

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E
INOVAÇÃO**

**CENTRO DE EXCELÊNCIA EM BIOINSUMOS COORDENAÇÃO DE
CAPACITAÇÃO EM BIOINSUMOS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *lato sensu* EM BIOINSUMOS
IF GOIANO CAMPUS CAMPOS BELOS**

MONOGRAFIA

FRANCIANNE COSTA SILVA

**INFLUÊNCIA DO *BACILLUS ARYABHATAI* NO CRESCIMENTO INICIAL DE
MILHO SOB ESTRESSE HÍDRICO**

Campos Belos / GO

2025

FRANCIANNE COSTA SILVA

**INFLUÊNCIA DO *BACILLUS ARYABHATAI* NO CRESCIMENTO INICIAL DE
MILHO SOB ESTRESSE HÍDRICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal Goiano – Campus Campos
Belos, como requisito parcial para obtenção do
título de Especialista em Bioinsumos.

Orientador(a): Dr. Átila Reis da Silva

Coorientador(a): Me. Thiago Dias da Silva

Campos Belos / GO

2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

S624i Costa Silva, Francianne
INFLUÊNCIA DO BACILLUS ARYABHATTAI NO
CRESCIMENTO INICIAL DE MILHO SOB ESTRESSE
HÍDRICO / Francianne Costa Silva. Pessoas Físicas 2025.
38f. il.
Orientador: Prof. Dr. Átila Reis da Silva.
Coorientador: Prof. Me. Thiago Dias da Silva.
Monografia (Especialista) - Instituto Federal Goiano, curso de
0630426 - Especialização em Bioinsumos - Campos Belos
(Campus Campos Belos).
I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- ☐ Tese (doutorado)
☐ Dissertação (mestrado)
☒ Monografia (especialização)
☐ TCC (graduação)

- ☐ Artigo científico
☐ Capítulo de livro
☐ Livro
☐ Trabalho apresentado em evento

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

FRANCIANNE COSTA SILVA

Matrícula:

2024106304260004

Título do trabalho:

INFLUÊNCIA DO BACILLUS ARYABHATTAI NO CRESCIMENTO INICIAL DE MILHO SOB ESTRESSE HÍDRICO

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 01 / 11 / 2025

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☒ Sim ☐ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Campos Belos

Local

26 / 09 / 2025

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Documento assinado digitalmente

Ciente e de acordo:



ATILIA REIS DA SILVA

Data: 26/09/2025 14:23:59-0300

Verifique em <https://validar.ifg.gov.br>



Documento assinado digitalmente

FRANCIANNE COSTA SILVA

Data: 26/09/2025 14:57:13-0300

Verifique em <https://validar.ifg.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 178/2025 - UE-CB/GE-CB/CMPCBE/IFGOIANO

Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 3 CEBIO/IF Goiano

ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos Doze dias do mês de Setembro de dois mil e vinte e Cinco, às 15h5min, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Dr. Átila Reis da Silva | Orientador e Presidente da Banca Examinadora, IF Goiano – Campus Campos Belos; Me. Thiago Dias da Silva | Co-orientador | IF Goiano – Campus Campos Belos - Dra. Tainara Tamara Santiago Silva (membra interna) - IF Goiano – Campus Campos Belos- Dra. Janaina Gomes Araujo Santos (membra interna) - IF Goiano – Campus Campos Belos, para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado **Uso do *Bacillus aryabhattai* no desenvolvimento inicial da cultura do milho** de Francianne Costa Silva, estudante do curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Bioinsumos do IF Goiano – Campus Campos Belos, sob Matrícula nº 2024106304260004. A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição da candidata pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Prof. Átila Reis da Silva | Orientador e Presidente da Banca Examinadora
IF Goiano – Campus Campos Belos

(Assinado Eletronicamente)

Me. Thiago Dias da Silva | Co-orientador | IF Goiano – Campus Campos Belos

(Assinado Eletronicamente)

Dra. Tainara Tamara Santiago Silva (membra interna) - IF Goiano – Campus Campos Belos

(Assinado Eletronicamente)

Dra. Janaina Gomes Araujo Santos (membra interna) - IF Goiano – Campus Campos Belos

Documento assinado eletronicamente por:

- Attila Reis da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 15/09/2025 08:49:49.
- Janaina Gomes Araujo Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 15/09/2025 09:06:05.
- Tainara Tamara Santiago Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 15/09/2025 10:35:33.
- Thiago Dias Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 15/09/2025 10:37:14.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/09/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 743881
Código de Autenticação: 3cbfc40041



FRANCIANNE COSTA SILVA

MONOGRAFIA

Monografia apresentada à Banca examinadora do curso de especialização em Bioensumos
Campus Campos Belos do IF Goiano como exigência parcial para obtenção do título de
especialista

Campos Belos 12 de setembro de 2025

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Àtila Reis da Silva (orientador)

IFGoiano

Me. Thiago Dias da Silva (coorientador)

IFGoiano

Professor Dra. Tainara Tamara Santiago Silva (membro interno)

IFGoiano

Professor Dra. Janaina Gomes Araujo Santos (membro interno)

IFGoiano

Dedico este trabalho a quem acredita na
educação como luz que guia e transforma.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida.

A minha família, especialmente à minhas filhas Maria Clara e Júlia e ao meu esposo Marcos Odilon pela paciência.

Ao meu orientador, Dr. Átila Reis e ao meu coorientador Me. Thiago Dias Silva, expresso minha profunda gratidão pela orientação nessa jornada.

Aos discentes do curso de Zootecnia Augusto e Leandro pelo apoio durante o desenvolvimento desse experimento, agradeço a parceria e colaboração.

