UNIGUAÇU – UNIÃO DE ENSINO SUPERIOR DO IGUAÇU LTDA
FACULDADE UNIGUAÇU
ENGENHARIA AGRONÔMICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

WESLEY HENRIQUE MOTTA DOS SANTOS

DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO SUBMETIDO A TRATAMENTO COM BIOESTIMULANTE A BASE DE *Bacillus aryabhattai* MEDIANTE AO ESTRESSE HÍDRICO

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU - PR
2025

WESLEY HENRIQUE MOTTA DOS SANTOS

DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO SUBMETIDO A TRATAMENTO COM BIOESTIMULANTE A BASE DE *Bacillus aryabhattai* MEDIANTE AO ESTRESSE HÍDRICO

Projeto de pesquisa apresentado como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia Agronômica da Faculdade UNIGUAÇU.
Orientador: Fernando Roberto Cologni.

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU - PR

2025

4.0 Internacional

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

TERMO DE APROVAÇÃO

WESLEY HENRIQUE MOTTA DOS SANTOS

DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO SUBMETIDO A TRATAMENTO COM BIOESTIMULANTE A BASE DE *Bacillus aryabhattai* MEDIANTE AO ESTRESSE HÍDRICO

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agronômica apresentado, sob a orientação do professor Esp. Fernando Roberto Cologni, aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel no curso de Engenharia Agronômica da Faculdade UNIGUAÇU, pela seguinte banca examinadora:

_____
Professor Orientador Esp. Fernando Roberto Cologni

Faculdade UNIGUAÇU

_____
Professor Dr. Herivelto Beck
Faculdade UNIGUAÇU

_____
Professora Esp. Thais Engel
Faculdade UNIGUAÇU

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU, 01 DE NOVEMBRO DE 2025.

A folha devidamente assinada está sob guarda do sistema de protocolo.

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus, por me conceder sabedoria, força e saúde para superar todos os desafios ao longo desta jornada acadêmica. Sem Sua presença e graça, nada disso seria possível.

Aos meus pais, Eziquiel e Andreia, pelo amor incondicional, pelo apoio em todos os momentos e por me ensinarem, com exemplo e dedicação, o verdadeiro valor do trabalho e da perseverança.

Ao meu professor orientador, Esp. Fernando Roberto Cologni, pela orientação, paciência e pelos valiosos ensinamentos transmitidos durante a realização deste trabalho, que contribuíram de forma significativa para minha formação profissional e pessoal.

A Lar Cooperativa Agroindustrial na pessoa do Eng. Agrônomo e gestor Emerson Marcolin, pela atenção, disponibilidade e contribuição técnica, essenciais para o desenvolvimento deste estudo, e ao LAS na pessoa do Andres Ricardo Martins e Vanderson Eliabe Raffel, pelo apoio e por ceder o espaço necessário para a condução do experimento, demonstrando compromisso com o desenvolvimento técnico e científico da agricultura.

As empresas Brevant® e NOOA®, nas pessoas do João e Marcelo respectivamente, que disponibilizaram os insumos para a realização deste experimento.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho, deixo aqui o meu sincero agradecimento.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo e radicular da cultura do milho (*Zea mays* L.) submetida a condições de estresse hídrico e tratada com bioestimulante à base de *Bacillus aryabhattai*. O milho é uma das principais culturas agrícolas de relevância econômica e social no Brasil, amplamente cultivado na região Oeste do Paraná, onde as oscilações pluviométricas e os períodos de déficit hídrico configuram fatores limitantes à produtividade. Nesse contexto, a utilização de microrganismos promotores de crescimento vegetal (MPCVs) apresenta-se como uma alternativa tecnológica promissora para mitigar os efeitos adversos da restrição hídrica, favorecendo o desempenho fisiológico das plantas e contribuindo para a sustentabilidade produtiva. O experimento foi conduzido em estufa agrícola na empresa Lar Cooperativa Agroindustrial, adotando delineamento em blocos casualizados (DBC) com três tratamentos e sete repetições. As unidades experimentais foram constituídas por vasos de polipropileno com capacidade de sete litros, preenchidos com substrato composto por 70% de solo agricultável e 30% de areia. O híbrido utilizado foi o B2702VYHR, sendo avaliados parâmetros de crescimento vegetativo, desenvolvimento radicular e tolerância ao estresse hídrico. Os resultados evidenciaram que o tratamento com *Bacillus aryabhattai* sob dose de 4 mL kg^{-1} de sementes promoveu incremento no sistema radicular, maior eficiência na absorção de água e manutenção do vigor vegetativo sob condições de estresse, demonstrando sua eficácia na mitigação dos efeitos do déficit hídrico. Conclui-se que o uso desse microrganismo como bioestimulante representa uma alternativa sustentável e eficiente para aprimorar o desempenho fisiológico e agronômico da cultura do milho em diferentes condições de disponibilidade hídrica.

Palavras-chaves: Bactéria. Produtividade. Escassez hídrica.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the vegetative and root development of corn (*Zea mays L.*) subjected to water stress conditions and treated with a biostimulant based on *Bacillus aryabhattai*. Corn is one of the main agricultural crops of economic and social importance in Brazil, widely cultivated in the western region of Paraná, where rainfall fluctuations and periods of water deficit constitute limiting factors to productivity. In this context, the use of plant growth-promoting microorganisms (PGMs) presents itself as a promising technological alternative to mitigate the adverse effects of water restriction, favoring the physiological performance of plants and contributing to productive sustainability. The experiment was conducted in an agricultural greenhouse at Lar Cooperativa Agroindustrial, adopting a randomized block design (RBD) with three treatments and seven replicates. The experimental units consisted of polypropylene pots with a capacity of seven liters, filled with substrate composed of 70% arable soil and 30% sand. The hybrid used was B2702VYHR, and parameters of vegetative growth, root development and tolerance to water stress were evaluated. The results showed that treatment with *Bacillus aryabhattai* at a dose of 4 mL kg^{-1} of seeds promoted an increase in the root system, greater efficiency in water absorption, and maintenance of vegetative vigor under stress conditions, demonstrating its effectiveness in mitigating the effects of water deficit. It is concluded that the use of this microorganism as a biostimulant represents a sustainable and efficient alternative to improve the physiological and agronomic performance of maize under different water availability conditions.

