em função da interação dupla cobertura x soja, e soja x dose. Selvíria, MS. 2022.

COBERTURA*SOJA			
Cobertura (milho)	Sem <i>A. brasilense</i>	Com <i>A. brasilense</i>	
Sem <i>A. brasilense</i>	51,7 b	57,8 a	
Com <i>A. brasilense</i>	67,3 a	59,3 b	
DMS	7,5		
SOJA*DOSE			
Doses (mL)	Sem <i>A. brasilense</i>	Com <i>A. brasilense</i>	DMS
0	51,4 a	61,6 ab	19,8
100	59,3 a	47,9 b	
200	64,9 a	65,8 a	
400	62,4 a	58,8 ab	
DMS	14		

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: Diferença Mínima Significativa. C.V(%): Porcentagem do Coeficiente de Variação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

A utilização de coinoculantes, como o *A. brasilense*, tem sido estudada devido ao seu potencial em promover um melhor desenvolvimento de plantas como a soja, principalmente com relação ao sistema radicular melhorando assim a nutrição nitrogenada das plantas.

O tratamento com *A. brasilense* resultou em uma maior concentração de N, na tabela 7, com uma diferença de 11,3% a favor do uso do coinoculante, indicando que o uso do coinoculante influenciou positivamente a concentração de N foliar.

As médias da concentração N não diferiram entre si pelo teste de Tukey (5%) para as diferentes doses do coinoculante testadas (0 mL.ha⁻¹, 100 mL.ha⁻¹, 200 mL.ha⁻¹ e 400 mL.ha⁻¹) aplicadas durante o desenvolvimento da cultura de cobertura de palhada de milho.

Para Nunes (2015), a ausência de resposta a coinoculação para o aumento na produtividade dos grãos, pode ser explicada pela disponibilidade de nitrogênio (N),

resultante das altas doses de N utilizadas na cultura antecessora, desse modo, o solo pode suprir nitrogênio em quantidade suficiente para a nova cultura, independentemente da aplicação adicional de N e da inoculação com as BPCPs.

A seguir discutiremos os resultados das tabelas relacionados ao desempenho da cultura da soja na palhada de cobertura formada pela cultura de aveia-preta.

Tabela 7 – Valores de F para a variável nitrogênio (N) e médias da concentração desse macronutriente na cobertura com palhada do milho, com ou sem o coinoculante *A. brasilense*, e médias de N em função das doses do coinoculante nos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	33,0	11,0	0,759	0,5228
COBERTURA	1	339,9	339,9	23,476	0,0*
SOJA	1	25,4	25,4	1,753	0,1922
DOSE	3	15,9	5,3	0,365	0,7782
COBERTURA*SOJA	1	14,0	14,0	0,965	0,3313
COBERTURA*DOSE	3	57,4	19,1	1,322	0,2790
SOJA*DOSE	3	63,5	21,2	1,463	0,2374
COBERTURA*SOJA*DOSE	3	63,9	21,3	1,470	0,2353
Média geral	42,9				
erro	45	651,6	14,5		
C.V.(%)		8,85			

Tratamentos	Médias (g.kg ⁻¹)
Cobertura	
Com <i>A. brasilense</i>	45,4 a
Sem <i>A. brasilense</i>	40,7 b
DMS	1,9
Soja	
Com <i>A. brasilense</i>	43,6
Sem <i>A. brasilense</i>	42,3
DMS	1,9
Dose (mL)	
0	43,7
100	42,9
200	43,1
400	42,3
DMS	3,6

*: significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: Diferença Mínima Significativa. C.V(%): Porcentagem do Coeficiente de Variação. Fonte: Elaborado pela própria autora.

Nota-se que na Tabela 8, para a análise dos valores pelo teste F significativo a 5% para a variável produtividade de grãos de soja na palhada de cobertura formada pela cultura da aveia-preta, houve significância a 5% nas variáveis soja e cobertura, sendo possível determinar a influência dos tratamentos com e sem a coinoculação de *A. brasilense* na produtividade da soja.

Para o teste de média Tukey a 5%, foram comparadas as médias da produtividade da soja na palhada da aveia-preta para os tratamentos com *A. brasilense* e sem *A. brasilense*, considerando as variáveis soja e cobertura.

