

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA – UNESP

CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

ODAIR IGNÁCIO DOS SANTOS SOUZA JUNIOR

**INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* VIA FOLIAR E ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM COBERTURA NA AVEIA E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM
SUCESSÃO COM OU SEM COINOCULAÇÃO**

ILHA SOLTEIRA – SP

DEZEMBRO - 2025

ODAIR IGNÁCIO DOS SANTOS SOUZA JUNIOR

**INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* VIA FOLIAR E ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM COBERTURA NA AVEIA E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM
SUCESSÃO COM OU SEM COINOCULAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica
da Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho" – UNESP, Câmpus de Ilha
Solteira, como requisito para a obtenção do título
de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Edson Lazarini

Ilha Solteira - SP

2025

1))

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S729i Souza Junior, Odair Ignácio dos Santos.
Inoculação com *Azospirillum brasilense* via foliar e adubação nitrogenada em cobertura na aveia e produtividade da soja em sucessão com ou sem coinoculação / Odair Ignácio Souza Junior . -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
26 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônoma)-
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
2025

Orientador: Edson Lazarini

Inclui bibliografia

1. Glycine max. 2. Avena strigosa. 3. Fixação biológica de nitrogênio. 4.
Bactérias promotoras de crescimento vegetal. 5. Sucessão de culturas.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Ilha Solteira

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" FACULDADE
DE ENGENHARIA – UNESP – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA CURSO DE GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: "INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* VIA FOLIAR E ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM COBERTURA NA AVEIA E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SUCESSÃO
COM OU SEM COINOCULAÇÃO."

ALUNO: ODAIR IGNÁCIO DOS SANTOS SOUZA JUNIOR - RA: 18205457-8

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON LAZARINI

Aprovado (☒) Reprovado (☐) pela Comissão Examinadora com nota obtida: 9,0 (Nove inteiros)

Comissão Examinadora:



Documento assinado digitalmente
EDSON LAZARINI
Data: 19/12/2025 10:27:25-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Edson Lazarini (ORIENTADOR)



Documento assinado digitalmente
VITORIA ALMEIDA MOREIRA GIRARDI
Data: 19/12/2025 10:37:25-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

MSc Vitória Almeida Moreira Girardi



Documento assinado digitalmente
FABIO AMARAL DE ALMEIDA MORAIS
Data: 19/12/2025 11:03:51-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

MSc Fábio Amaral de Almeida Moraes



Documento assinado digitalmente
ODAIR IGNACIO DOS SANTOS SOUZA JUNIOR
Data: 19/12/2025 12:25:50-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Odaí Ignácio dos Santos Souza Junior

Aluno

Ilha Solteira (SP), 19 de dezembro de 2025.

ODAIR IGNÁCIO DOS SANTOS SOUZA JUNIOR

**INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* VIA FOLIAR E ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM COBERTURA NA AVEIA E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM
SUCESSÃO COM OU SEM COINOCULAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica
da Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho" – UNESP, Câmpus de Ilha
Solteira, como requisito para a obtenção do título
de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 19/12/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edson Lazarini (Orientador) UNESP – Câmpus de Ilha Solteira

Fábio Amaral de Almeida Moraes UNESP – Câmpus de Ilha Solteira

Ms. Vitória Almeida Moreira Girardi UNESP – Câmpus de Ilha Solteira

Ilha Solteira - SP 2025

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial aos meus pais, pelo amor, suporte e estrutura para que eu pudesse concluir minha formação. Vocês são a base e o alicerce com que sei que posso contar.

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) – Câmpus de Ilha Solteira, pela excelência no ensino, pela infraestrutura disponibilizada e por proporcionar um ambiente de crescimento pessoal e profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edson Lazarini, não apenas pela orientação acadêmica, mas pelo exemplo de pessoa. Obrigado pela paciência, pela confiança depositada em meu trabalho e, acima de tudo, pelos ensinamentos valiosos que contribuíram imensamente para a minha formação ética e científica.

Às pessoas próximas, pelas quais tenho muito carinho, amigos e colegas de curso, pelo companheirismo, pelas horas de estudo compartilhadas e pelos momentos de descontração que tornaram essa jornada mais leve. Todos me ajudaram a ser uma pessoa e um profissional melhor.