Keywords: Bacteria. Productivity. Water scarcity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vasos preenchidos com substrato 19
Figura 2 - Porção de sementes separadas para o tratamento 19
Figura 3 - Tratamento de forma manual 20
Figura 4Figura 4 - Dosagem de AURAS® 2,5 mL 20
Figura 5 - Dosagem de água 21
Figura 6 - Jarro utilizado para irrigação 22
Figura 7 - Separação da dosagem de adubo 23
Figura 8 - Vasos com plântulas de milho 24
Figura 9 - Vasos com plantas de milho após raleio 24
Figura 10 - Coleta de diâmetro de colmo com auxílio de um paquímetro 25
Figura 11 - Coleta de altura de planta com auxílio de uma fita métrica 26
Figura 12 - Ilustração do comprimento de raiz 26
Figura 13 - Coleta de volume de raiz com auxílio de uma proveta 27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Caracterização química do substrato utilizado no experimento 22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estádios Vegetativos e Reprodutivos da Planta de Milho 14
Tabela 2 - Comparação de médias pelo teste Tukey (5% de probabilidade) para os caracteres altura da planta (AP) e diâmetro do colmo (DC) avaliados no milho variedade B2702VYHR, submetida ao tratamento de sementes com *Bacillus aryabhattai* sob estresse hídrico.....28
Tabela 3 - Comparação de médias para os caracteres volume de raiz (VR) e comprimento de raiz (CR) avaliados no milho variedade B2702VYHR, submetida ao tratamento de sementes com *Bacillus aryabhattai* sob estresse hídrico 29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
2 JUSTIFICATIVA 12
3 OBJETIVOS 13
3.1 OBJETIVO GERAL 13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 13
4 REVISÃO DE LITERATURA 14
4.1 CULTURA DO MILHO 14
4.2 BIOESTIMULANTE A BASE DE *Bacillus aryabhattai* 15
4.3 ESTRESSE HÍDRICO NO MILHO 16
5 MATERIAL E MÉTODOS 18
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL 18
5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL 18
5.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO 18
5.4 COLETA DE DADOS E ANÁLISE 25
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 28
7 CONCLUSÃO 32
REFERÊNCIAS 33

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho é cultivada a mais de 8 mil anos em diversas partes do mundo, por ser adaptável em diversas altitudes e diversos climas (Bergamashi e Matzenauer, 2014). Economicamente, é uma das principais culturas do mundo, tendo um alto valor nutritivo, sendo uma importante fonte de alimentação humana e animal, e matéria prima para diversos produtos (Galvão *et al*., 2014).

Apesar de ser uma das culturas com mais importância econômica no mundo, o milho apresenta produtividade instável, devido a inúmeros fatores que interferem em seu rendimento, e um dos exemplos mais frequentes é o clima (Kozlowski, 2002).

Com intuito de elevar a produtividade, o uso de produtos biológicos vem ganhando espaço no mercado de insumos. Os Bioestimulantes a base de bactérias do gênero B*acillus*, destacam-se pelo estímulo do desenvolvimento vegetativo, fazendo com que o sistema radicular da planta se desenvolva mesmo estando sob estresse hídrico (Sandini *et al*., 2019).

Proveniente do mandacaru (*Cereus jamacaru*), cacto da região da Caatinga (Barbosa, 2023), a bactéria *Bacillus aryabhattai* foi isolada e estudada pela primeira vez em 2009 (Bhattacharyya *et al.,* 2017), e vem sendo utilizada como principal composição de bioestimulante de desenvolvimento nas culturas de soja e milho, destacando-se efetivamente no crescimento da planta sob estresse hídrico (Kavamura, 2012).

Além disso apresenta um destaque na adaptabilidade a diferentes ambientes, onde muitas vezes são desfavoráveis a outras bactérias. Também é capaz de colonizar rapidamente o sistema radicular das principais culturas agrícolas (Deng *et al.,* 2022;). Este *Bacillus,* também apresenta um funcionamento eficaz em disponibilizar macro e micronutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, como potássio e o fósforo, zinco e ferro (Song *et al.,*2022).

Durante todo o ciclo, as plantas passam por vários estresses ambientais comuns, e um dos mais limitantes é a falta de água, denominado estresse hídrico, que afeta significativamente a produtividade das culturas, sendo um grande problema para a agricultura (Monteiro; Sousa, 2023).

A seca afeta diferentes partes da planta (Clemente, 2017). Para as plantas resistirem ao estresse hídrico, utilizam diferentes métodos, como por exemplo,

produzem hormônios do estresse, como etileno e ácido abacisco, e conjuntamente efetuam mudanças em seu sistema radicular e também em seu caule (Ahmad *et al.,* 2019).

Outra ação que acontece, é o fechamento dos estômatos como mecanismo de defesa, para reduzir a transpiração, causando murchamento das folhas. Essa é uma forma de proteção da planta, para evitar sua senescência (Silva *et al.*, 2023).

É de grande importância, que sejam desenvolvidos métodos que consigam elevar a tolerância das plantas ao estresse hídrico, para que a planta se desenvolva e alcance uma produção significativa. Simultaneamente, pesquisas são realizadas para desenvolver tecnologias sustentáveis para favorecer o desenvolvimento das culturas (Xiuyun *et al.,* 2023).

2 JUSTIFICATIVA

A cultura do milho é uma das mais importantes no Brasil, sendo essencial para a alimentação humana e animal, além de ser matéria-prima para diversos produtos industriais. No entanto, o cultivo do milho é sensível ao estresse hídrico, que pode reduzir significativamente a produtividade, especialmente em regiões com chuvas irregulares ou secas prolongadas.

Diante desse desafio, o uso de bioestimulantes à base de *Bacillus aryabhattai* surge como uma alternativa para reduzir os efeitos negativos do estresse hídrico. Essa bactéria tem mostrado potencial em melhorar a resistência das plantas, promovendo um melhor desenvolvimento das raízes e aumentando a absorção de água e nutrientes, mesmo em condições adversas.

Este estudo se justifica pela necessidade de buscar soluções sustentáveis que possam melhorar o desempenho do milho em ambientes de estresse hídrico, contribuindo para a segurança alimentar e para a eficiência produtiva do setor agrícola considerando que a região oeste do Paraná possui um papel importante na produção de grãos de milho, e na transformação do mesmo em proteína animal. Além disso, o uso de bioestimulantes pode reduzir a dependência de insumos químicos, favorecendo uma agricultura mais equilibrada e respeitosa ao meio ambiente.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os efeitos do tratamento de sementes com bioestimulante à base de *Bacillus aryabhattai* no desenvolvimento da cultura do milho sob condições de estresse hídrico.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Avaliar o impacto do bioestimulante à base de *Bacillus aryabhattai* no desenvolvimento radicular da cultura do milho.
b) Avaliar o desempenho das plantas sob condições de estresse hídrico.
c) Verificar a influência do bioestimulante no crescimento vegetativo da cultura, diâmetro de colmo e altura da planta, sob estresse hídrico.
d) Analisar se existe sinergia entre o microrganismo do bioestimulante e a cultivar de milho utilizada na pesquisa.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é um vegetal pertencente à família Gramineae/Poaceae, originário do Teosinto (*Zea mays*), cultivado a mais de 8 mil anos em diversas partes do mundo devido a sua alta adaptabilidade a altitude e diferentes climas (Barros e Calado, 2014). É um cereal considerado economicamente fundamental mundialmente, devido ao seu valor nutritivo elevado, com importante fonte de alimentação humana e animal, e também como fonte de matéria-prima em indústrias para produção de bebidas, combustíveis, polímeros, etc. (Galvão *et al*., 2014).

Mesmo sendo uma das culturas de elevada importância econômica no mundo, o milho apresenta produtividade instável, devido a inúmeros fatores que interferem em seu rendimento, e um dos exemplos mais frequentes é o clima (Kozlowski, 2002).