Agradeço às instituições de apoio **FAPEG, FUNAPE, IF GOIANO e CEBIO** e a todos os professores que fizeram essa especialização ser possível.

Por fim, agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que essa jornada fosse possível, me apoiando e incentivando em cada etapa.



CEBIO
Centro de Excelência em Biotecnologia



FAPEG
Fundação de Amparo à Pesquisa
do Estado de Goiás



EPÍGRAFE

“Não existe vento favorável para quem não sabe aonde vai.”

Sêneca

BIOGRAFIA DO ALUNO

Francianne Costa Silva, nascida em Imperatriz – MA, em 17 de agosto de 1990, concluiu o ensino médio no Complexo Educacional Dom Bosco, na cidade de Imperatriz/MA, no ano de 2007. Graduiu-se como Bacharela em Zootecnia pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Araguaína – TO, em 2014, e concluiu o Mestrado em Ciência Animal Tropical na mesma instituição, em 2016. Durante a graduação, participou como aluna de Iniciação Científica no Laboratório de Solos entre os anos de 2010 e 2013. Entre 2017 e 2019, atuou na área da docência na Universidade Estadual da Região Tocantina Maranhão (UEMASUL). Em 2024, iniciou suas atividades como professora substituta no Instituto Federal Goiano (IF Goiano), Campus Campos Belos, onde permanece atuando até a data de publicação desta monografia.

RESUMO

Um experimento foi conduzido na Casa de Vegetação do Instituto Federal Goiano Campus Campos Belos, com o objetivo de avaliar a influência da inoculação com *Bacillus aryabhattai*. Utilizou-se vasos com solo argiloso e delineamento inteiramente casualizado, com tratamentos de inoculação (com e sem bactéria) e quatro níveis de capacidade de campo (100%, 75%, 50% e 25%) e cinco repetições. Foram avaliados comprimento de raiz, biomassa fresca e seca de raiz e folhas, e taxa de crescimento relativo. Os resultados mostraram que, embora a inoculação não tenha provocado diferenças estatisticamente significativas, observou-se uma tendência de aumento na biomassa radicular e foliar das plantas inoculadas. A disponibilidade hídrica influenciou significativamente todas as variáveis analisadas, sendo a irrigação plena essencial para o desenvolvimento inicial. Dessa forma o *B. aryabhattai* pode auxiliar na mitigação dos efeitos do estresse hídrico, contribuindo para o manejo sustentável do milho. No entanto, estudos complementares são necessários para avaliar o efeito em longo prazo, em diferentes genótipos e sistemas de manejo.

Palavras-chave: *Bacillus aryabhattai*. Inoculante. *Zea mays* L.

ABSTRACT

An experiment was conducted in the Greenhouse of the Federal Institute of Goiano – Campos Belos Campus, with the objective of evaluating the influence of inoculation with *Bacillus aryabhattai*. Pots with clay soil were used in a completely randomized design, with inoculation treatments (with and without bacteria) and four levels of field capacity (100%, 75%, 50%, and 25%) with five replications. Root length, fresh and dry biomass of roots and leaves, and relative growth rate were evaluated. The results showed that, although inoculation did not cause statistically significant differences, there was a trend of increased root and leaf biomass in the inoculated plants. Water availability significantly influenced all analyzed variables, with full irrigation being essential for initial development. Thus, *B. aryabhattai* may help mitigate the effects of water stress, contributing to sustainable corn management. However, further studies are needed to evaluate the long-term effect in different genotypes and management systems..

Keywords: *Bacillus aryabhattai*. Inoculant. *Zea mays* L.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-Preparação do solo para o experimento	23
Figura 2-Avaliação capacidade de campo (CC)	24
Figura 3-Montagem dos vasos.....	24
Figura 4-Montagem do experimento em casa de vegetação.....	25
Figura 5-Preparação das sementes (Inoculação)	26
Figura 6-Rega do solo com 100% da CC (A), Sementes utilizadas(B) e Plantio(C)	27
Figura 7-Extração da raiz com água corrente (A), comprimento da raiz (B), Pesagem do material úmido.....	28
Figura 8-Estufa de ventilação forçada (A), Pesagem do material seco (B).....	28
Figura 9-Sem inoculação (A), com inoculação (B).....	29
Figura 10-Raiz sem inoculação (A), com inoculação (B)	31
Figura 11-Medição para avaliação do crescimento relativo	33
Figura 12- Emergência tardia de plântula	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Efeito da aplicação de <i>B.aryabhatai</i> via tratamento de sementes de milho no período de emergência.-----	30
Tabela 2-Parâmetros de crescimento inicial de milho sob estresse hídrico e inoculação com <i>Bacillus aryabhatai</i> -----	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-Efeito da inoculação de bacillus aryabhattai na MFR e MSR	31
Gráfico 2- Comparação da TCR entre inoculado e não inoculado.....	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-Quantidade de água a ser aplicada em decorrência da capacidade de campo.....	25
---	----

LISTA DE ABREVIACÕES

Sigla	-Significado
AIA	-Ácido Indolacético
AL	-Altura de Plantas
ANOVA	-Análise de Variância
<i>B. aryabhattai</i>	- <i>Bacillus aryabhattai</i>
CC	-Capacidade de Campo
CEBIO	-Centro de Excelência em Bioinsumos
CRA	-Capacidade de Retenção de Água
CR	-Comprimento de Raiz
GO	-Goiás
IAA	- <i>Indole-3-Acetic Acid</i> (Ácido Indolacético)
MFF	-Massa Fresca de Folha
MFR	-Massa Fresca de Raiz
MSF	-Massa Seca de Folha
MSR	-Massa Seca de Raiz
NRH	-Necessidade Real de Água
PGPR	- <i>Plant Growth-Promoting Rhizobacteria</i> (Rizobactérias Promotoras de Crescimento Vegetal)
PSF	-Peso Seco de Folhas
PSR	-Peso Seco de Raiz
R	- <i>Software R Statistical</i>
TCR	-Taxa de Crescimento Relativo
TS	-Tratamento de Sementes

