



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS LAGOA DA CONFUSÃO
CURSO SUPERIOR ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

MARCELO CARVALHO DA SILVA

**DENSIDADE DE SEMEADURA E MANEJO BIOLÓGICO NA PRODUÇÃO DE
SEMENTES DE SOJA**

**LAGOA DA CONFUSÃO – TO
2026**

MARCELO CARVALHO DA SILVA

**DENSIDADE DE SEMEADURA E MANEJO BIOLÓGICO NA PRODUÇÃO DE
SEMENTES DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Agrônômica da Unidade Lagoa da
Confusão, do Instituto Federal do Tocantins, como
exigência à obtenção do título de Bacharelado em
Engenharia Agrônômica.

Orientador: Dr. Edmar Vinicius de Carvalho
Coorientadora: Dr^a. Patrícia Resplandes Rocha
dos Santos

**LAGOA DA CONFUSÃO – TO
2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

S586d Silva, Marcelo Carvalho da
DENSIDADE DE SEMEADURA E MANEJO BIOLÓGICO NA
PRODUÇÃO DE SEMENTES DE SOJA / Marcelo Carvalho da Silva.
– Lagoa da Confusão, TO, 2026.
21 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Tocantins, Campus Lagoa da Confusão, Lagoa da Confusão, TO,
2026.

Orientador: Dr. Edmar Vinicius de Carvalho
Coorientador: Dr. Patrícia Resplandes Rocha Dos Santos

1. Bacillus. 2. Plântulas. 3. Viabilidade. I. Carvalho, Edmar
Vinicius de. II. Santos, Patrícia Resplandes Rocha Dos. III. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).**



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Reitoria
Campus Lagoa da Confusão
Coordenação do Curso Superior em Engenharia Agrônômica

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Densidade de semeadura e manejo biológico na produção de sementes de soja

AUTOR : Marcelo Carvalho da Silva
ORIENTADOR: Edmar Vinicius de Carvalho

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, *Campus* Lagoa da
Confusão, como parte das exigências
para a conclusão do Curso de
Bacharelado em
Engenharia Agrônômica.

Aprovado em 26 de junho de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edmar Vinicius de Carvalho
Orientador
IFTO/Campus Lagoa da Confusão

Dr^a Patrícia Resplandes Rocha dos Santos
Membro
EMBRAPA Pesca e Aquicultura

Dr. Raimundo Filho Freire de Brito
Membro



Documento assinado eletronicamente por **Edmar Vinicius de Carvalho, Servidor**, em 26/06/2026, às 14:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Raimundo Filho Freire de Brito, Servidor**, em 26/06/2026, às 14:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Patrícia Resplandes Rocha dos Santos, Usuário Externo**, em 26/06/2026, às 17:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3234799** e o código CRC **8AED91BB**.

Rua 02, Quadra 05A, Lote 01, Setor Lagoa da Ilha — CEP 77.493-000 — Lagoa da Confusão/TO
portal.iftto.edu.br — reitoria@iftto.edu.br

Referência: Processo nº
23235.013831/2026-31

SEI nº 3234799

RESUMO

A soja (*Glycine max* (L.)) é uma das principais culturas do Brasil, com sua produtividade resultando na interação de fatores genéticos ambientais. Nesse contexto, o ajuste da densidade de semeadura e o uso de microrganismos promotores de crescimento são estratégias para melhorar o desempenho agrônomo e a qualidade das sementes. O objetivo com este trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo e a qualidade fisiológica das sementes de soja submetidas a diferentes densidades de semeadura e manejo biológico. O experimento foi conduzido no município de Lagoa da Confusão – TO, na região das várzeas tropicais, sob delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3×2 , com quatro repetições, utilizando as densidades de 18, 20 e 22 sementes m^{-1} associadas aos manejos com *Bacillus subtilis* e *B. subtilis* + *Bacillus amyloliquefaciens*. Foram avaliados componentes agrônomo, produtividade e a qualidade fisiológica das sementes por meio dos testes de germinação e tetrazólio. Os resultados demonstraram que as densidades de semeadura e os manejos biológicos não influenciaram significativamente os componentes agrônomo nem a produtividade da cultura, que apresentou valor médio de 2.400 kg ha. Entretanto, diferenças foram observadas na qualidade fisiológica das sementes, em que as densidades de 20 e 22 sementes m^{-1} proporcionaram maior número de plântulas normais em comparação à densidade de 18 sementes m^{-1} , sem alterar a viabilidade das sementes. Além disso, o uso de *Bacillus subtilis* reduziu a ocorrência de plântulas anormais na densidade de 20 sementes m^{-1} . Dessa forma, conclui-se que o principal efeito observado foi sobre o vigor das sementes, sendo a densidade de semeadura o fator mais determinante, com destaque para 20 sementes m^{-1} , associada ao uso de *Bacillus subtilis*.