Seu sistema radicular é fasciculado, com potencial de desenvolvimento elevado, desde que se encontre em condições de solo e clima propícios para seu crescimento. Na germinação, a parte do embrião dará origem as raízes primárias, desenvolvendo-se de maneira vertical, logo após ocorre o aparecimento de raízes secundárias, e por último surgem raízes adventícias, que se originam nos primeiros nós do colmo da planta as quais tem como principal função dar sustentação a planta, realizando melhor fixação da mesma no solo (Galvão *et al*., 2014).

Os estádios fenológicos da cultura são divididos em vegetativo e reprodutivo, conforme demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Estádios Vegetativos e Reprodutivos da Planta de Milho

Estádios Vegetativos	Estádios Reprodutivos
VE- Emergência	R1 – Florescimento
V1 - Primeira Folha	R2 - Grão Leitoso
V2 - Segunda Folha	R3 - Grão Pastoso
V3, V4, V5 ...	R4 - Grão Farináceo
VT – Pendoamento	R5 - Grão farináceo -duro
	R6 - Maturidade Fisiológica

Fonte: Ritchie, Hanway e Benson (2003).

4.2 BIOESTIMULANTE A BASE DE *Bacillus aryabhattai*

Bioestimulantes a base de B*acillus*, destacam-se pelo estímulo de desenvolvimento vegetal, e seu uso vem auxiliando com maior frequência produtores rurais, o principal benefício é auxiliar no desenvolvimento das plantas, fazendo com que o sistema radicular da planta se desenvolva mesmo estando sob estresse hídrico (Soares, *et al.,* 2021).

O *Bacillus aryabhattai* foi isolado pela primeira vez em 2009 (Subramanian *et al.,* 2021), é uma bactéria gram positiva, em formato de bastonete, sua formação é em forma de endósporos com colônias de 5 a 8 mm de diâmetro, (Lee *et al.,* 2012). Proveniente do mandacaru (*Cereus jamacaru*), cacto da região da Caatinga (Barbosa, 2023), no Brasil está bactéria vem sendo utilizada para a promoção do crescimento da cultura do milho sob estresse hídrico, devido a sua capacidade de formação de um biofilme e consequentemente a formação de exopolissacarídeos, que auxiliam na proteção da planta contra o impacto da falta de água (Kavamura, 2012).

A utilização desta bactéria na agricultura está em constante crescimento, por ser de fácil adaptação em diferentes ambientes, onde muitas vezes são desfavoráveis a outras bactérias. Além disso, é capaz de colonizar rapidamente o sistema radicular das principais culturas agrícolas (Deng *et al.,* 2022).

Quando colocado em conjunto com as plantas o *Bacillus aryabhattai* consegue auxiliar na elevação da taxa de transcrição de RNA ligado a expressão de diversos genes que são responsáveis pela produção de enzimas importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Outros benefícios que promovem o crescimento das plantas e podem ser produzidos ou influenciados pelo *Bacillus aryabhattai* são os ácidos orgânicos e os hormônios vegetais, assim como o ácido oxálico, malônico, cítrico e o succínico, que são produzidos em quantidades significativas de forma a auxiliar a nutrição da planta (Walker *et al.,* 2021).

Este *B. aryabhattai,* apresenta um funcionamento eficaz em disponibilizar macro e micronutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, como potássio e o fósforo, zinco e ferro (Song *et al.,* 2022).

4.3 ESTRESSE HÍDRICO NO MILHO

As plantas passam por diferentes estresses ambientais ao longo de seu ciclo, e muitos são comuns de acontecer na agricultura. Na botânica, o estresse é visto como um desvio importante de condições normais para a planta, tendo como resultado, mudanças em seu organismo. Dentre muitos fatores que limitam o potencial produtivo de uma cultura, o estresse hídrico destaca-se como um dos principais (Monteiro; Sousa, 2023).

O conceito de estresse hídrico está relacionado a falta de água no solo, que deveria estar disponível para as plantas, limitando a adsorção de nutrientes pelo sistema radicular, e afetando o desenvolvimento das plantas. Como consequência ocorre a inibição de processos importantes, como a fotossíntese e crescimento radicular.

A seca é um estresse que afeta diferentes funcionalidades dentro da planta, e é de difícil monitoramento, recorrente e normalmente não se limita a apenas uma região ou determinado período (Lee, 2013). Para as plantas resistirem à falta de água, utilizam distintos métodos para passarem por este estresse, produzem hormônios do estresse, como etileno e ácido abacisco, e conjuntamente efetuam mudanças em seu sistema radicular e em seu caule (Bhattacharyy *et al.,* 2017). O fechamento dos estômatos também acontece como um mecanismo de defesa, para que a transpiração seja reduzida, causando murchamento das folhas e ser “encartuchamento”, estas são formas de proteção da planta, buscando evitar que ocorra a sua morte (Silva *et al*., 2023).

É de extrema importância que seja realizada a utilização e desenvolvimento de métodos que consigam elevar os níveis de resistência das plantas à seca, deixando com que a planta se desenvolva e realize a produção de grãos durante o período da safra. Diversas são as pesquisas que estão acontecendo simultaneamente para desenvolver tecnologias e práticas agrícolas sustentáveis, para o ambiente e também para o agricultor, que estão favorecendo o desenvolvimento da cultura (Adnan *et al.,* 2023).

A transpiração das plantas é alterada pela radiação solar, umidade relativa do ar, ventos, temperatura do ar e do solo e a quantidade de água que se encontra disponível no solo para a planta (Silva, 2021).

Microrganismos benéficos no solo são de elevada importância, e estas devem estar disponíveis no solo favorecendo assim o desenvolvimento das plantas (Silva *et al.,* 2023). Porém para que estes microrganismos realmente sejam eficientes a solo deve estar com condições de cultivo, e não com problemas de compactação, praga e/ou doenças de solo (Coelho *et al.,* 2023).

Os microrganismos são influenciadores no crescimento e na morfologia das plantas, e por sua consequência o acréscimo da produtividade. É necessário ser realizado a proteção das plantas de forma preventiva com microrganismos disponíveis, aumentando assim a tolerância para estresses hídricos e altas temperaturas, visto que estamos passando por alterações climáticas significativas nas últimas décadas (Crosino; Genre*.,* 2022). Segundo Silva (2023) quando a planta de milho é inoculada com o *B. aryabhattai*, pode ocorrer um incremento na produtividade.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido entre os meses de março e maio de 2025, em estufa agrícola vinculada ao Laboratório de Análises de Sementes (LAS) da Lar Cooperativa Agroindustrial, localizada no município de Medianeira – PR, na Avenida 24 de Outubro, nº 59, área industrial. O local do estudo apresenta coordenadas geográficas de 25°16’31,5’’ S e 54°04’01,3’’ W, com altitude média de 420 metros acima do nível do mar.