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	12
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	13
LISTA DE TABELAS	14
LISTA DE GRÁFICOS	15
LISTA DE QUADROS	15
LISTA DE ABREVIACÕES	16
INTRODUÇÃO GERAL	18
OBJETIVOS	20
CAPITULO 1	21
1.INTRODUÇÃO	21
2. MATERIAL E MÉTODOS	22
2.1 LOCAL DO EXPERIMENTO	22
2.2 SOLO	23
2.3 PREPARO DO SOLO E AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE CAMPO	23
2.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	25
2.5 INOCULAÇÃO DE SEMENTES	25
2.6 PLANTIO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	26
2.7 VARIÁVEIS ANALISADAS	27
2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA	28
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÕES	35
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

INTRODUÇÃO GERAL

O milho (*Zea mays L.*) é uma das culturas de maior importância socioeconômica no mundo, utilizado na alimentação humana, na nutrição animal e como matéria-prima para diferentes setores industriais (Sangoi et al., 2020). No Brasil, ocupa posição de destaque no agronegócio, devido à ampla adaptação edafoclimática e ao elevado potencial produtivo (Taiz et al., 2017; Fancelli & Dourado Neto, 2021).

O crescimento inicial do milho, que compreende desde a emergência até o estabelecimento do sistema radicular e da área foliar, é determinante para o bom desempenho da cultura ao longo do ciclo. Nessa fase, a planta apresenta elevada taxa de divisão e expansão celular, tornando-se extremamente sensível às condições ambientais (Taiz et al., 2017). Nesse contexto, compreender os efeitos do estresse hídrico e adotar estratégias de mitigação é fundamental para a sustentabilidade da produção. Práticas de manejo do solo e da irrigação, a seleção de cultivares mais tolerantes e o uso de microrganismos promotores de crescimento vegetal (PGPR) são alternativas promissoras para reduzir os impactos negativos da seca e garantir maior estabilidade produtiva (Melo et al., 2019; Embrapa, 2021).

A rizosfera, região do solo diretamente influenciada pelo sistema radicular, abriga uma grande diversidade de microrganismos, incluindo as rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (RPCV). Essas bactérias podem atuar na solubilização de nutrientes, na produção de fitormônios e na indução de mecanismos de tolerância ao estresse abiótico (Embrapa, 2021; Silva et al., 2025). Dentre os gêneros mais estudados e utilizados como inoculantes e biofertilizantes, destaca-se o *Bacillus*.

Entre as espécies desse gênero, o *Bacillus aryabhattai* apresenta grande potencial para uso agrícola, pois é capaz de colonizar o sistema radicular de diferentes culturas, promovendo benefícios fisiológicos, hormonais e nutricionais às plantas. Trata-se de uma bactéria gram-positiva, em formato de bastonete, produtora de endósporos e colônias de 5 a 8 mm de diâmetro, isolada e descrita pela primeira vez em 2009. Desde então, diversas estirpes têm sido identificadas em diferentes partes do mundo, inclusive no Brasil, onde foi encontrada na rizosfera do mandacaru (*Cereus jamacaru*), um cacto típico da Caatinga, especialmente durante períodos de seca (Embrapa, 2021).

Estudos indicam que o *B. aryabhattai* favorece o crescimento do milho sob estresse hídrico, possivelmente pela capacidade de formar biofilmes e produzir exopolissacarídeos, que auxiliam na proteção contra a desidratação (Kavamura, 2013). Diversos produtos agrícolas já

utilizam espécies do gênero *Bacillus* como ingredientes ativos, incluindo *B. thuringiensis*, *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens* e o próprio *B. aryabhattai* (Balardin et al., 2011). Ensaios recentes demonstram que inoculantes à base de *B. aryabhattai* podem atenuar os efeitos da escassez hídrica, favorecendo o crescimento das plantas e contribuindo para a resiliência dos sistemas agrícolas (Mun et al., 2024; Deg et al., 2024).

OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Avaliar a influência do estresse hídrico no crescimento e desenvolvimento da cultura do milho com e sem aplicação do *Bacillus aryabhattai*

Objetivos específicos:

- Analisar o efeito da inoculação com *Bacillus aryabhattai* sobre o crescimento inicial das plantas de milho.
- Comparar o desenvolvimento de plantas inoculadas e não inoculadas.
- Avaliar o impacto de diferentes níveis de estresse hídrico sob o crescimento e a biomassa das plantas.
- Mensurar o comprimento radicular e a biomassa fresca e seca de raízes e folhas, a fim de identificar possíveis benefícios da inoculação sob diferentes condições de disponibilidade hídrica.
- Subsidiar novos trabalhos na UTT Campos Belos.

CAPITULO 1

BACILLUS ARYABHATAI COMO MICRORGANISMO PROMOTOR DE CRESCIMENTO EM MILHO SOB ESTRESSE HÍDRICO

1.INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem-se observado um aumento significativo na ocorrência de períodos de seca em diversas regiões do mundo, fenômeno frequentemente associado ao chamado “veranico”. Esse aumento está diretamente relacionado aos efeitos das mudanças climáticas, que vêm alterando de forma expressiva o ciclo hidrológico global (Gitz et al., 2016; Martins Filho, 2025).