Palavras-chave: *Bacillus*; Plântulas; Viabilidade; Vigor.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.)) is one of the most important crops in Brazil, and its productivity results from the interaction between genetic and environmental factors. In this context, adjusting sowing density and using plant growth-promoting microorganisms are strategies to improve agronomic performance and seed quality. The objective of this study was to evaluate the agronomic performance and physiological quality of soybean seeds subjected to different sowing densities and biological management practices. The experiment was conducted in the municipality of Lagoa da Confusão, Tocantins State, Brazil, in the tropical floodplain region, using a randomized complete block design in a 3 × 2 factorial arrangement with four replications. The treatments consisted of sowing densities of 18, 20, and 22 seeds m⁻¹ combined with biological management using *Bacillus subtilis* and *B. subtilis* + *Bacillus amyloliquefaciens*. Agronomic traits, grain yield, and the physiological quality of the seeds were evaluated through germination and tetrazolium tests. The results showed that sowing densities and biological management practices did not significantly affect the agronomic traits or grain yield, which averaged 2,400 kg ha⁻¹. However, differences were observed in seed physiological quality, with sowing densities of 20 and 22 seeds m⁻¹ producing a higher percentage of normal seedlings than the density of 18 seeds m⁻¹, without affecting seed viability. Furthermore, the use of *Bacillus subtilis* reduced the occurrence of abnormal seedlings at the sowing density of 20 seeds m⁻¹. Therefore, it can be concluded that the main effect was observed on seed vigor, with sowing density being the most influential factor, particularly the density of 20 seeds m⁻¹ associated with the use of *Bacillus subtilis*.

Key-words: *Bacillus*; seedlings; viability; vigor.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos experimentais, representados pela combinação entre densidade de semeadura e manejo biológico, na produção de sementes de soja (Safr 25/25).....	12
Tabela 2 – Componentes agronômicos referente a nodulação e estrutura da planta da cultura da soja avaliada, sob três densidades de semeadura e dois tipos de manejo no cultivo das várzeas tropicais (Safr 25/25).....	15
Tabela 3 – Número de vagens por planta (NVP), população final de plantas (POP - mil plantas ha-1) e produtividade de sementes (PROD - kg ha-1) da cultura da soja avaliada, sob três densidades de semeadura e dois tipos de manejo no cultivo das várzeas tropicais (Safr 25/25).....	17
Tabela 4 - Análise fisiológica da cultura da soja avaliada, sob três densidades de semeadura e dois tipos de manejo no cultivo das várzeas tropicais (Safr 25/25)...	18
Tabela 5 - Plântulas Anormais (%) de sementes da cultura da soja avaliada, sob três densidades de semeadura e dois tipos de manejo no cultivo das várzeas tropicais (Safr 25/25).....	19
Tabela 6 - Vigor de sementes (%) da cultura da soja avaliada, sob três densidades de semeadura e dois tipos de manejo no cultivo das várzeas tropicais (Safr 25/25).. 20	

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 MATERIAIS E MÉTODOS	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, sendo cultivada em aproximadamente 48,9 milhões de hectares na safra 2025/2026, com produção estimada em cerca de 177 milhões de toneladas, (CONAB, 2026). O país destaca-se como o maior produtor e exportador mundial da oleaginosa, desempenhando papel estratégico no abastecimento global de grãos e na geração de divisas para o agronegócio brasileiro (USDA, 2024).

Além da importância econômica, a cultura da soja é amplamente utilizada em sistemas de rotação e sucessão de culturas, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas produtivos e melhor aproveitamento das áreas agrícolas ao longo do ano (Sediyama *et al.*, 2015). Em adição, a produtividade da soja é resultado da interação entre fatores genéticos, ambientais e de manejo, incluindo condições climáticas, disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, controle fitossanitário e arranjo espacial das plantas (EMBRAPA, 2023; Zanon *et al.*, 2022).

Nesse contexto, dentre os fatores de manejo, a densidade de semeadura assume papel fundamental, pois influencia diretamente a competição intraespecífica por luz, água e nutrientes, podendo alterar características morfofisiológicas como altura de plantas, número de vagens e produtividade (Mauad *et al.*, 2009; De Luca *et al.*, 2013). De modo geral, recomenda-se densidades entre aproximadamente 10 e 20 plantas por metro linear, podendo variar conforme a cultivar, as condições ambientais e o sistema de cultivo adotado (EMBRAPA, 2023; Sediyama *et al.*, 2015).

Os estudos sobre densidade de semeadura na cultura da soja demonstram que seus efeitos sobre o crescimento das plantas e os componentes de produção dependem da interação entre cultivar, ambiente e sistema de manejo. Em maiores densidades, a intensificação da competição intraespecífica por luz, água e nutrientes tende a promover maior altura de plantas e maior altura de inserção da primeira vagem, além de reduzir o número de vagens por planta (Mauad *et al.*, 2010). Por outro lado, em menores densidades, a redução da competição favorece maior emissão de ramos e aumento do número de vagens por planta, em razão da elevada plasticidade fenotípica da soja. Dessa forma, respostas distintas entre estudos são esperadas, uma vez que a cultura apresenta capacidade de compensar variações na

população de plantas, mantendo, em muitos casos, a produtividade de sementes mesmo sob diferentes densidades de semeadura (De Luca et al., 2013; Zanon et al., 2022).

