



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ  
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA  
CAMPUS CERRADO DO ALTO PARNAÍBA-CCAP



ELISA BANDEIRA PEREIRA

**INOCULANTE MICROBIOLÓGICO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE  
PLANTAS DE MILHO SOB DÉFICIT HÍDRICO**

URUÇUÍ  
2025

ELISA BANDEIRA PEREIRA

**INOCULANTE MICROBIOLÓGICO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLANTAS  
DE MILHO SOB DÉFICIT HÍDRICO**

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Piauí, como parte das exigências para obtenção do título de “Bacharelado em Engenharia Agronômica”.

Área de concentração: Fitotecnia

Orientadora: Profa. Dra. Marlei Rosa dos Santos

URUÇUÍ  
2025

P436i Pereira, Elisa Bandeira.  
Inoculante microbiológico e desenvolvimento inicial de plantas de milho  
sob déficit hídrico / Elisa Bandeira Pereira. - 2025.  
40 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade Estadual do Piauí – UESPI,  
Curso de Bacharelado em Engenharia Agronômica, Campus Cerrado do  
Alto Parnaíba, Uruçuí – PI, 2025.

“Área de concentração: Fitotecnia.”  
“Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marlei Rosa dos Santos.”

1. *Zea mays*. 2. Estresse Hídrico. 3. Tratamento Biológico.  
4. Emergência de Plântulas. I. Título.

CDD: 633.15

ELISA BANDEIRA PEREIRA

**INOCULANTE MICROBIOLÓGICO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLANTAS  
DE MILHO SOB DÉFICIT HÍDRICO**

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Piauí, como parte das exigências para obtenção do título de “Bacharelado em Engenharia Agronômica”.

APROVADA: 10/06/2024

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Marlei Rosa dos Santos  
Orientadora - UESPI/CCAP

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Luzineide Fernandes de Carvalho  
UFPI/CTT

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Tamara Santos Ferreira de Farias  
UFGD/Dourados-MS

Dedico este trabalho à minha amada família, cujo amor, apoio e incentivo foram minha fonte de força ao longo desta jornada. A vocês, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo suporte incondicional, compartilhando minhas alegrias e me confortando nos momentos difíceis, expresso minha eterna gratidão. Cada conquista alcançada é também de vocês, pois sem o amor e o apoio de vocês, nada disso seria possível. Que esta dedicação seja uma singela forma de expressar o quanto são importantes para mim. Amo vocês além das palavras.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar e me dar forças durante toda essa jornada acadêmica. Sua presença foi fundamental para superar os desafios e alcançar este momento tão especial.

Aos meus queridos colegas de curso, que estiveram ao meu lado, compartilhando conhecimento, experiências e apoio mútuo. Sem a colaboração e o companheirismo de vocês, esta conquista não seria possível.

À minha orientadora, Dra. Marlei Rosa dos Santos, expresso minha profunda gratidão. Sua orientação, paciência e dedicação foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Suas sugestões e insights foram fundamentais para o sucesso desta monografia.

À Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Campus Cerrado do Alto Parnaíba, pela a oportunidade de realizar esse sonho. Agradeço ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) pela bolsa concedida e também a UESPI pela Bolsa de Estágio não supervisionado.

A todos os funcionários da UESPI que desempenham suas funções com dedicação, em especial a Amuriel que auxilia a coordenação do curso e a Maria Caroline sempre com um sorriso nos lábios, vocês são exemplos de funcionárias públicas dedicadas no que fazem.

## RESUMO

O desenvolvimento do milho é fortemente influenciado pela disponibilidade de água, sendo a deficiência hídrica um desafio significativo para a germinação, desenvolvimento das plantas e produção. Com esse trabalho objetivou-se avaliar o efeito de inoculantes microbiológicos no crescimento inicial das plantas de milho sob condições de déficit hídrico. Utilizou-se sementes do cultivar MG580, o experimento foi conduzido em Uruçuí-PI no mês de outubro de 2023. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema fatorial 4 x 4, sendo as sementes tratadas com 3 inoculantes: Bioasis® , Auras® e Azotrop® e a testemunha e 4 potenciais hídricos: 80, 70, 60, e 50% da capacidade de retenção de água, totalizando 16 tratamentos. O teor de umidade das sementes, após o tratamento com os inoculantes, foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e 4 tratamentos. Avaliou-se também o desenvolvimento inicial das plantas de milho sob diferentes tratamentos com inoculantes e potenciais hídricos, o índice de velocidade de emergência (IVE), o comprimento das plantas, a massa fresca e seca das plantas e o volume das raízes. O tratamento das sementes de milho com o microbiológico Auras® reduziu o índice de velocidade de emergência de plântulas no potencial de 50%, em comparação as sementes não tratadas e as tratadas com Azotrop® e Bioasis®. Os inoculantes favoreceram o desenvolvimento radicular das plantas em condições de estresse hídrico (50% da capacidade de retenção de água), mas não influenciaram a porcentagem de plantas normais, comprimento das plantas e na massa fresca e seca das plantas. A inoculação das sementes de milho com microbiológicos pode ser uma estratégia promissora para mitigar os efeitos do estresse hídrico nas fases de emergência e de desenvolvimento inicial das plantas. No entanto, é importante considerar os efeitos específicos de cada inoculante, bem como as condições ambientais, para maximizar os benefícios dessa prática na agricultura. As sementes de milho MG580 mostraram ser bem resistentes ao déficit hídrico nas condições avaliadas, com resultados satisfatórios em quase todas as variáveis.