Fenômenos intensificados pelas mudanças climáticas que alteram o ciclo hidrológico global provoca impactos significativos na produção agrícola, especialmente em sistemas que dependem diretamente da precipitação para o desenvolvimento das culturas. Além disso, pesquisas recentes revelam que, nas últimas duas décadas, o planeta perdeu mais de 2.000 gigatoneladas de água armazenada em solos, rios e lagos, aumentando o estresse hídrico e comprometendo o crescimento das plantas (AP News, 2024).

Portanto, compreender a relação entre mudanças climáticas, alterações no ciclo hidrológico e produção agrícola é essencial para o desenvolvimento de estratégias de adaptação e mitigação, visando reduzir os efeitos dessas transformações ambientais sobre a disponibilidade de água e a produtividade dos sistemas agrícolas (Khatun et al., 2021).

O estresse hídrico é um dos principais fatores limitantes da produtividade agrícola, notadamente em regiões com irregularidade na distribuição das chuvas e baixa disponibilidade hídrica no solo (Santos et al., 2024). Em culturas sensíveis como o milho (*Zea mays* L.), a escassez hídrica afeta negativamente processos fisiológicos essenciais, como a fotossíntese, a absorção de nutrientes e o desenvolvimento radicular, comprometendo o crescimento inicial e o rendimento final da lavoura (Farooq et al., 2009).

Diante desse desafio, estratégias alternativas têm sido investigadas para mitigar os efeitos do estresse hídrico nas plantas. Entre essas, destaca-se o uso de microrganismos promotores de crescimento vegetal (PGPR – *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*), capazes de melhorar a tolerância das plantas ao estresse abiótico. O *Bacillus aryabhattai*, uma bactéria rizosférica, tem se mostrado promissor nesse contexto por sua capacidade de produzir

fitormônios, como ácido indolacético (AIA), solubilizar fósforo, induzir a atividade de enzimas antioxidantes e melhorar a estrutura do solo (Singh et al., 2020).

Bacillus aryabhattai, uma rizobactéria, tem se mostrado promissor por sua capacidade de produzir fitormônios (como o ácido indolacético - AIA), solubilizar fósforo, induzir a atividade de enzimas antioxidantes e melhorar a estrutura do solo (Singh et al., 2020). Além disso, a capacidade de promover adesão microbiana e proteção contra dessecação e estresses do solo (May et al., 2019).

Diversas estirpes têm sido isoladas da rizosfera do solo de vários lugares do mundo, inclusive no Brasil. No país, o *Bacillus aryabhattai* foi encontrado na rizosfera do mandacaru (*Cereus jamacaru*), importante cacto da região da Caatinga. (Embrapa 2021)

Estudos recentes indicam que o inoculante à base de *Bacillus aryabhattai* e outras bactérias da mesma família pode contribuir significativamente para o crescimento inicial do milho sob condições de déficit hídrico, favorecendo a germinação, o desenvolvimento radicular e a biomassa da parte aérea, mesmo em ambientes com disponibilidade limitada de água (Chen et al., 2021; Rana et al., 2022).

Assim, o presente estudo objetivou-se avaliar a influência do estresse hídrico no crescimento e desenvolvimento da cultura do milho com e sem inoculação do *Bacillus aryabhattai* sobre o crescimento inicial de milho submetido ao estresse hídrico, visando subsidiar com alternativas sustentáveis para o manejo agrícola em condições adversas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Instituto Federal Goiano Campus Campos Belos. Localizado na Rodovia GO-118 Qd. 1-A Lt. 1 Setor Novo Horizonte nas coordenadas geográficas Latitude: (13°04'10,46" S), Longitude: (46°43'45,35" O), uma região de clima tropical, apresentando uma estação seca e outra chuvosa. Apresentando temperatura mínima de 20° e máxima de 36°.

Para este estudo, realizou-se caracterização básica do solo como medições de umidade e massa seca. Não sendo necessárias análises químicas ou físicas adicionais, pois para esses parâmetros avaliados não há inferências quanto a sua fertilidade ou composição química.

2.2 SOLO

Amostras de solo argiloso foram coletadas na Escola-Fazenda do Campus Campos Belos e transportadas ao laboratório. As amostras foram pesadas e secas em estufa a 105°C por aproximadamente 24 horas para determinar os teores de umidade e peso seco do solo. Para determinar a CC, o solo foi acondicionado em vasos de 5 L, saturado por capilaridade em bandeja de alumínio com água por 24 horas e, subsequentemente, drenado por 2 horas. A CC foi calculada com base na diferença de peso do solo úmido e seco, permitindo a avaliação da influência do estresse hídrico.

2.3 PREPARO DO SOLO E AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE CAMPO

Para essa medição colocou-se a terra no vaso na marcação de 5 litros, após esse solo foi transferido para uma bandeja de alumínio e em seguida pesado e colocado em estufa a 105° por um período de aproximadamente 24 horas, posteriormente foi pesado para saber o que foi perdido em relação a umidade do solo.



Figura 1-Preparação do solo para o experimento

Fonte: Arquivo pessoal

Após o solo seco voltou para o vaso e em uma bandeja plástica foi adicionada água e o vaso foi colocado dentro por um período de 24 horas para observar a quantidade de água que esse solo consegue absorver por meio de capilaridade, metodologia adaptada de Richards, 1941). Logo após esse período deixou-se por um período de 2 horas o solo em uma outra bandeja para descansar e observou-se a quantidade de água que escoava e, por fim, pesou-se o vaso para saber o quanto de água esse solo consegue absorver. Dessa forma foi possível saber a CC desse solo, para avaliar como o estresse hídrico pode influenciar no crescimento e desenvolvimento da planta.