Além do ajuste da densidade de semeadura, outras estratégias de manejo têm sido incorporadas ao sistema produtivo da soja com o objetivo de aumentar a eficiência agrônômica e promover maior sustentabilidade (EMBRAPA, 2023). Nesse contexto, observa-se crescimento expressivo na utilização do manejo biológico na agricultura brasileira, impulsionado pela busca por sistemas produtivos menos dependentes de insumos químicos e mais alinhados aos princípios da agricultura sustentável (Bettiol et al., 2009; MAPA, 2022).

Este crescimento expressivo tem relação com contribuição na melhoria da fertilidade do solo, maior eficiência na absorção de nutrientes e maior tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos (Alves et al., 2021; Chowdhury et al., 2021). Entre a diversidade de microorganismo existentes, destacam-se as bactérias do gênero *Bacillus*, capazes de colonizar a rizosfera e promover o crescimento vegetal, além de apresentarem elevada sobrevivência no solo devido à formação de endósporos (Kloepper et al., 2004; Alves et al., 2021).

A espécie *Bacillus subtilis* é amplamente estudada devido a sua capacidade de produzir metabólitos antifúngicos, induzir resistência sistêmica e estimular o crescimento radicular, contribuindo para o desenvolvimento inicial da soja e maior tolerância a estresses bióticos (Chowdhury et al., 2021; Galbieri et al., 2023; Kloepper et al., 2004). Já *Bacillus amyloliquefaciens* também apresenta potencial como promotor de crescimento e agente de biocontrole, atuando na produção de substâncias antimicrobianas e na solubilização de nutrientes, podendo favorecer a nodulação e o desenvolvimento vegetativo da cultura, embora seus efeitos possam variar conforme as condições ambientais e o manejo adotado (RIOS et al., 2018; Alves et al., 2021; Bettiol et al., 2009).

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico e a qualidade fisiológica das sementes de soja submetidas a diferentes densidades de semeadura e manejo biológico.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Lagoa da Confusão, localizado na região das várzeas tropicais do estado do Tocantins, nas coordenadas geográficas (10° 49' 15,49" S e 49° 42' 05,7" W). O clima da região é classificado como C2wA'a", caracterizado como úmido subúmido, com moderada deficiência hídrica, de acordo com a classificação climática de Köppen (SEFAZ, 2019). A semeadura foi realizada em 30 de maio de 2025, de acordo com o adotado na região e com uso de 300 kg/ha do adubo formulado 4-20-20 (NPK).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 × 2 (três densidades de semeadura e dois manejos biológicos), com quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta por 4 linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas em 0,50 m entre linhas. A área total do experimento correspondeu a 12 × 23 m, totalizando 276 m². Para a área útil da parcela foram desconsiderados 0,50 m de cada extremidade e as duas linhas extremas.

Foi utilizada a cultivar de soja GDM 80I82 IPRO, pertencente ao grupo de maturação relativa (GMR) 8,0, possuindo um ciclo de aproximadamente 90 à 110 dias, amplamente adaptada às condições edafoclimáticas da região.

As sementes receberam inicialmente tratamento químico com os fungicidas metalaxil-M + fludioxonil e o inseticida tiametoxam, na dose de 100 mL por 100 kg de sementes, além de clorantiraniliprole na dose de 100 mL por 100 kg de sementes. Após a realização do tratamento químico, as sementes permaneceram em repouso por aproximadamente 24 horas.

Decorrido esse período, procedeu-se à inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e, em seguida, à aplicação dos tratamentos biológicos. Os manejos avaliados consistiram em: (1) aplicação de *Bacillus subtilis* na dose de 200 mL por 100 kg de sementes; e (2) aplicação de *Bacillus subtilis* (200 mL 100 kg⁻¹) associada a *Bacillus amyloliquefaciens* (200 mL 100 kg⁻¹). Após a aplicação do inoculante e dos produtos biológicos, a semeadura foi realizada imediatamente, visando preservar a viabilidade dos microrganismos e favorecer sua colonização inicial das raízes. Em relação às densidades de semeadura foram utilizadas 22, 20 e 18 sementes m⁻¹ (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos experimentais, representados pela combinação entre densidade de semeadura e manejo biológico, na produção de sementes de soja (Safrá 25/25)

Tratamento	Densidade de Semeadura	Manejo Biológico
T1	22 sementes/m	BS
T2	20 sementes/m	BS
T3	18 sementes/m	BS
T4	22 sementes/m	BS + Amy
T5	20 sementes/m	BS + Amy
T6	18 sementes/m	BS + Amy

BS= *Bacillus subtilis*, Amy= *Bacillus amyloliquefaciens*.