5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), composto por três tratamentos e sete repetições, totalizando 21 unidades experimentais. Os tratamentos foram realizados da seguinte forma: T1 – testemunha (sem inoculação), T2 – sementes tratadas com *Bacillus aryabhattai* e submetidas à irrigação adequada, e T3 – sementes tratadas com *Bacillus aryabhattai* sob condição de estresse hídrico.

O tratamento das sementes foi realizado utilizando o bioestimulante à base de *Bacillus aryabhattai* na dose de 4 mL kg^{-1} de sementes, diluído em 4 mL de água destilada, visando assegurar a homogeneidade na distribuição do produto sobre as sementes. O híbrido de milho utilizado foi o B2702VYHR, classificado como superprecoce, com ciclo médio de aproximadamente 60 dias após a emergência (DAE).

5.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Os vasos foram preenchidos com um volume de 6,5 quilos de substrato composto por 70% de latossolo vermelho, misturado com 30% de areia, para facilitar a limpeza das raízes (Figura 1).

Figura 1 - Vasos preenchidos com substrato



Fonte: Autor, 2025.

Foi separada uma amostra de aproximadamente 625 g de sementes do híbrido B2702VYHR (Figura 2), as quais foram submetidas ao tratamento manual.

Figura 2 - Porção de sementes separadas para o tratamento



Fonte: Autor, 2025.

O procedimento foi realizado em saco plástico resistente (Figura 3), utilizado como recipiente para o tratamento de sementes, assegurando condições adequadas

de mistura, evitando perdas de produto e garantindo a homogeneização uniforme do bioativador sobre a superfície das sementes.

Figura 3 - Tratamento de forma manual



Fonte: Autor, 2025.

Foram adicionadas as sementes juntamente com 2,5 mL do bioativador AURAS® (Figura 4), contendo microrganismos benéficos promotores de crescimento vegetal, visando favorecer a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas.

Figura 4Figura 4 - Dosagem de AURAS® 2,5 mL



Fonte: Autor, 2025.

Foram acrescentadas 2,5 mL de água (Figura 5), utilizada como veículo para diluição e melhor aderência do produto às sementes. A homogeneização foi realizada por meio de agitação manual leve e contínua durante aproximadamente 3 minutos, garantindo a cobertura uniforme das sementes e a adequada distribuição do bioativador na superfície das sementes, condição essencial para a eficiência do tratamento e posterior desempenho fisiológico das plantas.

Figura 5 - Dosagem de água



Fonte: Autor, 2025.

A irrigação dos tratamentos foram conduzidas conforme o manejo hídrico estabelecido para o experimento. O tratamento T1 (testemunha) recebeu 1.060 mL de água a cada 15 dias, volume correspondente a uma lâmina de irrigação de aproximadamente 20 mm. O tratamento T2 foi irrigado com 1.060 mL de água à cada 2 dias, simulando uma lâmina de 20 mm por aplicação, enquanto o tratamento T3 recebeu 1.060 mL à cada 15 dias, representando igualmente uma precipitação de 20 mm, de acordo com a necessidade hídrica das plantas, conforme metodologia proposta por Nakatani (2024). Para o controle do volume aplicado, utilizou-se um jarro transparente graduado em mililitros (Figura 6).

Figura 6 - Jarro utilizado para irrigação



Fonte: Autor, 2025.

O plantio foi conduzido em vasos plásticos com dimensões de 26 cm de diâmetro e 25 cm de altura, preenchidos com substrato composto por Latossolo Vermelho misturado com areia, conforme proporção utilizada para garantir adequada aeração e drenagem (Quadro 1). A adubação de base foi realizada com fertilizante formulado NPK 13-10-10, na dose equivalente a 800 kg ha^{-1}, determinada com base na interpretação da análise química do solo. A semeadura foi efetuada a uma profundidade de aproximadamente 5 cm. Demais tratos culturais não foram necessários durante o período experimental.

Quadro 1 - Caracterização química do substrato utilizado no experimento

pH	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	P	S-SO^2_4	Zn	Cu	Fe	Mn	B
--------cmol dm^{-3}------				----------mg dm^{-3}----------						
5,93	0,65	6,20	2,08	5,90	2,30	2,65	6,13	55,00	63,56	0,24

Fonte: Autor, 2025.

A análise química do substrato indicou pH de 5,93, teor de fósforo classificado como baixo (5,9 mg dm^{-3}) e potássio em nível médio (0,65 cmolc dm^{-3}), enquanto os teores de cálcio, magnésio e micronutrientes (Zn, Cu, Fe e Mn) apresentaram-se dentro das faixas consideradas adequadas para o cultivo. Diante desses resultados, optou-se pela aplicação do fertilizante formulado NPK 13-10-10, visando o suprimento

equilibrado de nitrogênio, fósforo e potássio, de modo a corrigir as deficiências identificadas e promover adequado desenvolvimento inicial das plantas.

Para atender à necessidade de ≈ 80 kg/ha de P_2O_5, calculou-se a dose do fertilizante:

$$\text{Dose (kg/ha)} = \frac{P_2O_5 \text{ desejado (kg/ha)}}{\text{teor de } P_2O_5 \text{ no fertilizante (\%)}} = \frac{80}{0{,}10} = 800 \text{ kg/ha}$$

Esta quantidade fornece aproximadamente 104 kg/ha de N, 80 kg/ha de P_2O_5 e 80 kg/ha de K_2O.

A pesagem do fertilizante foi realizada utilizando-se uma balança semi-analítica, empregando copos plásticos previamente tarados (Figura 7). A quantidade exata de adubo necessária para cada tratamento foi então depositada, garantindo precisão na aplicação e uniformidade entre os vasos experimentais.

Figura 7 - Separação da dosagem de adubo



Fonte: Autor, 2025

O plantio foi realizado com a deposição de duas sementes de milho por vaso (Figura 8), visando garantir a emergência de plântulas e minimizar possíveis falhas na germinação. Posteriormente, foi realizado o raleio, mantendo-se apenas a plântula mais vigorosa em cada vaso.

Figura 8 - Vasos com plântulas de milho



Fonte: Autor, 2025.

O raleio foi efetuado na fase V2 das plântulas, mantendo-se apenas uma planta por vaso (Figura 9), com o objetivo de garantir uniformidade no desenvolvimento e no desempenho das plantas em cada tratamento experimental.

Figura 9 - Vasos com plantas de milho após raleio



Fonte: Autor, 2025.

5.4 COLETA DE DADOS E ANÁLISE

Aos 60 dias após a emergência (DAE), foram realizadas as seguintes avaliações morfofisiológicas das plantas: diâmetro do colmo (DC), altura da planta (AP) até a inserção da folha bandeira, comprimento da raiz (CR) e volume radicular (VR), permitindo a caracterização do crescimento vegetativo e do desenvolvimento do sistema radicular.

O diâmetro do colmo (DC) foi mensurado com o auxílio de paquímetro, sendo a leitura realizada entre o 2º e 3º nó da planta (Figura 10), metodologia proposta por Freitas (2020), garantindo precisão na determinação do espessamento do colmo e permitindo comparações consistentes entre os tratamentos.