**Palavras chave:** *Zea mays*, estresse hídrico, tratamento biológico, emergência de plântulas.

## ABSTRACT

Maize development is strongly influenced by water availability, with water deficiency posing a significant challenge to seed germination, plant development, and yield. This study aimed to evaluate the effect of microbial inoculants on the early growth of maize plants under water deficit conditions. Seeds of the MG580 hybrid were used, and the experiment was conducted in Uruçuí, Piauí, in October 2023. A randomized block design was used, in a  $4 \times 4$  factorial scheme, with four replications. Seeds were treated with three inoculants Bioasis<sup>®</sup>, Auras<sup>®</sup>, and Azotrop<sup>®</sup> along with a control, and subjected to four water potential levels: 80, 70, 60, and 50% of water retention capacity, totaling 16 treatments. The seed moisture content after inoculant treatment was evaluated using a completely randomized design with four replications and four treatments. Early plant maize development was assessed under different combinations of inoculants and water potentials. The emergence speed index (ESI), plant height, fresh and dry biomass, and root volume were measured. Maize seed treatment with the microbial inoculant Auras<sup>®</sup> reduced the seedling emergence speed index at the 50% water potential, compared to untreated seeds and those treated with Azotrop<sup>®</sup> and Bioasis<sup>®</sup>. The inoculants promoted root development under water stress conditions (50% water retention capacity) but did not influence the percentage of normal seedlings, plant height, or fresh and dry biomass. Inoculating maize seeds with microbial products may be a promising strategy to mitigate the effects of water stress during the emergence and early development stages. However, it is important to consider the specific effects of each inoculant, as well as environmental conditions, to maximize the benefits of this practice in agriculture. The MG580 maize seeds demonstrated good resistance to water deficit under the evaluated conditions, with satisfactory results in most variables.

**Keywords:** *Zea mays*, water stress, biological treatment, seedling emergence.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dados de precipitação, temperatura máxima e mínima e umidade relativa de 12 a 27 de outubro de 2023, Uruçuí-PI .....	18
Figura 2 - A) determinação da capacidade de retenção de água da areia e B) semeadura do milho cv MG580 .....	20
Figura 3 – Emergência de plântulas: A) plântulas emergindo e B) plantas após 15 dias da semeadura .....	21
Figura 4 - A) determinação do comprimento das plantas; B) plantas retiradas do substrato e C) peso da massa seca de plantas de milho .....	22
Figura 5 – A) amostra de 10 plantas; B) raízes separadas das partes aéreas e C) determinação do volume de raiz de plantas de milho .....	22
Figura 6 - Índice de velocidade de emergência de plântulas de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e diferentes potenciais hídricos .....	25
Figura 7 - Porcentagens de plantas normais de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e diferentes potenciais hídricos .....	26
Figura 8 - Porcentagens de plantas anormais, doentes e sementes mortas de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e diferentes potenciais hídricos .....	27
Figura 9 - Comprimento de plantas de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e diferentes potenciais hídricos, 15 dias após o plantio .....	29
Figura 10 - Massa fresca de plantas ( $\text{g pl}^{-1}$ ) de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e diferentes potenciais hídricos, 15 dias após o plantio .....	30
Figura 11 - Massa seca de plantas ( $\text{g pl}^{-1}$ ) de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e diferentes potenciais hídricos, 15 dias após o plantio .....	30
Figura 12 - Volume de raiz de plantas de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e diferentes potenciais hídricos, com 15 dias após o plantio .....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos produtos microbiológicas .....	19
Tabela 2 - Índice de velocidade de emergência de plântulas de milho cv. MG580, submetidas a diferentes tratamentos e potenciais hídricos .....	23
Tabela 3 - Porcentagens de plantas normais (PLNOR) e plantas anormais, doentes e sementes mortas (PLANDOSM) de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e potenciais hídricos ..	25
Tabela 4 - Comprimento de plantas, massa fresca e massa seca de plantas de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e potenciais hídricos .....	28
Tabela 5 - Volume de raiz de planta de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a diferentes tratamentos e potenciais hídricos, 15 dias após o plantio .....	31