Fonte: Autoria própria.

Aos 35 dias após a semeadura (Estágio R2), foram realizadas a contagem do número de nódulos e a determinação da massa seca dos nódulos, utilizando-se cinco plantas coletadas na área útil da parcela. Após o estágio R8 (92 dias), foi realizada a colheita das plantas da área útil para avaliação das características, altura de inserção da primeira vagem (cm), altura das plantas (cm), número de vagens por planta, utilizando-se dez plantas por parcela, peso de 1.000 sementes (g) e produtividade de sementes (kg/ha, corrigida para 13% de umidade).

Após, as sementes foram armazenadas sob condições controladas, com temperatura mantida <20 °C e umidade relativa do ar <60 %, até o início das avaliações da qualidade fisiológica das sementes. As avaliações da qualidade fisiológica foram realizadas por meio dos testes de germinação e de tetrazólio.

Para o teste de germinação, foram utilizadas 400 sementes por tratamento, obtidas a partir da homogeneização de uma porção das parcelas experimentais, com posterior retirada de uma amostra representativa por tratamento, conforme os procedimentos descritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2025). No teste de tetrazólio, foram utilizadas 200 sementes por tratamento, também obtidas após a homogeneização de uma porção das parcelas, com retirada de amostras representativas por tratamento, seguindo a metodologia descrita para o teste de tetrazólio em sementes de soja (França-Neto et al., 1998).

Os dados agronômicos foram submetidos à análise de variância, considerando-se o delineamento em bloco casualizados, em esquema fatorial 3 × 2, adotando-se o teste de agrupamento de médias Scott Knott, ao nível de significância de 5%. Para os dados relacionados à qualidade fisiológica das sementes, foi realizada análise de variância em delineamento inteiramente ao acaso, também em

esquema fatorial 3×2 , com nível de significância de 5%. Por fim, as médias foram agrupadas pelo teste Scott Knott ($p \leq 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os componentes agronômicos, quantidade de nódulos (17 nódulos/planta), massa de nódulos (85,95 mg/g), altura de plantas (49,08 cm), altura de inserção da primeira vagem (10,66 cm), número de vagens por planta (28 vagens), população final (340.000 mil plantas ha⁻¹) e produtividade (2.400 kg/ha), não apresentaram diferenças significativas em função das densidades de semeadura e dos manejos adotados (Tabelas 2 e 3).

A ausência de resposta para essas variáveis pode estar relacionada à elevada plasticidade fenotípica da soja, característica que permite à cultura ajustar seu crescimento e seus componentes de rendimento em função das condições de cultivo. Essa capacidade compensatória possibilita que plantas submetidas a menores populações desenvolvem maior número de ramificações e vagens por planta, enquanto populações mais elevadas compensam pela maior quantidade de plantas por unidade de área, mantendo, em muitos casos, produtividade semelhante (Zanon et al., 2022).

Comportamento semelhante aos resultados foram obtidos por De Luca et al., (2013), que também não observaram diferenças significativas no número de nódulos nas diferentes populações de soja. Embora esses autores tenham verificado maior massa de nódulos em menores densidades, esse comportamento evidencia que a resposta da nodulação à população de plantas depende das condições de cultivo e da interação entre genótipo, ambiente e manejo. A nodulação é influenciada por diversos fatores, como a eficiência da simbiose com *Bradyrhizobium*, a disponibilidade de nutrientes, as condições físicas do solo e o desenvolvimento radicular, de modo que alterações na densidade de plantas nem sempre resultam em mudanças na formação dos nódulos (Hungria et al., 2007).

Em relação aos manejos biológicos, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos contendo *Bacillus subtilis* e *Bacillus subtilis* associado a *Bacillus amyloliquefaciens* para número e massa de nódulos (Tabela 2). Esse resultado demonstra que, nas condições experimentais adotadas, ambos os manejos apresentaram comportamento semelhante quanto às variáveis avaliadas. Kovalski et al. (2025) relataram diferenças para essas características ao comparar tratamentos contendo *Bacillus subtilis* com uma testemunha sem aplicação do

microrganismo. Entretanto, essa comparação difere da realizada no presente estudo, uma vez que não foi utilizado tratamento sem aplicação de *Bacillus*, impossibilitando inferências sobre a eficiência dos microrganismos em relação à ausência de inoculação biológica. Assim, os resultados obtidos permitem apenas afirmar que não houve diferenças entre os dois manejos biológicos avaliados.

Para as variáveis altura de plantas e altura de inserção da primeira vagem, não foram observadas diferenças significativas entre as densidades de semeadura e os manejos biológicos avaliados (Tabela 2). Galbieri et al. (2023) também verificaram incremento na altura de plantas apenas durante as avaliações iniciais após a aplicação de *Bacillus subtilis*, sem que esse efeito fosse mantido até o final do ciclo, corroborando os resultados obtidos neste estudo. Da mesma forma, Rios et al. (2018) observaram que *Bacillus amyloliquefaciens* favoreceu o crescimento inicial das plantas, porém não se mantendo até as avaliações finais.