Figura 2-Avaliação capacidade de campo (CC)

Fonte: Arquivo pessoal

Na ocasião da montagem do ensaio, os vasos plásticos com capacidade de 5 L foram preenchidos com 3 kg de solo.



Figura 3-Montagem dos vasos

Fonte: Arquivo pessoal



Figura 4-Montagem do experimento em casa de vegetação

Fonte: Arquivo pessoal

2.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos, inoculação (*Bacillus aryabhattai*) e controle (sem inoculação) e quatro níveis de capacidade de campo (100%, 75%, 50% e 25%) e cinco repetições. As doses de água para cada tratamento foram calculadas com base em 100% da capacidade de campo.

As doses de água para cada tratamento foram calculadas a partir do nível de 100% da CC.

Quadro 1-Quantidade de água a ser aplicada em decorrência da capacidade de campo

Capacidade de campo	Ml de água
100%	1293 ml
75%	969,75 ml
50%	646,50 ml
25%	323,25ml

Fonte: Autora

2.5 INOCULAÇÃO DE SEMENTES

O inóculo (caldo fermentado /bactéria) foi aplicado em tratamento de sementes (TS). Foi utilizado 2ml do inóculo a cada 100 gramas de semente de milho híbrido 20A38 VIP3. Foram acondicionados em sacos plásticos para agitação manual vigorosa durante 30 segundos segundo metodologia aplicada por Oliveira et, al 2020.



Figura 5-Preparação das sementes (Inoculação)

Fonte: Arquivo pessoal

A bactéria utilizada no ensaio foi obtida por meio da coleção microbiológica do laboratório da Solubio através do BioHidric, o qual foi caracterizada na Biofábrica da Unidade de transferência de tecnologia Vinculada ao Centro de Excelência em Bioinsumos CEBIO- Unidade Campos Belos. E para cada vaso foram semeadas três sementes, com posterior desbaste para deixar somente uma planta por vaso.

2.6 PLANTIO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

No plantio, todos os vasos foram irrigados com 100% da CC para proporcionar condições ótimas de germinação para todos os tratamentos. Em cada vaso foram plantadas três sementes com 3 cm de profundidade e depois foi realizado o desbaste. Após a emergência da plântula a capacidade de campo foi monitorada diariamente através da pesagem do solos e quando necessário a água foi repostada até atingir a CC desejada.



Figura 6-Rega do solo com 100% da CC (A), Sementes utilizadas(B) e Plantio(C)

Fonte: Arquivo pessoal

2.7 VARIÁVEIS ANALISADAS

Durante o ensaio foram monitorados e fotografados os efeitos visuais de estresse hídrico, observado nas plantas tais como murcha, movimentação, senescência e morte. Após 28 dias do plantio as plantas foram extraídas dos vasos através de água corrente para posterior medida do comprimento da raiz. A altura da planta foi avaliada medindo por base da folha mais alta com o auxílio de uma régua. Essas medidas ocorreram semanalmente após a imersão da plântula.





Figura 7-Extração da raiz com água corrente (A), comprimento da raiz (B), Pesagem do material úmido

Fonte: Arquivo pessoal

Após isso, as folhas e as raízes foram pesadas e acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa de ventilação forçada de ar durante 72 horas a 65°C. Depois de secas as folhas e raízes foram pesadas em balança semi analítica.



Figura 8-Estufa de ventilação forçada (A), Pesagem do material seco (B)

Fonte: Arquivo pessoal

2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos ao teste de *Shapiro-Wilk* para verificação dos pressupostos de normalidade e homoscedasticidade, seguidos de análise de variância (ANOVA). Foi utilizado o teste de *Scott-Knott* e teste de regressão para tratamentos quantitativos quando necessário, utilizando o *software R Statistical* versão 4.4.2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se observou interação entre os fatores (inoculação e níveis de reposição hídrica) para a altura de plantas (AL), peso seco de folhas (PSF) e peso seco de raiz (PSR)

Embora diferenças visuais tenham sido observadas entre as folhas e raízes, não foi detectada significância. Esse resultado sugere que, sob a capacidade de campo de 100%, as plantas atingiram um bom desenvolvimento, enquanto os demais tratamentos de CC não apresentaram diferenças estatísticas entre si

No tratamento com maior estresse hídrico (25% da capacidade de campo) havia a presença da bactéria e as plantas estavam imergindo de forma lenta ou tardiamente e sem a presença de água ocorreu a senescência e morte das folhas logo nos primeiros dias. A um fornecimento de (50% da capacidade de campo) também não se observou diferença significativa nos parâmetros analisados

Observa-se na Figura 1 o efeito de crescimento e produção do milho com e sem a presença de *B. Aryabhatai*



Figura 9-Sem inoculação (A), com inoculação (B)

Fonte: Arquivo pessoal

Não houve interação significativa ($P>0,05$) entre a inoculação e níveis de reposição hídrica para as variáveis analisadas e, por isso, os fatores foram avaliados isoladamente. A inoculação não exerceu efeitos significativos sobre nenhuma das variáveis ($P>0,05$) (Tabela 1), enquanto os níveis de reposição hídrica foram significativos para a proporção de 100% da capacidade hídrica.

Tabela 1-Efeito da aplicação de *B.aryabhattai* via tratamento de sementes de milho no período de emergência.