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	10
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	11
<b>2.1 Objetivo geral .....</b>	11
<b>2.2 Objetivos específicos .....</b>	11
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	12
<b>3.1 Cultura do milho .....</b>	12
<b>3.2 Exigência climáticas .....</b>	13
<b>3.3 Produtos biológicos .....</b>	15
<b>3.4 Tratamento de sementes .....</b>	16
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	17
<b>4.1 Delineamento experimental .....</b>	18
<b>4.2 Avaliação inicial do teor de umidade e do peso de mil sementes ..</b>	18
<b>4.2.1 Teor de umidade das sementes .....</b>	18
<b>4.2.2 Peso de mil sementes .....</b>	19
<b>4.3 Simulação do déficit hídrico .....</b>	19
<b>4.4 Variáveis avaliadas .....</b>	20
<b>4.4.1 Emergência e desenvolvimento inicial das plantas .....</b>	20
<b>4.4.2 Índice de velocidade de emergência (IVE) .....</b>	20
<b>4.4.3 Comprimento de planta (CP) .....</b>	21
<b>4.4.4 Massa fresca e seca de plantas .....</b>	21
<b>4.4.5 Volume da raiz (VR) .....</b>	22
<b>4.5 Análise estatística .....</b>	23
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	23
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	33
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	34

## 1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água é essencial para o desenvolvimento de plantas, e quando esse recurso não é oferecido em quantidade adequada, para suprir suas necessidades, acaba afetando o crescimento, desenvolvimento das plantas e consequentemente a produtividade (CAMPOS; SANTOS; NACARATH, 2021). A deficiência hídrica é muito comum em plantas, principalmente quando são cultivadas na estação seca do ano como o milho safrinha (*Zea mays*), no entanto, a exposição prolongada a essa condição pode trazer prejuízos irreversíveis a produção.

É comum a produtividade das culturas variar de um ano para outro, isso pode ocorrer devido inúmeros fatores, entre eles a disponibilidade hídrica, principalmente nos períodos de maior exigência de água (MATZENAUER *et al.*, 2002).

A baixa concentração de água do solo é um dos fatores limitante na produtividade do milho, e sua disponibilidade é um dos pré-requisitos para a germinação das sementes e desenvolvimento das plantas, pois essas necessitam de água para atender às necessidades fisiológicas, como a absorção de nutrientes e o deslocamento desses para os pontos de crescimento das plantas (MAGALHÃES; DURÃES, 2006). Durante a germinação, a semente precisa absorver água, cerca de 30% do seu peso (ANDRADE, 2018). Atualmente, mais de 70% do milho produzido no Brasil é proveniente do milho safrinha (CONAB, 2023). Neste sistema, o milho é plantado após a colheita da soja, entre janeiro e abril, durante o final do período chuvoso e início da estação seca. O que pode coincidir com períodos de baixa umidade no solo.

No Piauí o cultivo do milho é quase que exclusivamente em sistema de sequeiro e em cultivo safrinha (2<sup>a</sup> safra), e por esse motivo sofre grande variedade climática, onde a distribuição pluviométrica passa por inúmeras variações (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2008). Considerando a importância desse grão para a economia do país e a necessidade de encontrar soluções alternativas para minimizar os problemas de germinação e a perda da capacidade produtiva da cultura em anos com escassez de chuvas, novas tecnologias vêm sendo estudadas e aplicadas visando aumentar a tolerância das plantas à seca.

O emprego de tecnologias para o melhor empenho e otimização da produção agrícola são cada vez mais comuns, visto que se tratam de mecanismos eficientes no combate ao estresse hídrico no semiárido brasileiro. Com os avanços tecnológicos já é possível a utilização de plantas de milho mais resistentes, melhoradas

geneticamente, onde são capazes de manter sua funcionalidade mesmo em condições de seca (FERRÃO *et al.*, 2016). No entanto, já existem outras inovações sustentáveis disponíveis que ainda são pouco utilizadas e que prometem se adaptar a essa condição, em que utilizam microrganismos, como bactérias, associados às plantas capazes de atuar nas células promovendo proteção e capacidade de suportar a falta de água (DIAS *et al.*, 2022).

De acordo com Maranhão *et al.* (2019), os microrganismos benéficos podem melhorar o desempenho das plantas sob condições de estresse, atuando de forma positiva no desempenho produtivo. Já existem alguns estudos que demonstram a utilização de microrganismos como inoculantes biológicos (FERRARI *et al.*, 2017; FREITAS *et al.*, 2020; MASCARANHAS, 2021). Esses bioinsumos, produtos de origem biológica, desenvolvidos a partir de bactérias, demonstram capacidade para atenuar os efeitos de estresses abióticos, e além do mais trazem vantagens quanto à segurança ambiental, à saúde humana, e são mais acessíveis para o agricultor, economicamente viável (VERISSIMO; GRINDI; MOREIRA, 2020). Entretanto, já há pesquisas em formulados biológicos a base de bactérias que atua na capacidade das plantas de absorver água do solo. Porém, poucas delas são à cerca da eficácia desse mecanismo na cultura do milho. Nesse contexto, pesquisas para estudar métodos e/ou produtos biológicos no tratamento de sementes de milho, visando minimizar os efeitos do déficit hídrico na germinação e no desenvolvimento inicial das plantas são essenciais.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de inoculantes microbiológicos na emergência e desenvolvimento inicial de plantas de milho sob déficit hídrico.