Agradeço também a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O emprego de culturas de cobertura ou de rotação no período de outono/inverno, além de aumentarem a disponibilidade de palhada no solo, promovem modificações na ciclagem dos nutrientes. O *Azospirillum brasilense* possui modesta capacidade de fixação biológica do nitrogênio, no entanto, o objetivo do uso deste microrganismo é quanto à capacidade que o mesmo possui para produzir fitormônios que promovem o crescimento vegetal, principalmente do sistema radicular, o que favorece a nodulação e a fixação realizada pelo *Bradyrhizobium*. Diante deste contexto, o presente trabalho teve por objetivo, na condição de ambiente de Cerrado, verificar se a aveia preta responde à adubação nitrogenada e à aplicação de *Azospirillum* via foliar, quanto à produção de massa seca e acúmulo de N, e como isso influencia a cultura da soja em sucessão, semeada na presença ou ausência da coinoculação via semente. O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada no município de Selvíria, MS, em área de Cerrado com clima tropical úmido e solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (LVd). O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso (DBC), com os tratamentos dispostos em um esquema fatorial 4x4x2, com 3 repetições: 4 doses de nitrogênio em cobertura na aveia (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹); 4 doses de *Azospirillum brasilense* via foliar na aveia (0, 100, 200 e 400 mL ha⁻¹); e soja em sucessão sem ou com aplicação de *Azospirillum* via semente (2,0 mL kg⁻¹). Através dos resultados obtidos, verificou-se que a produção de matéria seca da aveia apresentou interações complexas, não respondendo isoladamente às doses de N. O teor de N na palhada da aveia aumentou em função das doses de N mineral. Na cultura da soja, a coinoculação via semente proporcionou plantas com maior altura. Para a produtividade de grãos, houve interação significativa: a soja sem coinoculação obteve maior rendimento com a maior dose de N (90 kg ha⁻¹) aplicada na aveia antecessora, enquanto a soja coinoculada apresentou altas produtividades com doses intermediárias (60 kg ha⁻¹) de N na aveia, dispensando as doses mais elevadas. Conclui-se que a coinoculação na soja altera a resposta da cultura à adubação nitrogenada residual da aveia preta.

Palavras-chave: *Glycine max*; *Avena strigosa*; fixação biológica de nitrogênio; bactérias promotoras de crescimento vegetal; sucessão de culturas.

ABSTRACT

The use of cover or rotation crops during the autumn/winter period, besides increasing mulch availability on the soil, promotes changes in nutrient cycling. *Azospirillum brasilense* has a modest biological nitrogen fixation capacity; however, the primary objective of using this microorganism is its ability to produce phytohormones that promote plant growth, especially the root system, which favors nodulation and fixation performed by *Bradyrhizobium*. In this context, the present study aimed to verify, under Cerrado conditions, whether black oat responds to nitrogen fertilization and foliar application of *Azospirillum* regarding dry matter production and N accumulation, and how this influences the subsequent soybean crop, sown with or without seed co-inoculation. The experiment was conducted at the FEPE/UNESP, in Selviria, MS, in a Cerrado area with soil classified as a typical dystrophic Red Latosol (LVd). The experimental design was randomized blocks, with treatments arranged in a 4x4x2 factorial scheme: four nitrogen top-dressing doses on oat (0, 30, 60, and 90 kg ha⁻¹); four foliar doses of *Azospirillum brasilense* on oat (0, 100, 200, and 400 mL ha⁻¹); and subsequent soybean with or without co-inoculation (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*) via seed (2.0 mL kg⁻¹). Results showed that oat dry matter production presented complex interactions, not responding to N doses in isolation. The N content in oat mulch increased linearly as a function of mineral N doses. In the soybean crop, seed co-inoculation resulted in taller plants. Regarding grain yield, there was a significant interaction: soybean without co-inoculation achieved higher yields with the highest N dose (90 kg ha⁻¹) applied to the preceding oat, while co-inoculated soybean showed high yields with intermediate N doses (60 kg ha⁻¹) on oat, making higher doses unnecessary. It is concluded that co-inoculation in soybean alters the crop's response to the residual nitrogen fertilization from black oat.

Keywords: *Glycine max*; *Avena strigosa*; biological nitrogen fixation; plant growth-promoting bacteria; crop succession.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da análise química do solo da área experimental, amostrado na profundidade de 0 – 0,2 m	p. 13
Tabela 2 – Massa da matéria seca, teor de N na matéria seca da aveia e teor de N na folha de soja em sucessão, em função dos tratamentos	p. 16
Tabela 3 – Desdobramento da interação doses de nitrogênio na aveia x dose de <i>Azospirillum</i> via foliar na aveia x <i>Azospirillum</i> via semente de soja, significativa para massa da matéria seca da aveia, antecedendo a soja	p. 18
Tabela 4 – Desdobramento da interação doses de nitrogênio na aveia x dose de <i>Azospirillum</i> via foliar na aveia x <i>Azospirillum</i> via semente de soja, significativa para teor de N na matéria seca da aveia, antecedendo a soja	p. 19
Tabela 5 – Desdobramento das interações doses de nitrogênio x doses de <i>Azospirillum</i> via foliar na aveia e doses de nitrogênio x <i>Azospirillum</i> via semente na soja, significativas para o teor foliar de N na soja, em sucessão	p. 20
Tabela 6 – População de plantas, altura de planta, número de vagens por planta e produtividade de grãos de soja em sucessão, em função dos tratamentos	p. 21
Tabela 7 – Desdobramento da interação doses de nitrogênio na aveia x dose de <i>Azospirillum</i> via foliar na aveia x <i>Azospirillum</i> via semente de soja, significativa para população de plantas de soja em sucessão a aveia	p. 22
Tabela 8 – Desdobramento da interação doses de N na aveia x coinoculação das sementes de soja com <i>Azospirillum</i> significativa para produtividade de grãos de soja	p. 23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	13
2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	14
2.3. CONDUÇÃO DA CULTURA DA AVEIA PRETA (ETAPA I)	14
2.4. CONDUÇÃO DA CULTURA DA SOJA (ETAPA II)	15
2.5. AVALIAÇÕES REALIZADAS.....	15
2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4 CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) consolida-se como uma das *commodities* agrícolas mais relevantes do cenário global. Segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), além de ser a principal oleaginosa cultivada anualmente, a cultura integra o grupo dos quatro grãos de maior produção e consumo mundial, posicionando-se estrategicamente ao lado do milho, trigo e arroz.