Em contrapartida, Mauad et al. (2010) verificaram aumento da altura de plantas e da altura de inserção da primeira vagem com o incremento da densidade populacional, atribuindo esse comportamento à maior competição entre plantas por luz, que estimula o alongamento do caule. Resultados parcialmente semelhantes foram descritos por Radzka et al. (2025), que não observaram efeito da densidade sobre a altura de plantas, mas verificaram aumento significativo da altura de inserção da primeira vagem na maior densidade avaliada (20 sementes m^{-1}), em comparação às densidades de 11 e 15 sementes m^{-1} . Essas diferenças entre estudos reforçam que a resposta da soja à densidade depende da cultivar utilizada, das condições ambientais e da intensidade de competição estabelecida entre as plantas.

Tabela 2 – Componentes agrônômicos referente a nodulação e estrutura da planta da cultura da soja avaliada, sob três densidades de semeadura e dois tipos de manejo no cultivo das várzeas tropicais (Safrá 25/25)

Densidade (sementes/m)	QN	MN (mg/g)	AP (cm)	AIPV (cm)
18	17a	84.62 a	48.50 a	11.00 a
20	14 a	78.00 a	49.37 a	10.12 a
22	20 a	95.25 a	49.37 a	10.87 a
Manejo				
Bs	17 a	90.41 a	49.41 a	10.75 a
Bs + Amy	17 a	81.50 a	48.75 a	10.58 a
CV	34.13%	42.94%	5.15%	11.14%

QN= Quantidade de Nódulos; MN=Massa dos Nódulos; AP= Altura de Plantas; AIPV= Altura de Inserção da

Primeira Vagem; BS= *Bacillus subtilis*; Amy= *Bacillus amyloliquefaciens*; CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste Scott Knott (5%).

Fonte: Autoria própria.

O número de vagens por planta também não diferiu entre as densidades avaliadas (Tabela 3). Embora estudos como o de Mauad et al. (2010) tenham demonstrado redução linear dessa variável com o aumento da população de plantas, esse comportamento normalmente está associado ao aumento da competição intraespecífica, reduzindo a emissão de ramificações e, consequentemente, o número de nós reprodutivos por planta. No presente estudo, a pequena variação entre as densidades provavelmente permitiu que a cultura expressasse mecanismos compensatórios de crescimento, mantendo número semelhante de vagens por planta. Resultados semelhantes foram observados por Radzka et al. (2025), que verificaram variações pouco expressivas dessa característica dentro de determinadas faixas populacionais.

O experimento foi conduzido durante o período seco característico das várzeas tropicais do município de Lagoa da Confusão-TO, no qual o suprimento hídrico da cultura ocorreu exclusivamente por irrigação, mediante bombeamento de água do rio para os canais da propriedade. Ao longo do ciclo da soja, os volumes bombeados variaram entre os meses de maio (64.978 m³), junho (346.620 m³), julho (240.207 m³) e agosto (412.049 m³). Embora tenha ocorrido variação no volume bombeado ao longo do ciclo, todas as parcelas experimentais foram submetidas ao mesmo manejo de irrigação, garantindo condições semelhantes de disponibilidade hídrica entre os tratamentos. Dessa forma, a irrigação não constituiu um fator diferencial entre as densidades de semeadura e os manejos biológicos avaliados.

A produtividade média obtida neste estudo foi de 2.400 kg ha⁻¹, valor inferior ao observado para a produção de soja em áreas irrigadas das várzeas tropicais do Tocantins, onde, em condições favoráveis de cultivo, são registrados rendimentos superiores a 3.000 kg ha⁻¹ (CONAB, 2026). Entretanto, não foram verificadas diferenças significativas entre as densidades de semeadura e os manejos biológicos avaliados (Tabela 3). Esse resultado indica que, embora a produtividade absoluta tenha sido inferior ao potencial produtivo esperado para a região, os fatores

avaliados não foram suficientes para promover alterações no rendimento da cultura nas condições experimentais adotadas.

Resultados semelhantes foram relatados por De Luca et al. (2013), que também não verificaram efeito significativo da densidade de plantas sobre a produtividade da soja. Em contrapartida, Galbieri et al. (2023) e Rios et al. (2018) observaram incrementos produtivos em experimentos envolvendo diferentes estratégias de aplicação de microrganismos promotores de crescimento. Essas diferenças podem estar associadas às condições edafoclimáticas, às cultivares utilizadas, às formas de aplicação dos microrganismos, aos produtos empregados e ao manejo da cultura.