### 2.2 Objetivos específicos

Avaliar o efeito dos inoculantes na germinação e emergência de plântulas de milho sob déficit hídrico.

Avaliar o efeito dos inoculantes no desenvolvimento inicial das plantas de milho sob déficit hídrico.

Verificar a capacidade de tolerância ao estresse hídrico no milho frente a inoculação com microbiológicos.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie pertencente à ordem gramíneas, família Poaceae, é uma planta anual, estival, cespitosa, ereta, com baixo afilhamento, monóico-monoclina, classificada no grupo das plantas C4 (eficiente na utilização da luz solar), e possui ampla versatilidade, o que faz com que a espécie seja adaptada às mais diversas condições de ambiente (NUNES, 2020). A produção do grão de milho é bastante difundida em detrimento da sua utilização nas diversas cadeias produtivas alimentares (humana e animal), sendo alimento essencialmente energético, pois seu principal componente é o amido, importante fonte de carboidrato (CARDOSO, 1994). Além disso, o milho é considerado uma relevante alternativa para a produção de biocombustível (etanol), em consequência da crescente exigência por combustível em todo mundo, combinados a fatores relevantes ligados à instabilidade no fornecimento de combustíveis fósseis e a necessidade de buscas alternativas que visem diminuir as alterações climáticas globais (SILVA *et al.*, 2020).

No mundo o milho é a principal cultura produtora de grãos e a segunda no Brasil (SCUDELER *et al.*, 2011). Atualmente o milho é cultivado em praticamente todo território brasileiro, não só pelo volume de grãos produzidos, mas também pela área plantada, sua produção ocorre em diferentes épocas, face às condições climáticas das regiões (MONTEIRO, 1990). Na região Nordeste, nos últimos anos, a produção do milho tem aumentado, em consequência da importância econômica desse cereal como cultura de subsistência, e do emprego de novas tecnologias, que atendem aos diferentes sistemas de produção predominantes. Segundo o Banco do Nordeste (BNB, 2023) a produção de milho no Nordeste foi em torno de 11,4 milhões de toneladas, o correspondente a 6,7% da produção brasileira.

Dentre os estados da região nordeste, o milho é uma cultura fundamentalmente importante para o estado do Piauí, tanto em bases econômicas - agronegócio, como sociais, pois representa para diversas propriedades rurais, especialmente para as pequenas, um dos produtos de maior versatilidade do processo de sustentabilidade alimentar (CARDOSO, 1994). A planta de milho possui características inerentes que lhe permite ocupar uma posição entre as mais vantajosas e adequadas para a agricultura de subsistência. Em condições normais de cultivo, cerca de 80 dias após a emergência das plantas, já é possível obter o "milho verde", que serve como base, que dá origem aos alimentos como, milho cozido, pamonha, curau, bolos, etc., e fonte

de forragem onde a parte aérea da planta é disponibilizada aos animais diretamente ou na forma de silagem, o que permite a preservação dessa forrageira por mais tempo para ser utilizada em períodos de seca (LORENÇONE *et al.*, 2018).

A planta de milho é uma espécie geralmente cultivada sob regime de sequeiro, principalmente, na região do cerrado piauiense, que é caracterizado por regimes pluviométricos bem definidos (MEDEIROS, 1996), com precipitação média anual variando de 300 a 1.600 mm (SILVA *et al.*, 2013), dos quais cerca de 50% concentram-se no trimestre mais chuvoso de janeiro a março, e as temperaturas, relativamente elevadas, com média em torno de 28 °C e a máxima em torno de 40 °C (RAMALHO, 2013). Entretanto, apesar do elevado índice pluvial anual, o semiárido nordestino é caracterizado por chuvas escassas, chuvas irregulares (espacial e temporal), secas frequentes (veranico), ocorrência frequente de eventos de alta intensidade e curta duração e vazão insuficiente de água nos rios, em determinadas épocas do ano, que pode ser explicado em termos de variações temporais na precipitação, das características geológicas e meteorológicas predominantes (SILVA *et al.*, 2013). A ocorrência de fatores como a distribuição irregular de chuvas, e a ocorrência de veranico, provocam grandes reduções nas colheitas de milho (BERGAMASCHI *et al.*, 2006).