Os resultados das médias na variável soja indicaram que o tratamento sem *A. brasilense* apresentou um melhor desempenho, superando o tratamento com *A. brasilense* em 7,4%, demonstrando que a coinoculação via semente, proporcionou menor produtividade de grãos. No entanto, as médias na variável cobertura mostraram que o melhor resultado foi obtido no tratamento com *A. brasilense*, com um incremento de 8,0% em relação ao tratamento sem *A. brasilense*, reforçando a observação de que a coinoculação com *A. brasilense* na cultura antecessora (aveia) proporcionou um aumento significativo na produtividade de grãos de soja em sucessão.

Esses resultados estão de acordo com Nunes (2015), que observou, em estudos realizados em ambiente controlado, que a coinoculação com *A. brasilense* não teve efeito na produtividade de grãos. Resultados semelhantes foram apresentados por Mendes, Hungria e Vargas (2000) e Aratani, Lazarini e Marques (2008), que também verificaram que a coinoculação com *A. brasilense* não trouxe efeitos positivos no rendimento da produtividade da cultura da soja.

Tabela 8 – Valores de F e médias para a variável produtividade de grãos de soja em áreas com cobertura de palhada de aveia-preta, com ou sem o coinoculante *A. brasilense*, em função dos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	989045,4	329681,8	2,970	0,0417
COBERTURA	1	588672,6	588672,6	5,303	0,0260*
SOJA	1	538389,1	538389,1	4,850	0,0328*
DOSE	3	637318,1	212439,4	1,914	0,1409
COBERTURA*SOJA	1	288369,0	288369,0	2,598	0,1140
COBERTURA*DOSE	3	630707,8	210235,9	1,894	0,1442
SOJA*DOSE	3	97711,1	32570,4	0,293	0,8300
COBERTURA*SOJA*DOSE	3	505356,9	168452,3	1,518	0,2228
Média Geral	2488,1				
erro	45	4995021,1	111000,5		
C.V.(%)		13,39			

Tratamentos	Médias (kg.ha ⁻¹)
Cobertura	
Com <i>A. brasilense</i>	2584,0 a
Sem <i>A. brasilense</i>	2393,2 b
DMS	167,76
Soja	
Com <i>A. brasilense</i>	2396,4 b
Sem <i>A. brasilense</i>	2579,8 a
DMS	167,76
Dose (mL)	
0	2605,8
100	2358,1
200	2427,3
400	2561,4
DMS	314,3

*: significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: Diferença Mínima Significativa. C.V(%): Porcentagem do Coeficiente de Variação. Fonte: Elaborado pela própria autora.

Para a análise da tabela 9, o teste F com significância de 5% na massa de 100 grãos de soja, foi encontrada significância estatística para as variáveis soja e cobertura, visto que tais variáveis também foram comparadas utilizando o teste de médias de Tukey com 5% de probabilidade.

Ao comparar as médias das variáveis soja e cobertura, observou-se uma diferença significativa de 4,3% no valor da massa de 100 grãos de soja entre os tratamentos com e sem *A. brasilense*, tal incremento é significativo para o tratamento

com *A. brasilense* apresentando o melhor valor da massa de 100 grãos de soja em relação ao tratamento sem *A. brasilense*, indicando que o uso do coinoculante na cultura antecessora teve um efeito significativo sobre a massa de 100 grãos de soja. No entanto, o uso do coinoculante na cultura da soja, não trouxe aumento na massa de 100 grãos, resultado este semelhante ao efeito desses tratamentos na produtividade de grãos.

Tabela 9 – Valores de F para a variável massa de 100 grãos de soja na cobertura com palhada de aveia-preta e médias com ou sem o coinoculante *A. brasilense*, em função dos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
BLOCO	3	1,1	0,4	0,431	0,7314
COBERTURA	1	5,1	5,1	6,168	0,0168*
SOJA	1	5,1	5,1	6,168	0,0168*
DOSE	3	3,3	1,1	1,345	0,2717
COBERTURA*SOJA	1	0,1	0,1	0,076	0,7839
COBERTURA*DOSE	3	4,6	1,5	1,853	0,1512
SOJA*DOSE	3	4,3	1,4	1,751	0,1701
COBERTURA*SOJA*DOSE	3	6,6	2,2	2,665	0,0591
Média geral	14,2				
erro	45	36,9	0,8		
C.V.(%)		6,37			

Tratamentos	Médias (g)
Cobertura	
Com <i>A. brasilense</i>	14,5 a
Sem <i>A. brasilense</i>	13,9 b
DMS	0,46
Soja	
Com <i>A. brasilense</i>	13,9 b
Sem <i>A. brasilense</i>	14,5 a
DMS	0,46
Dose (mL)	
0	14,5
100	14,3
200	13,9
400	14,2
DMS	0,9

*: significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: Diferença Mínima Significativa. C.V(%): Porcentagem do Coeficiente de Variação. Fonte: Elaborado pela própria autora.