Tabela 3 – Número de vagens por planta (NVP), população final de plantas (POP - mil plantas ha⁻¹) e produtividade de sementes (PROD - kg ha⁻¹) da cultura da soja avaliada, sob três densidades de semeadura e dois tipos de manejo no cultivo das várzeas tropicais (Safrá 25/25)

Densidade (sementes/m)	NVP	POP	PROD
18	30 a	314 a	2.472 a
20	30 a	348 a	2.409 a
22	26 a	359 a	2.336 a
Manejo			
Bs	27 a	356 a	2.515 a
Bs + Amy	29 a	325 a	2.296 a
CV	15.89%	18,75%	30.11%

BS= *Bacillus subtilis*; Amy= *Bacillus amyloliquefaciens*; CV: Coeficiente de variação; Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste Scott Knott (5%).

Fonte: Autoria própria.

Em relação à qualidade fisiológica das sementes, foi observado efeito significativo da densidade de semeadura sobre o número de plântulas normais, sendo as densidades de 20 e 22 sementes m⁻¹ superiores à densidade de 18 sementes/m (Tabela 4). Por outro lado, a viabilidade das sementes, determinada pelo teste de tetrazólio, não foi influenciada pela densidade de semeadura.

O maior percentual de plântulas normais nas densidades de 20 e 22 sementes m⁻¹ pode estar relacionado ao ambiente de formação das sementes. Embora essas densidades não tenham alterado significativamente os componentes agrônômicos ou a produtividade, pequenas modificações na arquitetura do dossel e na distribuição dos fotoassimilados durante o enchimento de grãos podem influenciar a formação das reservas de sementes, refletindo posteriormente no desempenho durante a germinação. Assim, alterações discretas nas condições de

desenvolvimento das plantas-mãe podem afetar a qualidade fisiológica das sementes mesmo na ausência de diferenças expressivas na produtividade.

Resultados semelhantes foram observados por Baron et al. (2018), que verificaram influência da densidade de semeadura sobre a formação de plântulas normais, embora sem alterações consistentes na viabilidade das sementes. Segundo esses autores, a resposta da qualidade fisiológica depende da interação entre densidade de plantas, ambiente de cultivo e características da cultivar, reforçando que modificações no arranjo populacional podem influenciar o desempenho fisiológico das sementes sem necessariamente alterar o rendimento da cultura.

Os manejos biológicos avaliados não promoveram diferenças significativas para o percentual de plântulas normais nem para a viabilidade das sementes (Tabela 4). Esse resultado demonstra que, nas condições experimentais deste estudo, os tratamentos contendo *Bacillus subtilis* e *Bacillus subtilis* associado a *Bacillus amyloliquefaciens* apresentaram comportamento semelhante quanto a essas variáveis. É importante destacar que o delineamento experimental não contemplou um tratamento sem aplicação de *Bacillus*, impossibilitando inferências sobre a eficiência dos microrganismos em relação à ausência de manejo biológico. Dessa forma, a interpretação dos resultados restringe-se à comparação entre os dois manejos avaliados.

Diferentemente do estudo de Da Silva et al., (2024), onde foi observado que, sob condição de salinidade, que o *biopriming* com *Bacillus subtilis*, especialmente em associação com *Parachlorella sp*, manteve maiores percentuais de plântulas normais e reduziu a formação de anormais.

Tabela 4 - Análise fisiológica da cultura da soja avaliada, sob três densidades de semeadura e dois tipos de manejo no cultivo das várzeas tropicais (Safrá 25/25)

Densidade (sementes/m)	PN (%)	VIABILIDADE (%)
18	49 b	73 a
20	57 a	69 a
22	54 a	71 a
Manejo		
Bs	56 a	74 a
Bs + Amy	50 a	67 a
CV	7,25%	10,27%

PN= Plantulas Normais; BS= *Bacillus subtilis*; Amy= *Bacillus amyloliquefaciens*; CV: Coeficiente de

variação. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste Scott Knott (5%).

Fonte: Autoria própria.

Em relação às plântulas anormais, não houve efeito significativo das densidades de semeadura nos manejos avaliados (Tabela 5). Entretanto, observou-se diferença significativa na densidade de 20 sementes m^{-1} , em que o manejo com *Bacillus subtilis* apresentou menor percentual de plântulas anormais em comparação ao manejo com *Bacillus subtilis* associado a *Bacillus amyloliquefaciens*.

Resultados semelhantes quanto à ausência de respostas expressivas entre diferentes densidades foram observados por Baron et al. (2018), que verificaram influência da densidade de semeadura sobre a ocorrência de plântulas anormais apenas na menor população avaliada (5 sementes m^{-1}), enquanto as densidades de 10, 20 e 25 sementes m^{-1} não apresentaram diferenças significativas.

Por outro lado, Da Silva et al. (2024) observaram redução na formação de plântulas anormais com o uso de *Bacillus subtilis* em sementes submetidas ao estresse salino. Entretanto, as condições experimentais diferem das empregadas neste estudo, visto que os autores avaliaram o efeito do biopriming em uma condição de estresse abiótico, na qual os mecanismos relacionados à promoção de crescimento e à indução de tolerância podem apresentar maior expressão. Dessa forma, diferenças relacionadas ao ambiente de cultivo, metodologia utilizada, condições de estresse e interação entre microrganismo e planta podem explicar a divergência entre os resultados encontrados.