### **3.2 Exigência climáticas**

Conhecer as exigências climáticas da cultura do milho é fundamental para definir as necessidades e as sensibilidades, melhor época de plantio e o momento mais adequado para realizar práticas que proporcionam melhores condições para o crescimento e desenvolvimento das plantas (MALDANER *et al.*, 2014). O manejo correto da cultura com base nas suas exigências é premissa básica para obter sucesso na produção. Referente às exigências climáticas, embora o milho responda à interação de vários fatores do clima, a radiação solar, a precipitação e a temperatura têm o maior impacto na cultura (CRUZ *et al.*, 2006). Estes fatores afetam efetivamente as atividades fisiológicas da planta, interferindo diretamente na produção de grãos e matéria seca. E por se tratar de uma cultura de clima quente, requer calor e umidade elevados, desde o plantio até o final da floração (SILVA *et al.*, 2006).

Quanto às exigências em temperaturas, a maior velocidade de crescimento das partes vegetativa da planta de milho ocorre quando as temperaturas se encontram entre 25 a 35 °C, sendo a maior expressão potencial da produção atingida com

temperatura média dos meses mais quentes entre 21 a 27 °C (BARROS; CALADO, 2014). Segundo Cruz *et al.* (2006), para que a cultura obtenha maior produção de matéria seca, as temperaturas médias durante o dia devem ser em torno de 25 °C, 21 °C e 18 °C. Já em temperaturas acima de 35 °C a produtividade do milho pode ser reduzida bem como a qualidade proteica do grão (SILVA *et al.*, 2006).

O milho é uma cultura de primavera-verão, e além de exigir altas temperaturas para o seu crescimento é muito exigente em água. Entretanto, pode ser cultivado em regiões onde as precipitações vão desde 250 a 5.000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida pela planta, durante seu ciclo, está em torno de 600 mm (CRUZ *et al.*, 2006). Segundo Bergamaschi *et al.* (2001), o milho na sua fase reprodutiva, para que atinja a sua máxima produção, necessita de 7 mm dia<sup>-1</sup> de precipitação.

A planta de milho necessita absorver água em quantidades ideais para suprir a necessidade em nutrientes que são transportados com a água e para controlar a temperatura através da transpiração (BARROS; CALADO, 2014). Com base nisso, a ocorrência de déficit hídrico pode resultar em uma série de prejuízos significativos, impactando negativamente a produtividade e a qualidade da colheita. A falta de água durante períodos críticos de desenvolvimento, como a fase de floração e enchimento de grãos, pode levar à redução do crescimento vegetativo, comprometimento da polinização e formação inadequada dos grãos (BERGAMASCHI *et al.*, 2004). Isso, por sua vez, resulta em menores rendimentos e qualidade inferior do milho produzido.

Além disso, o estresse hídrico pode tornar as plantas mais suscetíveis a pragas e doenças, aumentando os custos de manejo e diminuindo a lucratividade dos agricultores. Em um cenário de mudança climática, esses desafios são ainda mais exacerbados, destacando a necessidade de práticas agrícolas mais resilientes e eficientes no uso da água. Em regiões de calor intenso e baixa umidade o consumo de água pela planta pode ser de até 10 mm por dia (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

A radiação solar é outro fator que deve ser considerado para que a planta de milho atinja o seu pleno desenvolvimento, uma vez que se trata de uma gramínea de metabolismo C4, que apresenta alta eficiência na utilização de luz e CO<sub>2</sub> (MAGALHÃES; DURÃES; PAIVA, 1994). Consequentemente, um dos responsáveis pela queda de produtividade do milho é a deficiência de luz em períodos críticos do desenvolvimento, como, no pré-florescimento e enchimento de grãos (MALDANER *et*

al., 2014). Uma redução de 30 a 40% da intensidade luminosa, por períodos longos, ocasiona atraso na maturação dos grãos (LANDAU; MAGALHÃES; GUIMARÃES, 2021).

### 3.3 Produtos biológicos

Produtos biológicos são derivados de organismos vivos, como plantas, animais, fungos e microrganismos, que são utilizados para diversos fins incluindo saúde humana, agricultura, indústria e meio ambiente (BRETAS et al., 2011). Assim, a definição abrange uma ampla variedade de tipos e usos de insumos biológicos, como biofertilizantes, bioestimulantes, promotores de crescimento vegetal, ingredientes nutricionais vegetais e animais, substâncias bioativas, extratos vegetais, agentes biológicos de controle de pragas, etc. (MAPA, 2020). Esses produtos podem ser obtidos por meio de processos biotecnológicos, nos quais os organismos são manipulados geneticamente ou utilizados para produzir substâncias úteis. Na agricultura a utilização de bioinsumos é uma prática cada vez mais comum. E que possibilita aos agricultores melhorar os rendimentos produtivos por meio do manejo integrado de enfermidades e o combate à resistência a estresses bióticos e abióticos (CAMPOS, 2020).