Na Tabela 10, os valores foram significativos a 5% pelo teste F, e as médias diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A cobertura da aveia-preta apresentou um incremento de 3,1% na altura, enquanto a soja teve um aumento de 4,5% na altura, ambos no tratamento sem *A. brasilense*. Esses resultados indicam que a inoculação não foi eficiente para o desenvolvimento da altura das plantas de soja.

Tabela 10 – Valores de F e médias para a variável altura de plantas de soja em áreas com cobertura de palhada da aveia-preta, com ou sem o coinoculante *A. brasilense*, em função dos tratamentos. Selvíria, MS. 2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	64,0469	21,349	0,999	0,4018
COBERTURA	1	118,2656	118,2656	5,537	0,0231*
SOJA	1	244,1406	244,1406	11,43	0,0015*
DOSE	3	43,0469	14,349	0,672	0,5738
COBERTURA*SOJA	1	129,3906	129,3906	6,058	0,0177*
COBERTURA*DOSE	3	83,6719	27,8906	1,306	0,2842
SOJA*DOSE	3	27,0469	9,0156	0,422	0,738
COBERTURA*SOJA*DOSE	3	22,5469	7,5156	0,352	0,7879
Média geral	89,3				
Erro	45	961,2031	21,3601		
C.V.(%)		5,18			

Tratamentos	Médias (cm)
Cobertura	
Com <i>A. brasilense</i>	87,9 b
Sem <i>A. brasilense</i>	90,6 a
DMS	2,3
Soja	
Com <i>A. brasilense</i>	87,3 b
Sem <i>A. brasilense</i>	91,3 a
DMS	2,3
Dose (mL)	
0	89,2
100	88,0
200	90,1
400	89,9
DMS	4,4

*: significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: Diferença Mínima Significativa. C.V(%): Porcentagem do Coeficiente de Variação. Fonte: Elaborado pela própria autora.

Entretanto, no desdobramento da interação coberturas x coinoculação na soja, apresentado na tabela 11, verifica-se que, quando se utiliza coinoculante na cultura de cobertura, é importante repetir o procedimento também na cultura da soja, sendo a regra não recomendada, quando não se coinocula a cultura de cobertura.

Tabela 11 – Médias da altura de plantas (cm) com e sem o coinoculante *A. brasilense*, em função da interação dupla cobertura x soja. Selvíria, MS. 2022.

COBERTURA*SOJA			
Cobertura (milho)	Sem <i>A. brasilense</i>	Com <i>A. brasilense</i>	DMS
Sem <i>A. brasilense</i>	91,3 a	84,6 b	3,3
Com <i>A. brasilense</i>	91,2 a	90,1 a	
DMS	3,3		

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: Diferença Mínima Significativa. C.V(%): Porcentagem do Coeficiente de Variação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Na Tabela 12, verifica-se que não houve valores significativos a 5% pelo teste F, e as médias diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, logo o efeito dos tratamentos no número de vagens por planta, bem como a interação entre os mesmos.

Tabela 12 – Valores de F para a variável número de vagens por planta na palhada da aveia-preta. Selvíria, MS. 2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	7,697,2	2565,7	5,2	0,004
COBERTURA	1	9,8	9,8	0,020	0,889
SOJA	1	19,1	19,1	0,039	0,845
DOSE	3	948,1	316	0,642	0,592
COBERTURA*SOJA	1	213,9	213,9	0,434	0,513
COBERTURA*DOSE	3	701,6	233,9	0,475	0,701
SOJA*DOSE	3	1715,4	571,8	1,161	0,335
COBERTURA*SOJA*DOSE	3	2425,4	808,5	1,641	0,193
Média geral	68,7				
erro	45	22164,1	492,5		
C.V.(%)		32,29			

Tratamentos	Médias (cm)
Cobertura	
Com <i>A. brasilense</i>	69,1
Sem <i>A. brasilense</i>	68,3
DMS	11,2
Soja	
Com <i>A. brasilense</i>	68,2
Sem <i>A. brasilense</i>	69,2
DMS	11,2
Dose (mL)	
0	64,3
100	66,5
200	74,5
400	69,7
DMS	20,9

*: significativo a 5% pelo teste F. C.V(%): Porcentagem do Coeficiente de Variação.
 Fonte: Elaborado pela própria autora.