Figura 10 - Coleta de diâmetro de colmo com auxílio de um paquímetro



Fonte: Autor, 2025.

A altura da planta (AP) foi determinada com o auxílio de fita métrica, medindo-se a distância da coroa da raiz até a inserção da folha bandeira (Figura 11), método proposto por Santos *et al* (2023), permitindo a avaliação precisa do crescimento vegetativo das plantas.

Figura 11 - Coleta de altura de planta com auxílio de uma fita métrica



Fonte: Autor, 2025

O comprimento da raiz (CR) foi mensurado com o auxílio de fita métrica, após a remoção do excesso de substrato utilizando água corrente (Figura 12), método também utilizado por Jordano (2020), permitindo avaliação precisa do desenvolvimento do sistema radicular.

Figura 12 - Ilustração do comprimento de raiz



Fonte: Autor, 2025.

Para a determinação do volume radicular (VR), as raízes foram inicialmente lavadas com água corrente para remoção de todo o substrato. Em seguida, o sistema radicular foi cuidadosamente imerso em uma proveta graduada de 1.000 mL previamente preenchida com 500 mL de água (Figura 13), conforme método proposto por Souza (2025). O volume das raízes foi calculado pelo deslocamento de água, correspondendo à diferença entre o volume final e o volume inicial de 500 mL, fornecendo uma estimativa precisa do desenvolvimento do sistema radicular.

Figura 13 - Coleta de volume de raiz com auxílio de uma proveta



Fonte: Autor, 2025.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativos, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios de altura de planta (AP) e diâmetro do colmo (DC) da variedade de milho B2702 submetida a diferentes tratamentos de sementes com *Bacillus aryabhattai* e condições hídricas distintas. Os resultados indicam diferenças significativas entre os tratamentos para ambos os caracteres avaliados, evidenciando que o tratamento de sementes e a disponibilidade de água influenciaram de maneira relevante o crescimento vegetativo das plantas.

Tabela 2 - Comparação de médias pelo teste Tukey (5% de probabilidade) para os caracteres altura da planta (AP) e diâmetro do colmo (DC) avaliados no milho variedade B2702VYHR, submetida ao tratamento de sementes com *Bacillus aryabhattai* sob estresse hídrico

Tratamentos	Altura de planta (cm)	Diâmetro do colmo (mm)
T1 - Sem TS / sob estresse hídrico	30,14 a	7,00 a
T2 - Com TS / sob irrigação	81,71 c	20,86 c
T3 - Com TS / sob estresse hídrico	58,86 b	15,00 b
Média Geral	56,91	14,29
CV (%)	10,31%	11,53%
DP	22,2	0,6

Nota: Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Coeficiente de Variação (CV%). Desvio Padrão (DP)

As plantas oriundas de sementes tratadas e mantidas sob irrigação (T2) apresentaram as maiores médias para altura de planta (81,71 cm) e diâmetro de colmo (20,86 mm), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Esse resultado evidencia o efeito positivo do fornecimento hídrico adequado, associado ao tratamento biológico das sementes, no desenvolvimento vegetativo das plantas de milho.

Por outro lado, as plantas sem tratamento de sementes e submetidas ao estresse hídrico apresentaram os menores valores médios de altura (30,14 cm) e diâmetro de colmo (7,00 mm), indicando sensível redução no crescimento em função da limitação de água no solo. As plantas que receberam tratamento de sementes com *B. aryabhattai* e foram submetidas ao estresse hídrico apresentaram valores

intermediários (58,86 cm para altura e 15,00 mm para diâmetro de colmo), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Esse comportamento sugere que o microrganismo contribuiu parcialmente para mitigar os efeitos do déficit hídrico, favorecendo o desenvolvimento das plantas mesmo sob condições adversas. Os resultados corroboram com Freire *et al.* (2022), que observaram que a inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasiliense* ocasionou um maior crescimento das plantas de milho, no entanto, não compatibilizam com os resultados de Silva *et al.* (2025) onde não se observou interação entre os fatores (inoculação e níveis de reposição hídrica) para a altura de plantas. Quanto ao diâmetro de colmo, Silva (2023) observou que a média do híbrido tratado com 4ml/kg de semente foi superior ao híbrido não tratado, entretanto, Camargo *et al.* (2022) observou que não houve diferença entre o diâmetro de colmo das plantas de milho com e sem inoculação.

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios de volume de raiz (VR) e comprimento de raiz (CR) da variedade de milho B2702VYHR submetidas ou não ao tratamento de sementes com *Bacillus aryabhattai* sob distintos regimes hídricos.

Tabela 3 - Comparação de médias para os caracteres volume de raiz (VR) e comprimento de raiz (CR) avaliados no milho variedade B2702VYHR, submetida ao tratamento de sementes com *Bacillus aryabhattai* sob estresse hídrico

Tratamentos	Volume da Raiz (cm^3)	Comprimento de Raiz (cm)
T1 - Sem TS / sob estresse hídrico	24,29 a	56,71 a
T2 - Com TS / sob irrigação	164,29 b	112,71 c
T3 - Com TS / sob estresse hídrico	138,57 b	89,43 b
Média Geral	109,05	86,29
CV (%)	43,59%	6,71%
DP	18	21,9

Nota: Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Coeficiente de Variação (CV%). Desvio Padrão (DP)

Observou-se diferença significativa entre os tratamentos 1, 2 e 3 para o comprimento da raiz, confirmando O melhor desenvolvimento dos híbridos tratados. Para o volume da raiz, difere-se significativamente o híbrido sem tratamento - T1, dos

híbridos tratados T2 e T3 que não resultaram em diferença significativa, sugerindo positivamente a inoculação de *Bacillus aryabhattai.* pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O tratamento com sementes inoculadas com *B. aryabhattai* e mantidas sob irrigação apresentou os maiores valores de volume (164,29 cm³) e comprimento de raiz (112,71 cm), esses resultados demonstram o efeito positivo da combinação entre o tratamento biológico e a disponibilidade adequada de água no desenvolvimento radicular das plantas.

As plantas que receberam tratamento de sementes e foram submetidas ao estresse hídrico apresentaram desempenho intermediário, com volume médio de raiz de 138,57 cm³, e comprimento de 89,43 cm, diferindo significativamente do tratamento com e sem inoculação, entretanto, para o volume de raiz, não houve diferença significativa do híbrido tratado sob estresse. Isso indica que o microrganismo contribuiu para a manutenção do crescimento radicular mesmo sob déficit hídrico, possivelmente por favorecer a absorção de nutrientes e a síntese de substâncias reguladoras do crescimento.

Já as plantas não tratadas e submetidas ao estresse hídrico apresentaram os menores valores médios, tanto para volume (24,29 cm³) quanto para comprimento de raiz (56,71 cm), confirmando o efeito negativo da limitação hídrica sobre o desenvolvimento do sistema radicular.