Cada vez mais o mercado demanda de práticas agrícolas que visam a sustentabilidade objetivando a superação do modelo de desenvolvimento dependente de recursos não-renováveis, gerador de poluição, de impactos negativos no clima, nos recursos ambientais, no bem-estar e na saúde das pessoas (LOPES, 2018). A aplicação de bioinsumos é altamente difundida no controle alternativo de pragas, doenças e plantas invasoras, em função dos grandes problemas causados ao meio ambiente devido ao uso intensivo de agrotóxicos (MORANDI; BETTIOL, 2009). Segundo Pomella e Ribeiro (2009), produtos constituídos por fungos *Trichoderma* spp. são eficientes na diminuição da severidade de doenças ocasionadas por patógenos que habitam o solo, como *Fusarium*, *Phytophthora*, *Sclerotinia*, e ainda reduz a incidência de tombamento em plantas.

Anteriormente os insumos biológicos eram usados principalmente na agricultura orgânica ou com base na agroecologia, pois são a base para o manejo desses sistemas. Hoje, eles também desempenham papel cada vez mais importante na agricultura tradicional, como alternativa ou complemento de fertilizantes e produtos, sanidade vegetal, custos de produção mais baixos, e não apenas para o controle de

pragas e doenças. O melhor exemplo dessa tecnologia e tendência é o desenvolvimento e aplicação de produtos em larga escala a base de bactérias biológicas fixadoras de nitrogênio, principalmente para o cultivo de soja nas décadas de 1990 e 2000 (VERISSIMO; GRINDI; MOREIRA, 2020).

Apesar disso, a cultura do milho ainda é majoritariamente produzida em sistemas de produção tradicionais ou agricultura moderna, com forte utilização de agroquímicos, fertilizantes e pesticidas, que dão resposta rápida ao nível do rendimento físico dos produtos agrícolas, mas conduzem à degradação dos ecossistemas, solos e ambientes (MOTES, 2010). Nesse sentido, os sistemas agrícolas tradicionais carecem da implementação de tecnologias voltadas à redução dos impactos ambientais, econômicos e sociais, substituindo pelo menos parte dos insumos químicos (SOUZA *et al.*, 2021). No que tange a preservação dos recursos hídricos, estudos comprovaram a utilização de bactérias nativas da caatinga para mitigar os efeitos causados pelo déficit hídrico, em plantas de milho (DIAS *et al.*, 2022).

### **3.4 Tratamento de sementes**

O tratamento de sementes é um processo importante na agricultura, no qual as sementes são tratadas com produtos químicos, biológicos ou físicos antes de serem semeadas. O objetivo principal desse tratamento é proteger as sementes e as plântulas de doenças, pragas e estresses ambientais, promovendo estabelecimento saudável e crescimento inicial vigoroso das plantas (PARISI; MEDINA, 2013).

A inoculação de sementes com microorganismos oferece diversos benefícios para a agricultura. Esse método pode aumentar a germinação e o vigor das plantas, promover um crescimento mais saudável, e melhorar a resistência a doenças e pragas (MACHADO *et al.*, 2012). Além disso, os microorganismos benéficos podem fixar nitrogênio, solubilizar fósforo e produzir hormônios de crescimento, resultando em uma maior eficiência na absorção de nutrientes. Esses benefícios não só elevam a produtividade das culturas, mas também contribuem para a sustentabilidade agrícola ao reduzir a necessidade de fertilizantes e agroquímicos.

O tratamento biológico de sementes, consiste na utilização de agentes biológicos, como bactérias benéficas, fungos ou outros microrganismos, para proteger as sementes contra patógenos ou melhorar as características fisiológicas das plantas, e a utilização desses produtos acaba trazendo benefícios econômicos, sociais e ao

ambiente ao invés da utilização de produtos químicos (POMELLA; RIBEIRO, 2009). Por exemplo, inoculantes de rizóbios podem ser aplicados em sementes de leguminosas para promover a fixação de nitrogênio e melhorar o crescimento das plantas (XAVIER *et al.*, 2005).

O uso de produtos de origem biológica no tratamento de sementes na cultura do milho tem sido cada vez mais comum, em vista dos benefícios que pode trazer à cultura, como a fixação biológica do nitrogênio e o aumento da quantidade de raízes, promovendo melhor eficiência na absorção de água e nutrientes pela planta, contribuindo para o desenvolvimento do milho, principalmente em períodos de seca (QUADROS *et al.*, 2014).

Variados são os mecanismos que podem auxiliar a planta durante situações de estresse hídrico, dentre eles: maior desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea, melhor assimilação de nutrientes, aceleração da germinação e resistência aos fatores abióticos desfavoráveis (MAGALHÃES *et al.*, 2002). Em condições edafoclimáticas desfavoráveis ou possíveis problemas acarretados por patógenos um dos métodos mais utilizado é o uso de sementes de alta qualidade, que passaram por algum tipo de tratamento, que garantem boa germinação e emergência das plântulas (SILVA, 2016). Segundo Camuzzato *et al.* (2022), o tratamento de sementes de milho com fungos do gênero *Trichoderma* spp. demonstraram resultados satisfatórios quanto a germinação de sementes, desenvolvimento aéreo e radicular, em condições de estresse hídrico.