A Tabela 13 apresenta os valores do teste F para a variável teor foliar de nitrogênio (N) na soja, juntamente com as médias da concentração deste macronutriente em área com cobertura aveia preta, em resposta às diferentes doses do coinoculante *Azospirillum brasilense* e demais tratamentos.

Os resultados de nitrogênio (N) obtidos nas plantas de soja semeadas na palhada formada pela cultura da aveia-preta não foram significativos para 5% pelo

teste F. Para as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%), não se obteve diferença significativa.

Hungria (2011) relata que a fixação biológica proporcionada por essas bactérias é insuficiente para suprir completamente as necessidades de nitrogênio das plantas não-leguminosas, ao contrário do que ocorre nas leguminosas com os rizóbios. As bactérias do gênero *Azospirillum* podem promover um maior crescimento do sistema radicular. Esse maior desenvolvimento radicular associado ao *Azospirillum brasilense* também leva a uma maior nodulação e, conseqüentemente, a uma contribuição aumentada na fixação biológica de nitrogênio (Nunes, 2015).

O teor de N observado em função dos tratamentos encontram-se dentro da faixa considerada adequada (40 a 54 g.kg⁻¹) para a cultura da soja quando se utiliza folhas com pecíolo na amostragem segundo Ambrosano *et al.* (1996). Desta forma, independente da cultura antecessora, na presença ou não de coinoculação via semente e suplementação via foliar e ainda, utilização da coinoculação de sementes de soja com *Azospirillum*, não se observou aumento de teor foliar de N.

Tabela 13 – Valores de F e médias para a variável teor de nitrogênio (N) foliar na soja, em área com palhada da aveia-preta em função das doses do coinoculante *A. brasilense* e demais tratamentos. Selvíria, MS. 2022.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	284,0	94,8	2,036	0,1223
COBERTURA	1	8,3	8,3	0,179	0,674
SOJA	1	61,8	61,8	1,329	0,255
DOSE	3	21,6	7,2	0,155	0,9262
COBERTURA*SOJA	1	26,1	26,1	0,562	0,4574
COBERTURA*DOSE	3	187,8	62,6	1,346	0,2714
SOJA*DOSE	3	314,8	104,9	2,256	0,0948
COBERTURA*SOJA*DOSE	3	225,8	75,3	1,618	0,1984
erro	45	2092,9	46,5		
C.V.(%)		15,72			

Tratamentos	Médias (kg.ha ⁻¹)
Cobertura	
Com <i>A. brasilense</i>	43,7
Sem <i>A. brasilense</i>	43,0
DMS	3,4
Soja	
Com <i>A. brasilense</i>	42,4
Sem <i>A. brasilense</i>	44,3
DMS	3,4
Dose (mL)	
0	43,1 a
100	43,1 a
200	42,9 a
400	44,4 a
DMS	6,43

*: significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey (5%). DMS: Diferença Mínima Significativa. C.V(%): Porcentagem do Coeficiente de Variação.

Fonte: Elaborado pela própria autora.

Como já descrito anteriormente, a falta de chuva e problemas estruturais proporcionaram um atraso de 30 a 40 dias da época recomendada para semeadura da soja. Esse atraso e também as condições climáticas não favoráveis, pode ter influenciado na resposta das culturas a utilização do *Azospirillum* como inoculante, nas diferentes formas.

O estudo conduzido por Kliemann *et al.* (2006) investigou a dinâmica da decomposição das palhadas de milho e aveia-preta ao longo de um período de 370

dias, utilizando a técnica dos sacos de nylon para determinar a velocidade de decomposição dos resíduos. Em 149 dias, a palhada de milho perdeu 49% de sua massa, enquanto a de aveia preta perdeu 71% em 179 dias indicando que a palhada de milho apresentou uma decomposição mais lenta em comparação com a de aveia preta, fenômeno atribuído à alta relação C/N e ao elevado teor de lignina da palhada de milho.

Portanto, o estudo de Kliemann *et al.* (2006) corrobora os dados discutidos nas tabelas, ao considerar que o atraso no plantio da soja, devido às condições climáticas adversas e problemas estruturais, possivelmente influenciando significativamente os resultados da pesquisa.