Inoculação	CR	MFR	MSR	MFF	MSF	TCR
S.I.	28,0a	6,25a	0,5165a	3,0a	0,2080a	0,5476a
<i>Bacillus a.</i>	22,9a	8,45a	0,6046a	3,6a	0,2275a	0,5452a
P-value	0,4673 ^{NS}	0,2895 ^{NS}	0,7153 ^{NS}	0,4927 ^{NS}	0,7471 ^{NS}	0,9872 ^{NS}

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (teste T de *Student*, $p < 0,05$ Nota: **Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{NS}Não Significativo; Comprimento de raiz (CR); Massa fresca de raiz (MFR); Massa seca de raiz (MSR); Massa fresca de folha (MFF); Massa seca de folha (MSF) e taxa de crescimento relativo (TCR).

Os resultados apresentados na Tabela 1 demonstram que a inoculação das sementes de milho com *Bacillus aryabhattai* não promoveu diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) para nenhuma das variáveis analisadas: comprimento de raiz (CR), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), massa fresca de folha (MFF), massa seca de folha (MSF) e taxa de crescimento relativo (TCR). Apesar disso, é possível observar tendências nos valores médios que indicam efeitos fisiológicos sutis do microrganismo sobre o desenvolvimento inicial das plantas.

No caso da massa fresca de raiz (MFR) e da massa seca de raiz (MSR), as plantas inoculadas com *B. aryabhattai* apresentaram valores médios mais elevados (8,45 g e 0,6046 g, respectivamente) em comparação ao controle não inoculado (6,25 g e 0,5165 g). Esses resultados sugerem que a presença da bactéria pode favorecer o acúmulo de biomassa radicular, possivelmente por estimular a absorção de nutrientes ou a produção de fitormônios, como auxinas, que estão associados ao crescimento de raízes. Esses resultados representam um aumento de aproximadamente 35,2% na MFR e 17,1% na MSR, evidenciando o efeito positivo da inoculação na promoção do crescimento radicular das plantas. Como observado também por Kavamura et al (2013) em estudo com *Bacillus* de cactáceas em resposta ao crescimento do milho.

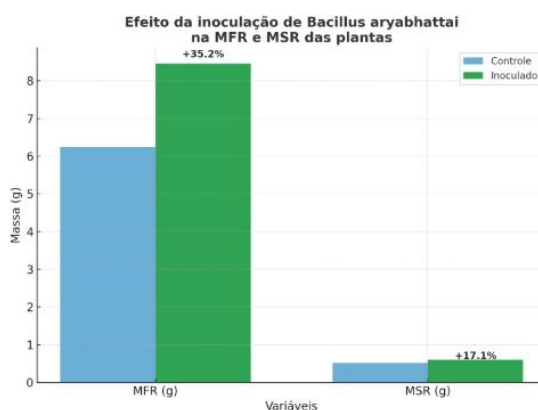


Gráfico 1-Efeito da inoculação de *Bacillus aryabhattai* na MFR e MSR

Fonte: Autora

Por outro lado, o comprimento de raiz (CR) foi ligeiramente maior nas plantas não inoculadas (28,0 cm) em comparação às inoculadas (22,9 cm) correspondendo a uma redução de aproximadamente 18% no CR das plantas inoculadas em relação às não inoculadas. Esse comportamento pode indicar que, na fase inicial do desenvolvimento, a planta prioriza o aumento de biomassa radicular em detrimento da elongação, possivelmente como resposta à interação com o microrganismo. Como pode ser observado na figura a raiz da planta inoculada foi mais alongada enquanto as da planta inoculada teve uma maior massa.



Figura 10-Raiz sem inoculação (A), com inoculação (B)

Fonte: Arquivo pessoal

Em relação à massa fresca e seca de folha (MFF e MSF), os valores também foram ligeiramente superiores nas plantas inoculadas, embora as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas. A taxa de crescimento relativo (TCR) manteve-se praticamente igual entre os tratamentos (0,5476 para controle e 0,5452 para inoculado) um valor inferior a 1% de diferença.

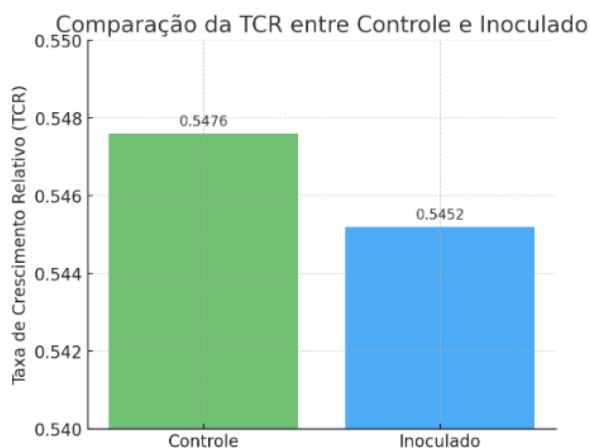


Gráfico 2- Comparação da TCR entre inoculado e não inoculado

Fonte: Autora

A ausência de diferenças significativas pode estar relacionada a alguns fatores, como o curto período de avaliação (fase inicial da emergência), o que pode não ser suficiente para observar impactos mais expressivos, disponibilidade hídrica, que podem influenciar a colonização radicular e a atividade da bactéria necessitando avaliar outras CC. Outro fator é a variedade de milho utilizada, que pode apresentar diferentes respostas ao microrganismo.

Apesar da ausência de significância estatística, os resultados são promissores e sugerem que o *B. aryabhattai* pode atuar como promotor de crescimento de plantas, principalmente em relação ao incremento da biomassa radicular. Estudos com maior tempo de acompanhamento e diferentes níveis de estresse hídrico podem elucidar melhor os benefícios da inoculação bacteriana.