#### **4 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado no período de 12 a 27 de outubro de 2023, na Universidade Estadual do Piauí- UESPI, localizada no município de Uruçuí-PI, latitude -07°13'46", longitude -44°33'22" e altitude 167 metros, os dados climáticos estão representados na Figura 1.

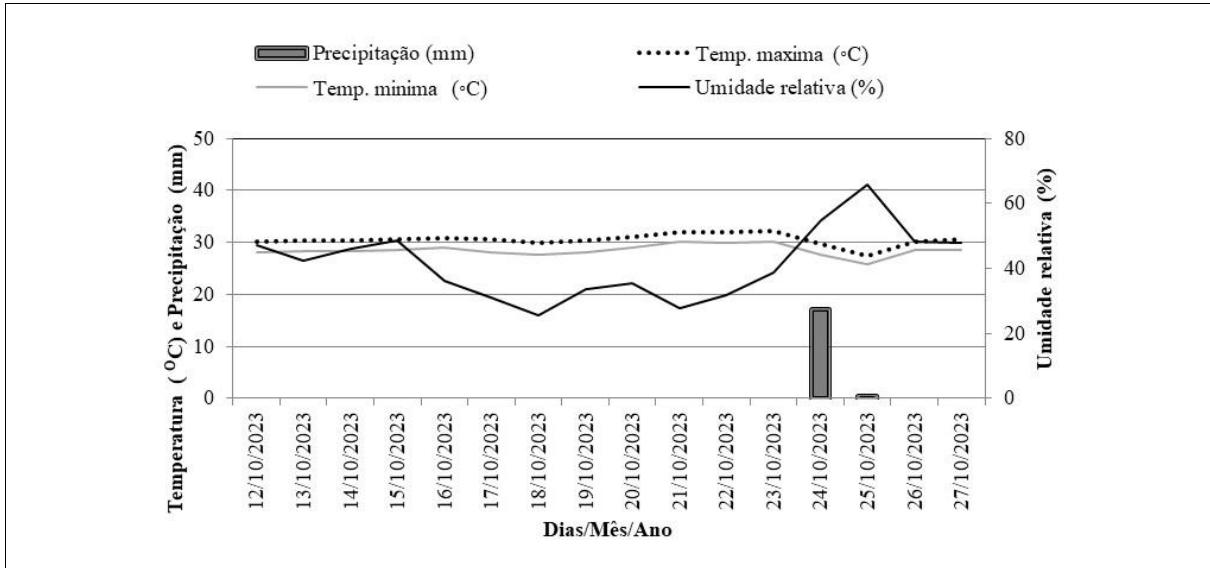


Figura 1 - Dados de precipitação, temperatura máxima e mínima e umidade relativa de 12 a 27 de outubro de 2023, Uruçuí-PI. Fonte: INMET, <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>

#### 4.1 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema fatorial 4 x 4, sendo as sementes da cultivar de milho safrinha MG580, tratadas com 3 inoculantes microbiológicos e a testemunha (semente sem tratamento) e 4 potenciais hídricos: 80, 70, 60, e 50% da capacidade de retenção de água do substrato (areia), totalizando 16 tratamentos. E a determinação do teor de umidade das sementes após os tratamentos foi conduzida no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e 4 tratamentos (3 tratamentos com inoculantes e a testemunha).

As sementes foram inoculadas com os microbiológicos: Bioasis®, Auras® e Azotrop®, cujas as características estão dispostas na Tabela 1.

#### 4.2 Avaliação inicial do teor de umidade e do peso de mil sementes

##### 4.2.1 Teor de umidade das sementes

Após o tratamento com os inoculantes e antes da semeadura foi determinado o teor de umidade das sementes, pelo método de estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 h, seguindo a metodologia descrita na Regras de Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009). A porcentagem de umidade foi calculada com base no peso úmido, aplicando-se a seguinte formula:

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{Pi - Pf}{Pi - t} \times 100$$

Onde:

Pi = Peso inicial: peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente;

Pf = Peso final: peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente seca;

t = Tara, peso do recipiente com sua tampa.

Tabela 1 – Características dos produtos microbiológicas.

Inoculante microbiológico	Composição	Concentração	Dosagem
Bioasis Power®	<i>Bacillus aryabhattai</i> <i>Bacillus circulans</i> <i>Bacillus haynesii</i>	<b><i>Bacillus aryabhattai</i></b> CBMAI 1120 $2,1 \times 10^{12}$ endósporos viáveis/L  <b><i>Bacillus circulans</i></b> CCT 0026 $3,0 \times 10^{11}$ endósporos viáveis/L  <b><i>Bacillus haynesii</i></b> CCT 7926 $8,8 \times 10^{11}$ endósporos viáveis/L	200 mL/100 Kg de sementes
Auras®	<i>Bacillus aryabhattai</i> CMAA 1363	$1 \times 10^8$ UFC/mL	4 mL/Kg semente de milho
Azotrop®	<i>Azospirillum brasiliense</i> CEPA Ab-V5 e Ab-V6	$2 \times 10^8$ UFC/mL	100 mL 60.000 sementes de milho

#### 4.2.2 Peso de mil sementes

O peso de mil sementes foi determinado utilizando oito subamostras de 100 sementes, que foram pesadas em balança analítica digital com sensibilidade de 0,001 g, conforme as RAS (BRASIL, 2009). O resultado foi expresso em gramas por mil sementes.