Tabela 5 - Plântulas Anormais (%) de sementes da cultura da soja avaliada, sob três densidades de semeadura e dois tipos de manejo no cultivo das várzeas tropicais (Safrá 25/25)

Densidade (sementes/m)	Bs	Bs + Amy
18	33 aA	36 aA
20	28 aB	38 aA
22	34 aA	31 aA
CV	14.19%	

BS= *Bacillus subtilis*; Amy= *Bacillus amyloliquefaciens*; CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste Scott Knott (5%).

Fonte: Autoria própria.

Para o vigor das sementes, foi observado diferença significativa entre as densidades de semeadura sobre os manejos utilizados (Tabela 6). Na densidade de 20 sementes m^{-1} , o tratamento com *Bacillus subtilis* apresentou maior vigor das

sementes quando comparado ao manejo com a associação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens*. Por outro lado, nas densidades de 18 e 22 sementes m⁻¹, não foram observadas diferenças significativas entre os manejos. Quando foram avaliadas as densidades dentro de cada manejo, também não houve diferença significativa.

Esse resultado mostra que o efeito dos microrganismos sobre o vigor das sementes pode variar de acordo com a densidade de semeadura utilizada. Uma possível explicação é que alterações na população de plantas modificam a competição por recursos como água, luz e nutrientes, influenciando o desenvolvimento das plantas e, consequentemente, a formação e a qualidade fisiológica das sementes produzidas (Silva et al., 2019). Além disso, bactérias promotoras de crescimento, como as espécies do gênero *Bacillus*, podem atuar por diferentes mecanismos, como a produção de fitormônios, a solubilização de nutrientes e o estímulo ao crescimento vegetal (Hashem et al., 2019). No entanto, a resposta das plantas à inoculação com esses microrganismos pode variar de acordo com as condições ambientais, a interação entre a planta e a bactéria e as condições de cultivo (Backer et al., 2018).

Resultados semelhantes foram relatados por Baron et al. (2018), que também observaram interação entre a densidade de semeadura sobre a qualidade fisiológica das sementes. Segundo os autores, o efeito da população de plantas pode depender das condições de cultivo e do ambiente de produção das sementes, demonstrando que o efeito da população de plantas sobre o vigor não ocorre de forma isolada, mas depende das condições de cultivo.

Tabela 6 - Vigor de sementes (%) da cultura da soja avaliada, sob três densidades de semeadura e dois tipos de manejo no cultivo das várzeas tropicais (Safrá 25/25)

Densidade (sementes/m)	Bs	Bs + Amy
18	65 aA	57 aA
20	69 aA	44 bA
22	56 aA	60 aA
CV	8,99%	

BS= *Bacillus subtilis*; Amy= *Bacillus amyloliquefaciens*; CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste Scott Knott (5%).

Fonte: Autoria própria.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que o experimento foi conduzido, as diferentes densidades de semeadura e os manejos biológicos não promoveram alterações significativas nos componentes agronômicos avaliados nem na produtividade de sementes de soja.

Em contrapartida, na qualidade fisiológica das sementes, observou-se efeito da densidade de semeadura sobre o número de plântulas normais, sendo as densidades de 20 e 22 sementes/m superiores à densidade de 18 sementes/m. Para o vigor das sementes, verificou-se interação entre densidade de semeadura e manejo biológico, destacando-se a combinação de 20 sementes/m com *Bacillus subtilis*, que apresentou desempenho superior ao tratamento contendo *Bacillus subtilis* associado a *Bacillus amyloliquefaciens* nessa densidade.

Referências

ALVES, J. S.; SILVA, R. S.; FERREIRA, E. A.; OLIVEIRA, A. G. Biological control and plant growth promotion by *Bacillus subtilis*: mechanisms and agricultural applications. **Biological Control**, v. 152, p. 104425, 2021.

BACKER, R. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, art. 1473, 2018.

BALBINOT JÚNIOR, A. A. **Arranjo de plantas na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2017.

BARON, F. A.; CORASSA JUNIOR, G. M.; FIORESI, D.; SANTI, A. L.; MARTINI, R. T.; KULCZYNSKI, S. M. **Physiological quality of soybean seeds under different yield environments and plant density**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 22, n. 4, p. 237-242, 2018. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v22n4p237-242.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA, 2025

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Bioinsumos**. Brasília, DF: MAPA, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/bioinsumos>>

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2025/26 – 10º levantamento**. Brasília, DF: CONAB, 2026. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Safra 2023/24, v. 11, n. 12 – Décimo Segundo Levantamento**. Brasília, DF: Conab, 2024. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br>>

CHOWDHURY, S. P.; HARTMANN, A.; GAO, X.; BORRIS, R. Biocontrol mechanism by root-associated *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42—A review. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 1–18, 2021.