No cenário nacional, o Brasil assumiu o protagonismo. Com uma produção de 135,409 milhões de toneladas em uma área de 38,502 milhões de hectares (CONAB, 2021), o país legitimou-se, em 2020, como o maior produtor e exportador mundial, enviando ao mercado externo 84 milhões das 126 milhões de toneladas produzidas naquele ano. Ocupando aproximadamente apenas 4% do território nacional, a sojicultura brasileira acumulou, nas últimas duas décadas, a marca de US\$ 346 bilhões em exportações, respondendo por cerca de 50% do comércio global da oleaginosa. Mais recentemente, na safra 2023/24, a área cultivada atingiu 45.733,2 hectares, com produção de 147.684,8 toneladas e produtividade média de 3.229 kg ha⁻¹, equivalente a 54 sacas por hectare (CONAB, 2024). Contudo, o potencial produtivo da cultura mostra-se muito superior à média nacional; concursos de produtividade frequentemente registram marcas acima de 100 sacas por hectare (6.000 kg ha⁻¹), como o recorde do campeão nacional da safra 2022/23, que alcançou 134,46 sacas ha⁻¹ (CESB, 2023).

Para sustentar e elevar esses patamares produtivos, o manejo do solo é fundamental. O emprego de culturas de cobertura ou rotação no período de outono/inverno não apenas incrementa a disponibilidade de palhada, mas também promove modificações benéficas na ciclagem de nutrientes (SILVA *et al.*, 2006), aumentando sua disponibilidade para as culturas em sucessão (AITA; GIACOMINI, 2003). Neste contexto, o Sistema Plantio Direto (SPD) destaca-se pelos incontáveis benefícios aos sistemas produtivos, tendo a manutenção da cobertura do solo como um de seus pilares fundamentais (PARENTE, 2019). À vista disso, o uso de gramíneas com alta produção de fitomassa e elevada relação C/N, como a aveia preta (*Avena strigosa*), tornou-se uma excelente alternativa para diversas regiões, expandindo-se inclusive para as condições edafoclimáticas do Cerrado brasileiro.

Considerando a atual conjuntura de elevação nos preços dos insumos agrícolas, torna-se indispensável o aprimoramento de práticas que maximizem a eficiência dos recursos, atendendo às necessidades fisiológicas das plantas, garantindo a sustentabilidade econômica e ambiental do sistema (PEDRAZZI *et al.*, 2016). A soja, caracterizada como uma importante fonte proteica com grãos constituídos por cerca de 40% de proteína (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014), demanda elevadas quantidades de nitrogênio (N). Estima-se que cerca de 80 kg de N sejam extraídos para cada tonelada de grãos produzida, sendo mais de 60% desse total exportado na colheita (PETTER *et al.*, 2012).

A principal estratégia para o suprimento da demanda por esse nutriente é a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), resultante da associação simbiótica entre a planta e bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (PRANDO *et al.*, 2020). Visando otimizar este processo, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) recomenda, desde 2013, a prática da coinoculação, que consiste no uso conjunto de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum brasilense* (HUNGRIA *et al.*, 2013). Embora o *Azospirillum* possua uma capacidade modesta de FBN, seu principal benefício reside na síntese de fitormônios promotores de crescimento, notadamente o ácido indol-3-acético (AIA). Essa ação hormonal estimula o desenvolvimento vigoroso do sistema radicular, o que, indiretamente, favorece a nodulação e a eficiência da FBN realizada pelo *Bradyrhizobium*.

Há indicação de que a aveia preta é responsiva à adubação nitrogenada, o que propicia aumento na produção de biomassa e no acúmulo de N na parte aérea, nutriente que pode ser posteriormente mineralizado e aproveitado pela cultura em sucessão (SILVA *et al.*, 2009). Os mesmos autores corroboraram essa dinâmica em experimentos com milho semeado em sucessão à aveia preta adubada com 144 kg ha⁻¹ de N. Diante da busca constante por maiores produtividades de soja e do consequente aumento na demanda nutricional, propõe-se a validação dessas tecnologias em regiões de baixa altitude inseridas no bioma Cerrado, visando sistemas que sejam economicamente viáveis e ambientalmente corretos.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo verificar, sob condições edafoclimáticas específicas, a resposta da aveia preta à adubação nitrogenada e à aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* quanto à produção de massa seca e teor de N na parte aérea. Adicionalmente, buscou-se avaliar se a quantidade e a qualidade da palhada produzida influenciam as características agrônômicas e a produtividade da soja em sucessão, semeada na presença ou ausência de *Azospirillum* via semente. Assim, tenta-se confirmar a hipótese de que a aveia se

consolida como uma opção viável de cobertura para a região, capaz de aportar biomassa com maior teor de N para a soja, e que a utilização estratégica de *Azospirillum* é uma ferramenta relevante neste sistema de produção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em condições de campo na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada no município de Selvíria, MS (coordenadas geográficas aproximadas: 20°20'43" S e 51°23'55" W, com altitude de 352 m). O clima da região é classificado, segundo Köppen (1928), como Aw (tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno).