5 CONCLUSÕES

- A inoculação via semente na cultura de milho, aumenta o teor foliar de N na soja em sucessão.
- O teor foliar de N na soja esteve dentro da faixa considerada adequada, independente dos tratamentos.
- A inoculação com *Azospirillum* via semente nas culturas de milho e aveia preta antecessoras a soja proporciona aumento de produtividade de grãos da soja.
- A aplicação foliar de *Azospirillum* nas culturas antecessoras a soja não altera o teor foliar de N e produtividade de grãos da soja.
- O uso do *Azospirillum* como coinoculante via semente na soja, reduz a produtividade de grãos da soja.
- Não se observa interação entre os tratamentos quanto a produtividade de grãos da soja.

Diante desses desafios e dos resultados obtidos, é fundamental reconhecer a necessidade de realizar mais pesquisas para validar ou refutar as conclusões deste estudo, enfatizando a importância da continuidade da investigação para aprofundar o entendimento sobre os efeitos da inoculação com *Azospirillum brasilense* em diferentes condições de cultivo e manejo, e para compreender os contextos específicos nos quais essa prática pode ser eficaz na melhoria da produtividade agrícola.

6 REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; FERNANDES, F. M.; HECKLER, J. C.; MACEDO, R. A. T. D.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p.449-456, 2006.
- ALVES, R. S. **Residual de composto de lodo de esgoto e inoculação com *Azospirillum brasilense* na fertilidade do solo, nutrição e desempenho agrônomo na sucessão trigo e soja**. 2024. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas de Produção, Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, Sp, 2024.
- AMBROSANO, E.J., TANAKA, R.T., MASCARENHAS, H.A.A. **Leguminosas e oleaginosas**. In: Raij, B. van, et al.. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, IAC, 1996. p. 189-203. Boletim Técnico nº100.
- ARATANI, R. G.; LAZARINI, E.; MARQUES, R. R. Adubação Nitrogenada em Soja na Implantação do Sistema Plantio Direto. Biosc. J., Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 31-38, 2008.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 24, n. 4, p. 897-903, dez. 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832000000400021>.
- CARNEIRO FILHO, A.; COSTA, K. A expansão da soja no Cerrado. Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável. São Paulo, **Agroicone**, p.1-30, 2016.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. VAN; CAMARGO, C. E. O. CEREAIS. In: Raij, B. Van; Cantarella, H., Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. (EdS.) **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. 2.ed.rev. Campinas, IAC, p.45-71. (Boletim técnico, 100), 1997.

CATALANI, V. P. **Produção de soja em sistemas sustentáveis: efeito do fertilizante brutal plus®, inoculação, aplicação de *Azospirillum brasilense* e adubação foliar**. 2023. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, SP, 2023.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **CEPEA/ABIOVE: PIB da cadeia da soja e do biodiesel cresce 21% em 2023, mas renda real recua 5,3%**. 2024. CEPEA - ESALQ - USP. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/cepea-abiove-pib-da-cadeia-da-soja-e-do-biodiesel-cresce-21-em-2023-mas-renda-real-recua-5-3.aspx>. Acesso em: 07 maio 2024.

CHIODEROLI, C. A. **Consortiação de braquiárias com milho outonal em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão na integração agricultura-pecuária**. 2010. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas de Produção, Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, SP, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Ajustes na área de milho e soja resultam em uma produção de 295,45 milhões de toneladas na safra 2023/2024**. 2024. <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5531-ajustes-na-area-de-milho-e-soja-resultam-em-uma-producao-de-295-45-milhoes-de-toneladas-na-safra-2023-2024>. Acesso em: 27 maio 2024.

CONAB. **Nova estimativa para a produção de grãos na safra 2023/2024 está em 297,54 milhões de toneladas**. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5579-nova-estimativa-para-a-producao-de->

graos-na-safra-2023-2024-esta-em-297-54-milhoes-de-toneladas. Acesso em: 20 jun. 2024.

CORA CORALINA. **Vintém de cobre**: Meias confissões de Aninha. São Paulo, 1997.

DE ALMEIDA CARMEIS FILHO, A. C.; PAGAN LOEIRO DA CUNHA, T.; CHECCHIO MINGOTTE, F. L.; BAPTISTA DO AMARAL, C.; BORGES LEMOS, L.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. **Revista Caatinga**, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Brasil, v.27, n.2, p.66-75, 2014.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Coinoculação nas culturas da soja e feijoeiro**. 2014. Embrapa Soja. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/2648/coinoculacao-nas-culturas-da-soja-e-feijoeiro>. Acesso em: 18 abr. 2024.