Resultados semelhantes, obtiveram Silva *et al*. (2020) que identificaram que para o comprimento e massa fresca de raiz, ocorreram resultados positivos em virtude da inoculação com a rizobactéria do gênero *Azospirillum* e incremento da dosagem de nitrogênio recomendada, que corrobora com os resultados de Souza *et al*. (2023) onde observou-se incrementos significativos da aplicação de bioestimulante à base de estratos de algas, em ambos os aspectos na cultura do milho, incluindo comprimento de raiz.

Para Melo e Casimiro (2017), os resultados de híbrido de milho tratados com enraizadores a base de molibdênio e potássio não expressaram diferenças significativas estatisticamente para volume e comprimento de raiz. Semelhantemente, para Martins *et al*. (2015) a aplicação de diferentes doses do bioestimulante não exerceu influência significativa sobre o diâmetro do colmo, a altura das plantas, a

produção de massa seca da parte aérea e do sistema radicular, bem como sobre o volume e o comprimento das raízes.

O coeficiente de variação (CV) foi de 43,59% para volume de raiz e 6,71% para comprimento de raiz. Embora o CV do volume tenha sido elevado, é comum observar maior variabilidade nesse tipo de característica devido à dificuldade de obtenção de medidas precisas. Ainda assim, os resultados permitem inferir que o tratamento de sementes com *B. aryabhattai* exerceu influência positiva no crescimento radicular, especialmente sob condições de estresse hídrico.

7 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que o tratamento de sementes com *Bacillus aryabhattai* exerceu efeito positivo sobre o desenvolvimento das plantas de milho da variedade B2702VYHR, especialmente nas condições de estresse hídrico. Observou-se incremento significativo nos parâmetros de crescimento avaliados, como altura de planta, diâmetro do colmo, volume e comprimento de raiz, quando comparado ao tratamento sem inoculação.

As plantas tratadas e mantidas sob irrigação apresentaram os melhores desempenhos em todas as variáveis analisadas, evidenciando o potencial máximo de crescimento em condições favoráveis de disponibilidade hídrica. Entretanto, mesmo sob déficit de água, o uso de *B. aryabhattai* contribuiu para a atenuação dos efeitos negativos do estresse, proporcionando maior vigor e desenvolvimento das plantas em comparação ao tratamento sem inoculação.

Dessa forma, o uso do microrganismo como bioinoculante em sementes de milho apresenta-se como uma alternativa promissora e sustentável, capaz de melhorar o desempenho fisiológico e morfológico das plantas, favorecendo o estabelecimento inicial da cultura e a tolerância a condições adversas de disponibilidade hídrica. Recomenda-se a continuidade de estudos envolvendo diferentes doses, métodos de aplicação e genótipos de milho, de modo a ampliar o conhecimento sobre o potencial agronômico do *Bacillus aryabhattai* em condições de campo e de laboratório.

REFERÊNCIAS

ADNAN, Muhammad**.** Papel da nutrição do boro no crescimento, fenologia e produtividade do milho (Zea mays L.) Híbridos: uma revisão. **Revista de Pesquisa Agrícola**, v. 47, n. 3, 2020. Disponível em: https://biogenericpublishers.com/jbgsr.ms.id.00110.text/. Acesso em: 5 out. 2023.

AGUEGUE, Mévognon; NOUMAVO, Pacôme; DAGBENONBAKIN, Gustave; AGBODJATO, Nadege; ASSOGBA, Sylvestre; KODA, Abdel; ADJANOHOUN, Adolphe; RIVERA, Rámon; PONS, Blanca de la Noval; BABA-MOUSSA Lamine. Arbuscular mycorrhizal fertilization of corn (Zea mays L.) cultivated on ferrous soil in southern benin. **Journal of Agricultural Studies**, v. 5, p. 99 - 115, 2017.

AHMAD, Maqshoof; ADIL, Zainab; HUSSAIN, Azhar; MUMTAZ, Muhammad Zahid; NAFEES, Muhammad; AHMAD, Iqra; JAMIL, Moazzam. Potential of phosphate solubilizing *Bacillus* strains for improving growth and nutrient uptake in mungbean and maize crops. **Pak. J. Agric. Sci**, v. 56, p. 283-289, 2019.

AUGUSTO, Marcelo Soares; SILVA, Samuel; CUNHA, Jorge Luiz Xavier Lins; MOURA, Beatriz de Almeida; MOURA, Ana; ALMEIDA, Ana Caroline de; MOURA, Allan Hemerson de. Crescimento E Rendimento Agrícola Da Cultura Do Milho Sob Diferentes Disponibilidades Hídricas. **Irriga**, v. 26, n. 2, p. 328 - 342, 2021. DOI http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2021v26n2p328-342.

BARROS, Jose; CALADO, José. A Cultura do Milho. **Editora Évora**, Brasil, p. 05 - 50, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10174/10804>. Acesso em: 03 set. 2023.

BERGAMASCHI, Homero; DALMAGO, Genei Antonio; COMIRAN, Flávia; BERGONSI, João Ito Bergonci; MULLER, Artur Gustavo Müller; FRANÇA, Solange; SANTOS, Antonio Odair RADIN, Bernadete; BIANCHI, Cleusa Adriane Menegassi; PEREIRA, Pedro Gabert. Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, ed. 2, p. 243 - 249, 2006. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000200008

BERGAMASHI, Homero; MATZENAUER, Ronaldo. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS- Ascar, 2014. 84p. Disponível em: http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/20140923150828livro_o_milho_e_o_clima.pdf. Acesso em: 16 out. 2025.

BHATTACHARYYA, Chandrima; BKSHI, Utpal; MALLICK, Ivy; MUKHERJI, Shayantan; BERA, Biswajit; GHOSH, Abhrajyoti. Genome-Guided Insights into the Plant Growth Promotion Capabilities of the Physiologically Versatile *Bacillus aryabhattai* Strain AB211. **Frontiers in Microbiology**. v. 8, 2017. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00411

BREVANT: **Milho B2702PWU**. 2023. Disponível em: https://www.brevant.com.br/produtos/milho/b2741pwu.html. Acesso em: 15 set. 2024.

CAMARGO, Kelly Cristina; CASTRO, Biane; MENEZES, Leonardo de Melo; LOPES, Marlo Markus. Inoculação com Azospirillum brasilense para a produção de milho para silagem. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e6611326165, 2022. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26165.

CAVALCANTE, Uided Maaze Tiburcio; GOTO, Bruno Tomio; MAIA, Leonor Costa. Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 5, p. 180-208, 2008. Disponível em: https://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/179

CLEMENTE, Damião Inacio. **Estresse Hídrico Sobre Caracteres Morfofisiológicos E Agronômicos Em Populações De Milho**. 2017. 114 f. Dissertação (Mestrado) - UFG, Jatai - GO, 2017.

COELHO, Jackson Dantas. Feijão. **Caderno Setorial ETENE**, v. 8, n. 322, 2023. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/web/guest/agronegocio.

COSTA, Marianne Paula Santos da; SOUSA, Marília Caixeta; BRANDÃO, Fernando João Bispo; ORMOND, Antonio Tassio Santana; SILVA, Magnun Antonio Penariol da; MATOS, Victor Arlindo Taveira de. Germinação e vigor na cultura do milho sob tratamento com bioestimulante para sementes. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 3, p. e71857, 2024. DOI: 10.34188/bjaerv7n3-046.