DA SILVA, A. C.; SOUZA, J. T.; FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, R. S. Biopriming with *Bacillus subtilis* and *Parachlorella* sp. improves soybean seedling performance under salt stress. **Journal of Seed Science**, v. 46, e202446018, 2024.

DE LUCA, Marcos Javier; HUNGRIA, Mariangela. **Efeito da densidade de plantio em soja na nodulação, concentração de nutrientes e rendimento**. 2013.

DIAZ, Paola Andrea Escobar et al. *Bacillus* spp. as plant growth-promoting bacteria in cotton under greenhouse conditions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 12, p. 2003.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2023**. Londrina: Embrapa Soja, 2023.

FRANÇA NETO, J. B. et al. **Teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1998. 72 p. (Embrapa Soja. Documentos, 116).

GALBIERI, Rafael; OLIVEIRA, Jéssica Alves de; NEGRI, Bárbara França; BOLDT, Alberto Souza; RIZZI, Ueverton dos Santos; BELOT, Jean Louis. *Bacillus subtilis* as growth-promoting rhizobacteria co-inoculated on Bradyrhizobium-treated soybean seeds in the planting furrow. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 70, n. 6, e70601, 2023.

GARCÍA-RENDÓN, M. G.; RAMÍREZ-VILLALOBOS, M.; MAYEK-PÉREZ, N.; SIMPSON, J. Epidemiology and management of charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina* in soybean. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 24, p. 1–15, 2021.

HASHEM, A. et al. *Bacillus subtilis*: a plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 6, p. 1291-1297, 2019.

Hungria et al., I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Documentos, 283).

KLOEPPER, J. W. et al. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. **Phytopathology**, v. 94, n. 11, p. 1259–1266, 2004.

KOVALSKI, Estela; SCHWARZ, Guilherme Rosa; PERIN, Leticia Zapparoli; Nogueira, Marco Antonio; HUNGRIA, Mariangela; CRUZ, Sonia Purin da. Redução da nodulação na soja com inoculação padrão associada a *Bacillus subtilis* on farm. **Revista Latinoamericana Ambiente & Saúde**, v. 6, p. 1–11, 2025.

MACHADO, Daniele Franco Martins et al. Trichoderma no Brasil: o fungo e bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 274–288, 2012.

MAUAD, Munir; SILVA, Thiago Luis Barbosa da; ALMEIDA NETO, Antônio Inácio de; ABREU, Viviane Gomes de. Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 9, p. 175–181, 2010.

SILVA, E. C. et al. Physiological quality of mung bean seeds produced under different plant densities and row spacings. **Agrarian Academy/Revista de Agricultura Neotropical**, 2019.

ONGENA, M.; JACQUES, P. *Bacillus* lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol. **Trends in Microbiology**, v. 16, n. 3, p. 115–125, 2008.

RADZKA, Elzbieta; RYMUZA, Katarzyna; CAŁA, Paweł. The influence of sowing date and seeding density on the yield of soybean *Glycine max* (L.) Merrill. **Agriculture**, Basel, v. 15, n. 14, p. 1556, 2025. DOI: 10.3390/agriculture15141556.

RAGA JUNIOR, Gaspar Moreira et al. Efficiency of inoculation by *Bacillus subtilis* on soybean biomass and productivity. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 4, e5571.

RIOS, Fabiano; SCHWAN-ESTRADA, Kátia Regina Freitas; CONTIERO, Robinson; BRAZ, Guilherme Braga Pereira et al. Agronomic performance of soybean treated with *Bacillus amyloliquefaciens*. **African Journal of Microbiology Research**, v. 12, n. 45, p. 1020–1027, 2018. DOI: 10.5897/AJMR2018.9006.

ROSELEM, C. A.; SILVÉRIO, J. C. O.; NAKAGAWA, J. Densidade de plantas na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 9, p. 977–984, 1983.

SANTOS, G. R.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; SOUSA, L. B. Impact of *Macrophomina phaseolina* on soybean physiology and grain yield under water stress conditions. **Summa Phytopathologica**, v. 48, n. 4, p. 325–332, 2022.

SEFAZ - SECRETARIA DA FAZENDA E PLANEJAMENTO. **Regionalização Climática**. Governo do Tocantins, 2019. Disponível em: <<http://www.sefaz.to.gov.br/>>
SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. **A cultura da soja**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2015.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Foreign Agricultural Service**. *Oilseeds: World Markets and Trade*. Washington, DC: USDA, 2024. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade>>

WANG, Y.; LI, X.; ZHANG, H.; LIU, J.; ZHAO, C. Physiological responses and yield loss of soybean under water deficit during reproductive stages. **Agricultural Water Management**, v. 309, p. 109130, 2025.

ZANON, Alencar Júnior; RICHTER, Guilherme Lenz; ROCHA, Tiago Souza da; WEBER, Paulo Sérgio; STRECK, Nereu Augusto. **Ecofisiologia da soja: visando altas produtividades**. Santa Maria: Pallotti, 2022.