EMBRAPA SOJA. **História da soja**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>. Acesso em: 20 maio 2024.

EMBRAPA SOJA. **Soja em números (safra 2023/24)**. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 20 jun. 2024.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERNANDES, V. C.; LAZARINI, E.; SANCHES, I. R.; SANTOS, F. L.; BOSSOLANI, J. W. Calagem, gessagem, culturas de cobertura e adubação nitrogenada em sistema plantio direto: estado nutricional e produtividade do milho. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 9, n. 8, p. 1-22, 2 ago. 2020. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5943>.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. **Embrapa Soja**, Documentos 325, Londrina, PR, 36 p, 2011.

KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, [S.L.], v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052010000100017>.

KLIEMANN, H. J., PEREIRA BRAGA BRAZ, A. J.; MARQUES DA SILVEIRA, P. taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia, Brasil vol. 36, n. 1, v.36, p. 21-28, 2006.

LUNA, B. N. C. **Rotação de culturas, adubação verde e inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* sobre os componentes de produção e produtividade do feijão-comum em sistema plantio direto na região de cerrado**. 2023. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, SP, 2023.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Editora: POTAFOS, Piracicaba, SP, 319 p., 1997.

MARSCHNER, H. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. [S. L.]: Academic Press, 2011.

MAURICIO FILHO, J.; SILVA, C. H. S.; SOUZA, J. E. B. Desempenho agrônômico e produtividade da cultura da soja com a co-inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum brasilense*. **Ipê Agronomic Journal**, v.2, n.2, p.46-57, 2018.

MENDES, I. C.; HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Resposta da soja à adubação nitrogenada na semeadura, em sistemas de plantio direto e convencional na Região do Cerrado. **Boletim de Pesquisa**, Brasília, v. 1, n. 12, p. 1-15, 2000.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, É. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 251-259, fev. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832013000100026>.

NUNES, P. H. M. P.; AQUINO, L. A.; SANTOS, L. P. D.; XAVIER, F. O.; DEZORDI, L. R.; ASSUNÇÃO, N. S. Produtividade do trigo irrigado submetido à aplicação de nitrogênio e à inoculação com *azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 39, n. 1, p. 174-182, fev. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbcs20150354>.

PRANDO, A. M., de OLIVEIRA, A. B., POSSAMAI, E., REIS, E., NOGUEIRA, M., HUNGRIA, M., CONTE, O. **Coinoculação da soja com Bradyrhizobium e Azospirillum na safra 2020/2021 no Paraná**. Embrapa Soja. Circular Técnica 181, Londrina, PR, 24 p., 2022.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas, Instituto Agrônômico, 285p., 2001.

RIBEIRO, L. M.; CECCON, G.; MECI, I. A.; SANTOS, A. L. F.; MAKINO, P. A.; FACHINELLI, R. Produtividade da soja em sucessão a cultivos de outono-inverno. **Agrarian**, [S.L.], v. 11, n. 40, p. 120-131, 28 maio 2018. Universidade Federal de Grande Dourados. <http://dx.doi.org/10.30612/agrarian.v11i40.5379>.

RODRIGUES, G. B.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D. C.; PINA, T. P. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 3, p. 380-385, 2012.

SANCHES, L. A. **Plantio direto no cerrado: Características agronômicas do milho sob influência da calagem, culturas de cobertura e adubação nitrogenada**. 2024. 54 f. Tese (Doutorado) - Curso de Sistemas de Produção,

Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, SP, 2024.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa Solos, Brasília, DF, 5 ed., 365 p., 2018.

SANTOS NETO, J. T.; LUCAS, F. T.; FRAGA, D. F.; OLIVEIRA, L. F.; PEDROSO NETO, J. C. Adubação nitrogenada, com e sem inoculação de semente, na cultura da soja. **FAZU em Revista**, [S. L.], v. 10, p. 8-12, 2013.

ZILLI, J. E.; MARSON, L. C.; CAMPO, R. J.; GIANLUPPI, V.; HUNGRIA, M. Avaliação da fixação biológica de nitrogênio na soja em áreas de primeiro cultivo no cerrado de Roraima. **Embrapa Roraima**, Boa Vista, RO, 9 p., 2006.