COSTA, Raoni Ribeiro Guedes Fonseca; QUIRINO, Gerciene da Silva Ferreira; NAVES, Daniela Cristina de Freitas; SANTOS, Charles Barbosa; ROCHA, Ana Flávia de Souza. Efficiency of inoculant with Azospirillum brasilense on the growth and yield of second-harvest maize. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 45, p. 304-311, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4534593

CROLL, Daniel; GIOVANNETTI, Manuela; KOCH, Alexander; SBRANA, Cristiana; EHINGER, Martine; LAMMERS, Peter; SANDERS, Ian. Nonself vegetative fusion and genetic exchange in the arbuscular mycorrhizal fungus Glomus intraradices. **New Phytol**, v.181, n. 4, p. 924-937, 2009. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02726.x

CROSINO, Andrea; GENRE, Andrea. Peace talks: Symbiotic signaling molecules in arbuscular mycorrhizas and their potential application. **Journal of Plant Interactions**, v. 17, n.1, p. 824-839, 2022. DOI: https://doi.org/10.1080/17429145.2022.2108150

DARTORA, Janaína; GUIMARÃES, Vandeir; MARINI, Deniele; SANDER, Gerson. Adubação nitrogenada associada à inoculação com Azospirillum brasilense e Herbaspirillum seropedicae na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia**

Agrícola e Ambiental, v.17, n.10, p.1023-1029, 2013. DOI: https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001000001

DENG, Chao; ZHANG, Ning; LIANG, Xiaolong; HUANG, Tao. *Bacillus aryabhattai* LAD impacts rhizosphere bacterial community structure and promotes maize plant growth. **Science of Food and Agriculture**, v. 102, n. 14, 2022. DOI https://doi.org/10.1002/jsfa.12032.

ESTRADA, Beatriz; BAREA, José Miguel; AROCA, Ricardo; RUIZ-LOZANO, Juan Manuel. A Native Glomus Intraradices Strain From A Mediterranean Saline Area Exhibits Salt Tolerance And Enhanced Symbiotic Efficiency With Maize Plants Under Salt Stress Conditions. **Plant and Soil**. v. 366, p. 333-349, 2013. DOI: https://doi.org/10.1007/s11104-012-1409-y

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042. 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001

FREIRE LEMOS, Evandro; LEONEL ALVES, Thayne; REYES DA MATA RODRIGUES, Ana Paula. Doses e modo de aplicação de inoculante com Azospirillum brasiliense na cultura do milho. **Ciência ET Praxis**, v. 13, n. 26, p. 83–94, 2022. Disponível em: https://revista.uemg.br/praxys/article/view/6684.

FREITAS, Ronaldo Luiz Gonzaga. **Sistema de semeadura em linhas gêmeas na cultura do milho.** 2020. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2020.

GALVÃO, João Carlos Cardoso; MIRANDA, Glauco Vieira; TROGELLO, Emerson; NETO, Roberto Fritsche; **Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho**. Revista Ceres, v. 61, p. 819-828, 2014. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461000007

GHOSH, Pallab Kumar; MAITI, Tuchar Kanti; PRAMANIK, Krishnendu; GHOSH, Sudip Kumar; MITRA, Soumik; KUMAR, Tarun de. The role of arsenic resistant *Bacillus aryabhattai* MCC3374 in promotion of rice seedlings growth and alleviation of arsenic phytotoxicity. **Quimiosfera, Science Direct**, v. 211, p. 407 - 419, 2018. DOI https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.

HUAN, Li; WANG, Chong; XIAOLIN, Li; XIANG, Dan. Inoculating maize fields with earthworms (Aporrectodea trapezoides) and an arbuscular mycorrhizal fungus *(Rhizophagus intraradices*) improves mycorrhizal community structure and increases plant nutrient uptake. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, n. 8, p. 1167-1178, 2013. DOI: https://doi.org/10.1007/s00374-013-0815-5

JORDANO, Beatriz Mariot. **Avaliação do efeito de inoculação com Azospirillum brasilense e de enraizador na cultura do milho.** (Trabalho de Conclusão de

Curso) 2020. p.7. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em agronomia) - Universidade Cesumar – Maringá PR, 2020.

KAVAMURA, Vanessa Nessner; SANTOS, Suikinai Nobre; SILVA, João Luis da; PARMA, Márcia Maria; AVILA, Luciana Aparecida; VISCONTI, Alexandre; ZUCCHI, Tiago Domingues; TAKETANI, Rodrigo Gouvêa; ANDREOTE, Fernando Dini; MELO, Itamar Soares. Screening of Brazilian cacti rhizobacteria for plant growth promotion under drought. **Microbiological Research**, v. 168, n. 4, p. 183-191, 2013.

KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura**. Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 365-372, 2002. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-83582002000300006

MARTINS, Alan Grigório; SEIDEL, Edleusa Pereira; RAMPIM, Leandro*; ROSSET, Jean Sérgio; PRIOR, Maritane; COPPO, Jéssica Caroline. Aplicação de bioestimulante em sementes de milho cultivado em solos de diferentes texturas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 4, p. 440-445, 2016. Disponível em: https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/13028.

MELO, Alexandre Lima de; CASIMIRO, Evandro Luiz Nogarolli. Emergência do milho submetido a diferentes doses de enraizador à base de molibdênio e potássio. **Revista Cultivando o Saber**, ed. Especial, p. 109-116, 2017. Disponível em: https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/834.

MONTEIRO, Ebinezer Pedrinho; SOUSA, Geocleber Gomes. Desenvolvimento Inicial De Milho Inoculado E Não Inoculado Sob Estresses Salino e Hídrico. **Ciência Rural**, v.54, n.14, p.2-25, 2024

MOTERLE, Lia Mara; SCAPIM, Carlos Alberto; LUCCA, Alessandro de; RODOVALHO, Marcos de Araújo; BARRETO, Rafael Recanello. Influência do estresse hídrico sobre o desempenho fisiológico de sementes de híbridos simples de milho-pipoca. **Ciência agrotec**, v. 32, n. 6, p. 1810-1817, 2008. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000600020

NAKATANI, André Shigueyoshi; GATO, Isabela Martins Bueno; SANDINI, Itacir Eloi. Uso de diferentes *Bacillus spp*. promotores de crescimento vegetal associado com adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Observatório de La Economia Latinoamericana**, v. 22, n. 3, p. 1-20, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n3-105

PARK, Yeon-Gyeong; MUN, Bong Gyu; KANG, Sang Mo; HUSSAIN, Adil; SHAHZAD, Raheem; SEO, Chang Woo; KIM, Ah Yeong; LEE, Sang Uk; OH, Kyeong Yeol; LEE, Dong Yeol; LEE, In Jung; YUN, Byung Wook. *Bacillus aryabhattai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. **PLoS ONE**, v. 12, n. 10, 2017. DOI 10.1371/journal.pone.0173203.