O solo da área experimental foi classificado, de acordo com Santos *et al.* (2018), como Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (LVd). Antes da instalação do experimento, realizou-se a amostragem de solo na camada de 0 – 0,20 m para caracterização química, segundo metodologia proposta por Raij *et al.* (2001), cujos resultados 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, 2024.

P _{resina}	MO	pH	K	Ca	Mg	H + Al	S-SO ₄	V
mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----	mmol _c dm ⁻³	-----	-----	mg dm ⁻³	%
29	20	5,30	2,3	20	18	25	3	62
m	B	Cu	Fe	Mn	Zn			
%	-----	-----	mg dm ⁻³	-----	-----			
0	0,25	1,80	22	15,20	0,80			

Nota: fósforo (P), matéria orgânica do solo (MO), potencial hidrogeniônico (pH), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), enxofre (S-SO₄), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). Obs.: O extrator usado para os micronutrientes foi o DTPA e para o boro foi a água quente.

Fonte: Produção do próprio autor.

A área possui histórico de cultivo sob SPD, tendo sido cultivada com milho na safra anterior (verão 2022/23), seguida de aveia e soja, e mantida em pousio até a instalação do presente experimento. A área é irrigada por sistema de pivô central.

2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial $4 \times 4 \times 2$, constituído pela combinação de quatro doses de N em cobertura na aveia (0, 30, 60 e 90 kg ha^{-1} , utilizando ureia como fonte), quatro doses de *Azospirillum brasilense* aplicadas via foliar na aveia (0, 100, 200 e 400 mL ha^{-1}) e dois tipos de inoculação na soja em sucessão: sementes sem coinoculação (apenas com *Bradyrhizobium*) ou com coinoculação (uso conjunto de *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* via semente).

As parcelas experimentais possuíam dimensões totais de 3,4 m de largura por 10,0 m de comprimento. Para a coleta de dados, considerou-se como área útil a região central de cada parcela, com dimensões de 2,0 x 8,0 m.

2.3. CONDUÇÃO DA CULTURA DA AVEIA PRETA (ETAPA I)

A semeadura da aveia preta (*Avena strigosa*), cultivar BRS Embrapa 29 (Garoa), foi realizada em 17/07/2024, utilizando semeadora específica para sementes pequenas, no espaçamento de 0,34 m entre linhas e densidade de semeadura de aproximadamente 80 kg ha^{-1} . As sementes foram tratadas previamente com fungicida e não houve adubação no sulco de semeadura.

A aplicação dos tratamentos com *Azospirillum brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6, concentração de $2 \times 10^{11} \text{ UFC mL}^{-1}$) ocorreu em 18/09/2024 (58 dias após a emergência), via pulverização foliar. Utilizou-se pulverizador costal de pressão constante, equipado com bicos leque 110.015 e calibrado para volume de calda de 120 L ha^{-1} . A aplicação foi realizada no final da tarde para evitar temperaturas elevadas. No dia seguinte (19/09/2024), procedeu-se à adubação nitrogenada em cobertura a lanço, seguida de irrigação para minimizar perdas por volatilização.

2.4. CONDUÇÃO DA CULTURA DA SOJA (ETAPA II)

A dessecação da aveia e plantas daninhas remanescentes foi realizada aproximadamente 15 dias antes da semeadura da soja. A soja (*Glycine max*), cultivar BMX Desafio RR, foi semeada em 12/12/2024 sobre a palhada da aveia, no espaçamento de 0,45 m, visando uma população de 14,7 plantas por metro linear. A adubação de base no sulco foi de 300 kg ha⁻¹ da formulação NPK 02-20-20.

Todas as sementes de soja foram tratadas com fungicidas/inseticidas e inoculadas com *Bradyrhizobium* spp. (concentração 5 x 10⁹ UFC mL⁻¹). Nos tratamentos correspondentes à coinoculação, adicionou-se *Azospirillum brasilense* à dose de 2,0 mL kg⁻¹ de semente no momento da semeadura. O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado em 06/01/2025 com glifosato + clorimuron.

2.5. AVALIAÇÕES REALIZADAS

Na cultura da aveia preta, a avaliação da massa de matéria seca da parte aérea foi realizada em 23/10/2024, mediante a coleta das plantas existentes em 1,0 m linear de uma das linhas da área útil. O material coletado foi submetido à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, sendo os dados posteriormente pesados e convertidos para kg ha⁻¹.

Para a determinação do teor de N, utilizou-se uma subamostra dessa matéria seca, a qual foi moída em moinho tipo Wiley. A análise química seguiu a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

Na cultura da soja, determinou-se o teor de nitrogênio foliar através de coletas realizadas durante o florescimento, seguindo a metodologia padrão de diagnose foliar proposta por Malavolta *et al.* (1997).