Tabela 2 demonstra o impacto da inoculação com *Bacillus aryabhattai* associada a diferentes níveis de irrigação (25, 50, 75 e 100%) da necessidade real de água sobre os parâmetros de crescimento inicial do milho. Os resultados evidenciam diferenças significativas ($p < 0,001$) em todas as variáveis avaliadas: comprimento de raiz (CR), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), massa fresca de folha (MFF), massa seca de folha (MSF) e taxa de crescimento relativo (TCR).

Tabela 2-Parâmetros de crescimento inicial de milho sob estresse hídrico e inoculação com *Bacillus aryabhattai*

N.R.H.	CR	MFR	MSR	MFF	MSF	TCR
25	5,80b	0,2b	0,02b	0,5b	0,02b	0,08b
50	19,40b	3,7b	0,16b	1,7b	0,09b	0,49b
75	25,60b	5,5b	0,42b	3,0b	0,18b	0,50b
100	51,05a	20,0a	1,62a	8,0a	0,56a	1,11a
P-value	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo teste T de Student.

Nota: **Significativo a 1%; *Significativo a 5%; ^{NS}Não Significativo. Comprimento de raiz (CR); Massa fresca de raiz (MFR; Massa seca de raiz (MSR); Massa fresca de folha (MFF); Massa seca de folha (MSF) e taxa de crescimento relativo (TCR).

Observou-se um aumento expressivo no comprimento de raiz (CR) com o incremento da disponibilidade hídrica. As plantas sob irrigação plena (100%) apresentaram o maior CR (51,05 cm), diferindo significativamente de todos os outros tratamentos. Nos níveis de déficit hídrico severo (25% N.R.H.), o CR reduziu drasticamente para apenas 5,80 cm, cerca de 89% menor do que nas plantas irrigadas plenamente, indicando forte comprometimento do desenvolvimento radicular. Esse comportamento demonstra que, quando a planta dispõe de boa disponibilidade de água, ocorre alongação celular e crescimento das raízes. Esses resultados estão de acordo com Kumar et al. (2021), que demonstraram que espécies de *Bacillus* podem atuar como promotores de crescimento vegetal, especialmente em ambientes com disponibilidade hídrica satisfatória, evidenciando que, com água suficiente, o desenvolvimento radicular é satisfatório mesmo sem a utilização da bactéria.



Figura 11-Medição para avaliação do crescimento relativo

Fonte: Arquivo pessoal

Os maiores valores médios de MFR e MSR foram observados sob irrigação plena (20,0 g de MFR e 1,62 g de MSR), seguidos pelos tratamentos de 75% N.R.H. (5,5 g e 0,42 g, respectivamente). A restrição hídrica severa (25% N.R.H.) resultou nos menores valores (0,2 g e 0,02 g), evidenciando que o déficit hídrico limitou a absorção de água e nutrientes. O que gerou a morte da plântula logo nos primeiros dias após a emergência.

A inoculação com *B. aryabhatai* provavelmente favoreceu o desenvolvimento radicular, permitindo melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis. Resultados semelhantes foram reportados por Singh et al. (2020), que demonstraram que bactérias promotoras de crescimento vegetal aumentam a biomassa radicular e melhoram a tolerância ao estresse hídrico.

A produção de biomassa foliar também foi significativamente influenciada pela disponibilidade de água. No tratamento com 100%, as plantas apresentaram maior MFF (8,0 g) e MSF (0,56 g), enquanto nos níveis de restrição hídrica severa (25% N.R.H.) os valores foram de apenas 0,5 g e 0,02 g, respectivamente.

Esse resultado indica que o estresse hídrico comprometeu a fotossíntese, o enchimento celular e a expansão foliar, impactando diretamente o acúmulo de biomassa. A TCR seguiu o mesmo padrão observado para as demais variáveis. Sob irrigação plena, o valor foi de 1,11, significativamente maior que nos tratamentos de 25% N.R.H. (0,08) e 50% N.R.H. (0,49). Isso indica que o crescimento do milho é fortemente dependente da disponibilidade hídrica, mas a presença de *B. aryabhatai* contribuiu para atenuar parcialmente os efeitos negativos da restrição de água, principalmente nos níveis intermediários (50% e 75% N.R.H.).