PEREIRA, Marsílvio; SANTOS, Carolina; FREITAS, Ana de; STAMFORD, Newton; ROCHA, Gewerlys da; BARBOSA, Alessandro. Interações entre fungos micorrízicos arbusculares, rizóbio e actinomicetos na rizosfera de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1249-1256, 2013. DOI: https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001200001

PORCEL, Rosa; AROCA, Ricardo; CANO, Custodia; BAGO, Alberto; RUIZ-LOZANO, Juan Manuel. Identification of a gene from the arbuscular mycorrhizal fungus Glomus intraradices encoding for a 14-3-3 protein that is upregulated by drought stress during the AM symbiosis. **Microbiologia Ecológica**, v. 52, n. 3, p. 575–582, 2006. DOI: https://doi.org/10.1007/s00248-006-9015-2

SANDINI, Itacir; PACENTCHUK, Fabiano; HUNGRIA, Mariangela; NOGUEIRA, Marco; CRUZ, Sônia da; NAKATANI, André; ARAUJO, Ricardo. Seed inoculation with Pseudomonas fluorescens promotes growth, yield and reduces nitrogen application in maize. **International journal of agriculture & biology**, v. 22, n. 6, p. 1369-1375, 2019. DOI: 10.17957/IJAB/15.1210

SANTOS, Márcio Ramatiz Lima; SABINO, Matheus Lucas Alves; SOARES, Leandro dos Santos. **Aplicações parceladas de fósforo na produção e composição físico-química de milho.** *Científic@ - Multidisciplinary Journal*, Anápolis, v. 10, n. 1, p. 1–12, jan./mar. 2023. Disponível em: https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/cientifica/article/view/6644. Acesso em: 6 nov. 2025.

SILVA, Andreia Andrade; ANDRADE, Ebtton Lhucas Gonçalves; SILVA, Thiago Reis; MELIDO, Raul. Produtividade de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio. **Anais do 3º Simpósio de TCC das Faculdades FINOM e TECSOMA**, p. 62–71, 2020. Disponível em: https://finom.edu.br/assets/uploads/cursos/tcc/202102031402523.pdf

SILVA, Francianne Costa; SILVA, Átila Reis da; SILVA, Thiago Dias da. **Influência do *Bacillus aryabhattai* no crescimento inicial de milho sob estresse hídrico** (Trabalho de Conclusão de Curso) 2025. p.38. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em especialista de bioinsumos) - Instituto Federal Goiano – Campos Belos GO. 2025.

SILVA, Rayane Branco da. **Influência do *Bacillus aryabhattai* na produtividade de milho** (Trabalho de Conclusão de Curso) 2023. p41. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em agronomia) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – Sananduva RS. 2023.

SILVA, Francisco. **Uso de regimes hídricos e *Bacillus aryabhattai* no desempenho agronômico na cutura do milho verde. 2023**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Agronômica) - Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB, 2023.

SILVA, João Henrique Barbosa da; SILVA, Antonio Veimar da; SILVA, Carla Michelle da; GOMES, Talita Regina Veloso Ribeiro; ARAÚJO, Vanderléia Fernanda dos

Santos; NÓBREGA, Jéssica Sousa; SILVA, José Luiz Carneiro da; DANTAS, Victor Correia de Melo Ferreira; SILVA, José Artur; SOARES, Augusto Oliveira Guedes; LOPES, Adriano Salviano; LEAL, Márcia Paloma da Silva. **Uso de bioestimulantes na cultura do milho** (Zea mays L.): uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 5, 2023. DOI https://doi.org/10.36560/16520231664

SILVA, Samuel; DA PAZ SOUSA, Amanda Cibele; DA SILVA, Carla Sabrina; RODRIGUES ARAÚJO, Edmaíris; DA SILVA SOARES, Marcelo Augusto; TEODORO, Iêdo. Parâmetros Produtivos Do Milho Sob Déficit Hídrico Em Diferentes Fases Fenológicas No Semiárido Brasileiro. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 30-41, 2021. DOI: https://doi.org/10.15809/irriga.2021v1n1p30-41

SONG, Chung; WANG, Wenjing; GAN, Yuefeng; WNAG, Lingfeng; CHANG, Xiaoli; WANG, Yu; YANG, Wenyu. Growth promotion ability of phosphate-solubilizing bacteria from the soybean rhizosphere under maize-soybean intercropping systems. **J Sci Food Agric**, v. 102, n. 4, p. 1430-1442, 2022 DOI: 10.1002/jsfa.11477.

SOUZA, Luiz Paulo de; FRANCO JÚNIOR, Kleso Silva; RIBEIRO, Vinícius Muniz; BRIGANTE, Giselle Prado**.** Bioestimulante *Ascophyllum nodosum* na cultura do milho. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 2, p. e21112240072, 2023. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v12i2.40072.

SOUZA, Alan Ricardo Valdanha de. **Crescimento inicial de plântulas de milho sob níveis de densidade e tensões de água no solo.** 2025. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) — Universidade Federal de Rondonópolis, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Rondonópolis, 2025.

STOFFEL, Shantau Camargo Gomes; SOARES, Cláudio Roberto Fonsêca Souza; MEYER, Edenilson; LOVATO, Paulo Emílio; GIACHINI, Admir José. Yield increase of corn inoculated with a commercial arbuscular mycorrhizal inoculant in Brazil. **Ciência Rural**, v. 50, n. 7, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200109

SUBRAMANIAN, Kizhaeral; TENSHIA, Virgine; JAYALAKSHMI, Kaliyaperumal. Antioxidant enzyme activitiesminarbuscularmycorrhizal (Glomusin traradices) fungus inoculated and non-inoculated maize plants under zinc deficiency. **Indian Journal Microbiology**, v. 51, n. 1, p. 37-43, 2011. DOI: https://doi.org/10.1007/s12088-011-0078-5

WALKER, Christopher; SCHÜßLER, Arthur; VINCENT, Bryan; CRANENBROUCK, Sylvie; DECLERCK, Stephane. Anchoring the species Rhizophagus intraradices (formerly Glomus intraradices). **Fungal Systematics and Evolution**, v. 8, p. 179-201, 2021. DOI: https://doi.org/10.3114/fuse.2021.08.14

XU, Hongli; GAO, Jingyao; PORTIELES, Roxana; DU, Lihua; GAO, Xiangyou; BORRAS-HIDALGO, Orlando. Endophytic bacterium *Bacillus aryabhattai* induces novel transcriptomic changes to stimulate plant growth. **PLoS ONE**, v. 17, n. 8, 2022. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272500.

ZHAO, Xiuyun; ZHU, Di; TAN, Jun; WANG, Rui; QI, Gaofu. Cooperative Action of Fulvic Acid and Bacillus paralicheniformis Ferment in Regulating Soil Microbiota and Improving Soil Fertility and Plant Resistance to Bacterial Wilt Disease. **Microbiology Spectrum**, v. 11, n. 2, 2023. DOI: 10.1128/spectrum.04079-