Posteriormente, por ocasião da colheita, foram avaliados os componentes biométricos, mensurando-se a população final de plantas (plantas ha⁻¹), a altura de plantas (cm) e o número de vagens por planta. A colheita para a determinação da produtividade de grãos foi realizada manualmente em 08/04/2025, no estágio R8, coletando-se as plantas de três linhas centrais com 3,0 m de comprimento na área útil. Após a trilha, os grãos obtidos foram pesados e tiveram sua umidade corrigida para 13% (base úmida), sendo os resultados finais expressos em kg ha⁻¹.

2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Teste F). Quando constatada significância, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando software estatístico apropriado. As interações significativas foram desdobradas para estudo detalhado dos efeitos simples.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise estatística e as médias para a massa de matéria seca produzida pela aveia, o teor de N na matéria seca da aveia e o teor de N na folha da soja em sucessão.

Tabela 2: Massa da matéria seca, teor de N na matéria seca da aveia e teor de N na folha de soja em sucessão, em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2024.

C. Variação	Matéria seca	Teor de N na Matéria seca	Teor de N Folha Soja
	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Dose N - N			
(kg ha ⁻¹)			
0	3949	14,2 c	41,9
30	3769	16,3 b	42,9
60	3922	18,1 a	39,8
90	3748	18,6 a	46,6
Dose <i>Azospirillum</i>			
– A			
(mL ha ⁻¹)			
0	4100 a	16,6	44,7
100	3686 a	16,6	41,7
200	3897 a	17,1	43,0
400	3708 a	16,8	41,7

Soja (S)			
Sem <i>Azospirillum</i>	3812	16,0 b	41,2
Com <i>Azospirillum</i>	3883	17,5 a	44,3
Teste F			
N	0,82ns	53,67**	13,15**
A	2,87*	0,85ns	3,24*
S	0,39ns	30,26**	15,54**
N*A	1,32ns	6,53**	5,96**
N*S	5,37**	7,51**	5,50**
A*S	0,36ns	2,69ns	1,71
N*A*S	5,03**	2,20**	1,48
CV%	14,50	7,84	8,98

ns - Não significativo pelo teste F; *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente. Na coluna, para cada fonte de variação, médias seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Produção do próprio autor.

Verifica-se que, para a variável matéria seca de aveia, houve efeito significativo para as doses de *Azospirillum* aplicadas via foliar, para a interação entre doses de N x coinoculação com *Azospirillum* via semente na soja e para a interação tripla entre doses de N x doses de *Azospirillum* via foliar x coinoculação via semente na soja. Em média, a produção de matéria seca de aveia variou entre 3.686 para a aplicação de *Azospirillum* na dose de 100 mL ha⁻¹ a 4.100 kg ha⁻¹ para a dose 0 mL ha⁻¹

O desdobramento da interação tripla para a matéria seca da aveia é apresentado na Tabela 3. Verifica-se que, na área onde posteriormente seria semeada a soja sem coinoculação via semente, houve efeito das doses de N aplicadas na aveia apenas dentro da dose 0 de *Azospirillum* foliar. Neste tratamento, a matéria seca aumentou em função das doses de N até 60 kg ha⁻¹. Já na área destinada à soja com coinoculação, também na dose 0 de *Azospirillum* foliar, a maior produção de matéria seca ocorreu curiosamente na ausência de adubação nitrogenada (dose 0 de N).

Ainda na Tabela 3, comparando as áreas destinadas à soja com ou sem coinoculação, nota-se diferença significativa apenas na dose 0 de N. Especificamente, dentro da dose 0 de *Azospirillum* foliar, a maior massa foi obtida na área de soja com coinoculação; já na dose de 200 mL ha⁻¹ de

Azospirillum foliar, a maior massa ocorreu na área sem coinoculação futura. Esses resultados indicam uma resposta complexa e variada da aveia às combinações de manejo antecessor e sucessor.

Tabela 3: Desdobramento da interação doses de nitrogênio na aveia x dose de *Azospirillum* via foliar na aveia x *Azospirillum* via semente de soja, significativa para massa da matéria seca da aveia, antecedendo a soja. Selvíria – MS, 2024.

Dose A./ Dose N	Soja sem <i>Azospirillum</i> via semente				Soja com <i>Azospirillum</i> via semente				DMS
	0	100	200	400	0	100	200	400	
	kg ha ⁻¹								
0	3047b	3989	3289	3768	5816aA	3552B	4648AB	3485B	1202
30	3968ab	3050	4191	3990	3209b	3933	3955	3859	
60	4719a	3760	3768	3933	3797b	4219	3596	3587	
90	4337a	3759	4018	3400	3902b	3223	3710	3642	
DMS	1202								
Dose A./ Soja	0		100		200		400		DMS
	sem	com	sem	Com	Sem	Com	sem	Com	
	kg ha ⁻¹								
0	3047B	5816A	3989	3552	3289B	4648A	3768	3845	910
30	3968	3209	3050	3933	4191	3955	3990	3859	
60	4719A	3797B	3760	4219	3768	3596	3933	3587	
90	4337	3902	3759	3223	4018	3710	3400	3642	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Produção do próprio autor.