Figura 12- Emergência tardia de plântula

Fonte: Arquivo pessoal

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÕES

Nas condições de CC a inoculação de *Bacillus aryabhattai* em sementes de milho (*Zea mays* L.) híbrido 20A38 VIP3 não foi capaz de promover crescimento com diferença significativa. Porém ao observar o crescimento de folhas e massa da raiz a inoculação com *Bacillus aryabhattai* mostrou potencial para promover o crescimento inicial do milho, especialmente sob estresse hídrico, aumentando biomassa e taxa de crescimento relativo. Em condições sem déficit hídrico, os efeitos foram discretos, mas tendências positivas na biomassa indicam benefícios no crescimento vegetativo. Esses resultados sugerem que a bactéria pode contribuir para a mitigação do estresse hídrico e o manejo sustentável da cultura. Estudos adicionais são necessários para avaliar os efeitos a longo prazo, em diferentes genótipos de milho, níveis de estresse e sistemas de manejo, a fim de consolidar o uso da bactéria como tecnologia de apoio à produção agrícola.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AP News. (2024). *Earth lost 2,000 gigatonnes of water in 20 years, study shows*. Disponível em: <https://apnews.com> Acesso em 12 de agosto de 2025
- ARAÚJO JÚNIOR, G.N et al. Estresse hídrico em plantas forrageiras: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 1, p. e11910111651, 2021.
- BALARDIN, R.S.; SILVA, F.D.L.; DEBONA, D.; CORTE, G.D.; FAVERA, D.D.; TORMEN, N.R. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. *Ciência Rural*, v.41, n.7, p.1120- 1126, 2011.
- BERGAMASCHI, H. et al. Déficit hídrico e produtividade do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.9, p.831-840, 2004.
- CASTELO-SOUZA, H. C. De et al. *Bacillus aryabhattai mitigates the effects of salt and water stress on the agronomic performance of maize under an agroecological system*. *Agriculture*, v. 13, n. 6, p. 1150, 2023.
- DENG, Chao et al. Mecanismos de interações mediadas por ROS entre *Bacillus aryabhattai* LAD e raízes de milho para promover o crescimento das plantas. *Microbiologia BMC*, v. 24, n. 1, p. 327, 2024.
- DUARTE, A. P. et al. Impacto do déficit hídrico em fases fenológicas do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.21, p.1-14, 2022.
- Embrapa 2021. Disponível em [Bactéria encontrada no mandacaru vira bioproduto que promove tolerância à seca em plantas - Portal Embrapa](#) (Acesso em 10 de fevereiro de 2025)
- Embrapa 2021. Disponível em [Rizobactérias - Portal Embrapa](#) (Acesso em 15 de agosto de 2025)
- EMBRAPA. Milho: informações técnicas. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2021.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. *Produção de milho*. 3. ed. Piracicaba: FEALQ, 2021.
- FAROOQ, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S. M. A. (2009). *Plant drought stress: effects, mechanisms and management*. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(1), 185–212. <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>

GITZ, V.; MEYBECK, A.; LIPPER, L.; YOUNG, C. D.; BRAATZ, S. Climate change and food security: risks and responses. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Report, v. 110, p. 2-4, 2016. Disponível em: https://ciheam.org/uploads/attachments/250/06_Meybeck_WL_37.pdf. Acesso em: 01 agosto 2025.

KAVAMURA VN, SANTOS SN, SILVA JL, PARMA MM, ÁVILA LA, VISCONTI A, ZUCCHI TD, Taketani RG, Andreote FD, and Melo IS. 2013. Screening of Brazilian cacti rhizobacteria for plant growth promotion under drought. *Microbiol Res* 168:183–191.

KHATUN, M.; SARKAR, S.; ERA, F. M.; ISLAM, A. M.; ANWAR, M. P.; FAHAD, S.; ISLAM, A. A. Drought stress in grain legumes: Effects, tolerance mechanisms and management. *Agronomy*, v. 11, n. 12, p. 2374, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11122374>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/12/2374>. Acesso em: 20 agos. 2025.

MARTINS FILHO, J. B. Modelagem da demanda hídrica atual e futura da cultura da soja em Goiás utilizando produtos de sensoriamento remoto. 2025. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2025.

MAY, A. et al. Induction of drought tolerance by inoculation of *Bacillus aryabhata* in sugarcane seedlings. *Cientifica*, v. 47, n. 4, p. 400, 2019. <https://cientifica.dracena.unesp.br/index.php/cientifica/article/view/1258>. Acesso em: 22 de agosto 2025.

MELO, J. de et al. Rizobactérias e tolerância ao estresse hídrico em milho. *Revista de Ciências Agrárias*, v.42, p.65-74, 2019.

MELO, R. de S. et al. *Growth promotion in maize (Zea mays L.) by Bacillus aryabhatai: mechanisms such as exopolysaccharide production, biofilm formation, and accumulation of organic solutes*. Embrapa, 2023.

MUN, Bong-Gyu et al. O PGPR *Bacillus aryabhatai* promove o crescimento da soja por meio da manutenção de nutrientes e clorofila e da produção de ácido butanóico. *Fronteiras na Ciência das Plantas*, v. 15, p. 1341993, 2024.

OLIVEIRA, S. L. ; FERREIRA, J. S. ; BRANDAO, M. H. ; MOREIRA, A. C. S. ; CUNHA, W. V.. Efeito da aplicação de *Bacillus aryabhattai* no crescimento inicial do feijoeiro sob diferentes capacidades de campo. Revista do COMEIA, v. 2, p. 6-12, 2020.

SANDINI, I. E.; PACENTCHUK, F.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; da CRUZ, S. P.; NAKATANI, A. S.; ARAUJO, R. S. Seed Inoculation with *Pseudomonas 63 fluorescens* Promotes Growth, Yield and Reduces Nitrogen Application in Maize. 2019. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/feijao_2011_12.pdf. Acesso em: 13 agosto 2025. DOI: 10.17957/IJAB/15.1210.

SANGOI, L. et al. Ecofisiologia do milho. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J.C.C.; PIMENTEL, M.A. (Org.). *Milho: do plantio à colheita*. Viçosa: UFV, 2020.

SANTOS, J. P. dos. Inoculação de *Bacillus aryabhattai* em diferentes doses no feijão comum submetidos a regimes hídricos. 2025. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2025.

SANTOS, M. M. Efeitos das bactérias *Bradyrhizobium elkanii* e *Bacillus aryabhattai* no crescimento e desenvolvimento de soja (*Glycine max*) em condições de restrição hídrica. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado – Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2024.

SCIENCE. (2025). *Global increase in multi-year megadroughts threatens ecosystems and food security*.

SILVA, Juliana Miranda et al. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO *BACILLUS ARYABHATTAI* EM MITIGAR O ESTRESSE HÍDRICO NA CULTURA DA SOJA. 2025.

TAIZ, L. et al. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

UFSC. (2024). *Mudança climática foi principal causa da seca histórica na Amazônia*. Disponível em: <https://noticias.ufsc.br> (Acesso em 12 de agosto de 2025)