O teor de N na matéria seca da aveia foi influenciado isoladamente pelas doses de N, pelo fator Soja (com/sem coinoculação) e por todas as interações possíveis, incluindo a tripla (N x *Azospirillum* foliar x Soja). O teor de N variou, em média, de 14,2 a 18,6 g kg⁻¹.

Analisando o desdobramento dessa interação na Tabela 4, observa-se que, de modo geral, o aumento das doses de N mineral (especialmente 60 e 90 kg ha⁻¹) elevou o teor de N na

palhada, independentemente da dose de *Azospirillum* foliar ou da área de soja. Comparando as doses de *Azospirillum* foliar, a dose de 400 mL ha⁻¹ tendeu a proporcionar os menores teores de N na área com coinoculação de soja. Na comparação entre os sistemas de soja (com vs. sem coinoculação), a área com coinoculação apresentou maior teor de N na palhada da aveia, principalmente nas doses baixas de adubação nitrogenada (0 kg ha⁻¹).

Tabela 4: Desdobramento da interação doses de nitrogênio na aveia x dose de *Azospirillum* via foliar na aveia x *Azospirillum* via semente de soja, significativa para teor de N na matéria seca da aveia, antecedendo a soja. Selvíria – MS, 2024.

Dose Az./ Dose N	Soja sem <i>Azospirillum</i> via semente				Soja com <i>Azospirillum</i> via semente				DMS
	0	100	200	400	0	100	200	400	
	g kg ⁻¹								
0	11,8c	11,2c	12,8b	14,0b	18,0A	12,5cB	16,7A	16,8abA	2,8
30	14,6b	14,8b	16,7	17,0a	16,7AB	16,3AB	8,3A	15,5bB	
60	16,7ab	18,9a	19,2	17,3a	17,5B	20,4aA	18,4AB	16,4bA	
90	19,0a	17,8a	16,4	18,6a	18,8	20,8a	18,4	18,8	
DMS	2,8								
Dose Az. Soja	0		100		200		400		DMS
	sem	com	sem	com	sem	com	sem	com	
	g kg ⁻¹								
0	11,8B	18,0A	11,2	12,5	12,8B	16,7A	14,0B	16,8A	2,1
30	14,6	16,7	14,8	16,3	16,7	18,4	17,0	15,5	
60	16,7	17,5	18,9	20,4	18,3	19,2	17,3	16,4	
90	19,0	18,7	17,8	20,8	16,4	18,4	18,6	18,8	

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Produção do próprio autor.

Quanto à cultura da soja em sucessão, a Tabela 2 mostra que o teor de N foliar foi influenciado significativamente pelas doses de N na aveia, pelo uso de *Azospirillum* foliar na aveia, pela coinoculação na soja e pelas interações duplas (N x *Azospirillum* foliar e N x Soja).

O desdobramento das interações para o teor de N foliar da soja encontra-se na Tabela 5. Na interação entre doses de N e *Azospirillum* foliar, não houve um comportamento linear claro: na dose 0 de N, as doses 0 e 200 de *Azospirillum* resultaram em maiores teores; já na dose 90 de N, o maior teor foi com 400 mL de *Azospirillum*. Na interação entre doses de N e o tipo de inoculação da soja (Tabela 5), destaca-se que, na dose de 30 kg ha⁻¹ de N aplicada na aveia, a soja com coinoculação apresentou maior teor de N foliar (47,2 g kg⁻¹) em comparação à soja sem coinoculação (38,7 g kg⁻¹), evidenciando um benefício nutricional da coinoculação em condições de adubação intermediária/baixa na cultura antecessora.

Tabela 5: Desdobramento das interações doses de nitrogênio x doses de *Azospirillum* via foliar na aveia e doses de nitrogênio x *Azospirillum* via semente na soja, significativas para o teor foliar de N na soja, em sucessão. Selvíria – MS, 2025.

Dose N	A./	0	100	200	400	DMS	Soja sem coinoculação	Soja com coinoculação	DMS
			g kg ⁻¹					g kg ⁻¹	
									3,1
0		44,9 A	41,8 abAB	44,7 abA	36,0 bB	5,9	41,6 ab	42,1 b	
30		43,3 AB	39,7 bB	47,9 aA	40,9 bB		38,7 bB	47,2 aA	
60		43,0	39,0 b	38,2 c	38,9 b		39,0b	40,6 b	
90		47,6 A	46,4 aAB	41,3 bcB	51,1 aA		45,7 a	47,4 a	
DMS		5,9					4,1		

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Produção do próprio autor.

As características agronômicas da soja — população de plantas, altura e número de vagens — e a produtividade de grãos estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6: População de plantas, altura de planta, número de vagens por planta e produtividade de grãos de soja em sucessão, em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2024.

C. Variação	População plantas	Altura planta	Número vagens por planta	Produtividade de grãos
	Plantas ha ⁻¹	cm		kg ha ⁻¹
Dose N (N)				
0	254.630	106,7	65,8	4459
30	252.778	106,4	66,0	4425
60	251.389	105,6	77,1	4808
90	254.629	104,3	74,9	4566
Dose <i>Azospirillum</i> (A)				
0	243.055	104,8	74,5	4412
100	260.185	105,8	64,6	4608
200	251.389	106,0	72,5	4551
400	258.796	106,3	72,2	4686
Soja (S)				
Sem <i>Azospirillum</i>	256.250	103,6 b	71,1	4615
Com <i>Azospirillum</i>	250.463	107,9 a	70,7	4513
Teste F				
N	0,10ns	0,39ns	2,57	2,57ns
A	2,51ns	0,14ns	1,37	1,14ns
S	1,35ns	6,43*	0,01	0,88ns
N*A	2,05*	0,42	0,57	1,05ns
N*S	2,62ns	1,24	0,20	3,40*
A*S	2,44ns	0,94	0,38	0,19ns
N*A*S	2,29*	0,81	1,23	1,20ns
CV%	9,01	7,90	25,70	11,58

ns - Não significativo pelo teste F; *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente. Na coluna, para cada fonte de variação, médias seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Produção do próprio autor.

Para a população de plantas, houve interação tripla significativa. O desdobramento na Tabela 7 mostra variações pontuais entre os tratamentos, o que é comum em experimentos de campo devido a fatores de semeadura e estabelecimento, não indicando necessariamente um efeito fisiológico direto e consistente dos tratamentos sobre o estande final.

Para a altura de plantas (Tabela 6), houve efeito significativo isolado do fator Soja. As plantas coinoculadas com *Azospirillum* via semente apresentaram maior altura (107,9 cm) em comparação às não coinoculadas (103,6 cm). Esse resultado corrobora a literatura que destaca a capacidade do *Azospirillum* em produzir fitormônios promotores de crescimento, como auxinas, giberelinas e citocininas, estimulando o desenvolvimento vegetativo. O número de vagens por planta não foi influenciado significativamente pelos tratamentos.

Tabela 7: Desdobramento da interação doses de nitrogênio na aveia x dose de *Azospirillum* via foliar na aveia x *Azospirillum* via semente de soja, significativa para população de plantas de soja em sucessão a aveia. Selvíria – MS, 2025.

Dose A/ Dose N	Soja sem <i>Azospirillum</i> via semente				Soja com <i>Azospirillum</i> via semente				DMS
	0	100	200	400	0	100	200	400	
	plantas ha ⁻¹								
0	255.556	285.185	259.259	277.778	192.593bB	237.037A	240.741AB	288.889aA	52.500
	B								
30	277.778	251.852	248.148	229.629	229.630ab	288.889 A	237.037AB	259.259abAB	
	B								
60	237.037	259.259	255.556	255.556	255.556 A	251.852	262.963	233.333b	
90	251.852	266.667	234.037	251.852	244.444ab	240.741	270.370	274.074ab	
DMS	52.500								
Dose A/ Soja	0		100		200		400		DMS
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	
	plantas ha ⁻¹								
0	255.556	182.593	285.185	237.037	259.259	240.741	277.778	288.889	39.740
	A	B	A	B					
30	277.778	229.630	251.852	288.889	248.148	237.037	229.629	259.259	
	A	B							
60	237.037	255.556	259.259	254.852	255.556	262.963	255.556	233.333	
90	251.852	244.444	266.667	240.741	237.037	370.370	251.852	274.074	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Produção do próprio autor.

Para a produtividade de grãos de soja, a análise de variância (Tabela 6) indicou efeito significativo apenas para a interação entre doses de N na aveia e a coinoculação da soja (N x S).

O desdobramento desta interação é apresentado na Tabela 8. Verifica-se que, para a soja sem coinoculação, as maiores produtividades foram obtidas com as doses mais altas de N aplicadas na aveia (90 kg ha⁻¹), diferindo significativamente da dose de 30 kg ha⁻¹. Já para a soja com coinoculação, as maiores produtividades foram alcançadas com 60 kg ha⁻¹ de N, sendo estatisticamente superiores à dose de 90 kg ha⁻¹.

Na comparação entre os sistemas (Tabela 8), houve diferença significativa apenas na dose de 90 kg ha⁻¹ de N, onde a soja sem coinoculação produziu mais (4.902 kg ha⁻¹) do que a soja com coinoculação (4.230 kg ha⁻¹). Contudo, é importante notar que a coinoculação permitiu atingir altas produtividades (4.827 kg ha⁻¹) com uma dose menor de N na aveia (60 kg ha⁻¹), sugerindo uma maior eficiência do sistema.

Tabela 8: Desdobramento da interação doses de N na aveia x coinoculação das sementes de soja com *Azospirillum* significativa para produtividade de grãos de soja. Selvíria – MS, 2025.

Dose N	<i>Azospirillum</i> via semente soja		DMS
Aveia	sem	com	
	Kg ha ⁻¹		
0	4469 a	4448 ab	
30	4300 b	4551 ab	
60	4789 ab	4827 a	
90	4902 aA	4230 bB	
CV%	570		431

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Produção do próprio autor.

De acordo com a CONAB (2025), a produtividade média para a soja na safra 2024/2025 foi de 3.621 kg ha⁻¹. Desta forma, verifica-se que as produtividades obtidas no experimento, independentemente dos tratamentos, situaram-se entre 4.230 e 4.902 kg ha⁻¹, valores estes superiores à média nacional, demonstrando o alto potencial tecnológico empregado.

Desta forma, em relação à produtividade, a coinoculação da semente com *Azospirillum* mostrou-se uma prática importante, pois permitiu a redução da necessidade de adubação nitrogenada na cultura antecessora (aveia) para o patamar de 60 kg ha⁻¹ de N, mantendo elevados níveis produtivos, enquanto o sistema sem coinoculação exigiu doses de até 90 kg ha⁻¹ para atingir seu teto produtivo.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a produção de matéria seca da aveia preta não respondeu de forma isolada às doses de nitrogênio ou *Azospirillum*, sendo governada por interações complexas entre o manejo da adubação, a inoculação foliar e o sistema de sucessão adotado. Em contrapartida, o teor de N acumulado na matéria seca aumentou linearmente em função das doses de adubo nitrogenado mineral, elevando a qualidade da palhada e a mineralização deste nutriente para a cultura em sucessão. O alto nível tecnológico empregado no sistema permitiu que as produtividades obtidas (4.230 a 4.902 kg ha⁻¹) superassem significativamente a média nacional brasileira da safra 2024/25, estimada em 3.621 kg ha⁻¹.

Na cultura da soja, a coinoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* influenciou positivamente o crescimento vegetativo, proporcionando maior altura final de plantas (107,9 cm) em comparação ao tratamento com inoculação padrão (103,6 cm). Em relação à produtividade de grãos, a coinoculação demonstrou um importante efeito de "poupança de fertilizantes". Esta prática permitiu reduzir a necessidade de adubação nitrogenada na aveia de 90 kg ha⁻¹ para 60 kg ha⁻¹, atingindo produtividades elevadas (4.827 kg ha⁻¹) estatisticamente equivalentes ao sistema convencional, que exigiu a dose máxima de N para expressar seu potencial.

Ressalta-se, contudo, um efeito depressivo do excesso de N residual na soja coinoculada. O uso da dose mais elevada (90 kg ha⁻¹) na aveia antecedente resultou em decréscimo de produtividade nesta condição, sugerindo que o excesso de nitrogênio mineral pode inibir a eficiência da fixação biológica ou causar um desequilíbrio nutricional no sistema simbiótico. Portanto, a utilização estratégica da coinoculação mostra-se uma ferramenta eficaz para a sustentabilidade econômica e produtiva, desde que integrada a um manejo equilibrado da adubação nitrogenada residual.

REFERÊNCIAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:601- 612, 2003.
- CESB – 2022-23. Disponível em: <https://www.cesbrasil.org.br/case-campeao-sudeste-nacional-safra-22-23>. Acesso em 11/06/2024.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS: DÉCIMO SEGUNDO LEVANTAMENTO**. Brasília: Conab, v.5, n.12, 2021. 155 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 29 jan. 2023.
- CONAB. **ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS: 8º LEVANTAMENTO**. Brasília: Conab, v.11, Safra 2023/24., Maio 2024. 139 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 11/06/2024.
- CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos – Safra 2024/25 – 12º Levantamento. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2024-25/ebook_boletim-de-safras-12o-levantamento_2025.pdf. Acesso em 28/10/2025.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF. 3 ed., 353 p., 2013.
- EMBRAPA. **Aveia preta Embrapa 29 (Garoa)**. <https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/10049/aveia-preta---embrapa29-garoa>. Acesso em 10/06/2024
- HIRAKURI; M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70p.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and *Azospirillum*: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, p. 791-801, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

PARENTE, T. **Plantas de cobertura, inoculação de *Azospirillum brasilense* e adubação com micronutrientes em sistema de produção de milho e soja na região de Cerrado**. Ilha Solteira, UNESP, 2019. 73p. Tese de Doutorado.

PEDRAZZI, A. Q.; BINOTTI, F. F. S.; COSTA, E.; CARDOSO, E. D. Crescimento e acúmulo de fitomassa em função do manejo de nitrogênio na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 3, p. 410-417, 2016.

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; ALCÂNTARA NETO, F.; SANTOS, G. G. Resposta de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.1, p.67-72, 2012.

PRANDO, A.M.; OLIVEIRA, a. B.; LIMA, D.; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M.; CONTE, O. **Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2019/2020 no Paraná**. Londrina, Embrapa Soja, 2020. 21p. Circular Técnica 166.

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

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P.C.O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em latossolo vermelho. **Pesq. Agropec. Bras.**, 41:477-486, 2006.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Ed.5. Embrapa Solos. 2018.

SILVA, M.A.G.; PORTO, S. M. A.; MANNIGEL, A.; MUNIZ, A. S. Manejo da adubação nitrogenada e influência no crescimento da aveia preta e na produtividade do milho em plantio direto. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.31, n.2, p.275-281, 2009.