#### 4.3 Simulação do déficit hídrico

Inicialmente foram pesadas 500 g de areia seca para determinar a capacidade de retenção de água. A areia foi colocada em funil com filtro de papel e foi adicionado 300 mL de água (Figura 2A). Subtraiu-se o volume de água filtrada do volume colocado obtendo-se a capacidade de retenção de água da areia (100%). Com base nesse volume retido calculou-se o volume de água correspondente a cada potencial

hídrico. 8 Kg de areia seca foram colocados em cada vaso (parcela), e em seguida molhada de acordo com o potencial hídrico 1.024; 896; 768 e 640 mL de água para os potenciais de 80, 70, 60 e 50%, respectivamente e realizou-se a semeadura (Figura 2B). Em seguida os vasos foram pesados e o peso de cada vaso anotado.

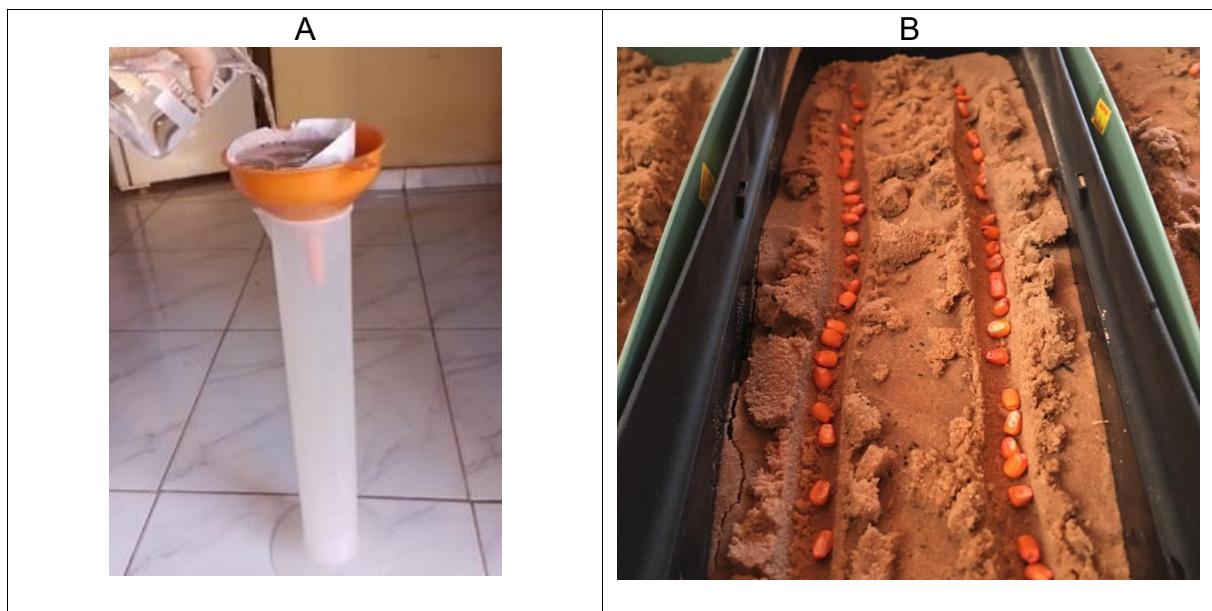


Figura 2 - A) determinação da capacidade de retenção de água da areia e B) semeadura do milho cv MG580.

#### 4.4 Variáveis avaliadas

##### 4.4.1 Emergência e desenvolvimento inicial das plantas

Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes em cada tratamento. As sementes foram semeadas a 2 cm de profundidade em vasos plásticos não perfurados contendo 8,0 Kg de areia e água de acordo com o tratamento. A irrigação foi realizada diariamente para manter o potencial hídrico da areia, para isso os vasos foram colocados sobre a balança digital e adicionou-se água até atingir o peso inicial de cada vaso para manter a umidade adequada de acordo com o potencial hídrico acima citado. Após 15 dias da semeadura avaliou-se a porcentagem de plântulas normais, anormais e doentes e sementes não germinadas.

##### 4.4.2 Índice de velocidade de emergência (IVE)

Foi conduzido em conjunto com a emergência de plântulas, anotando-se diariamente a porcentagem de plântulas emergidas até o valor permanecer constante (Figura 3). Foram consideradas emergidas as plântulas que apresentaram o coleóptilo

acima da superfície da areia, ereto e aberto. O IVE foi calculado empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962), com modificações:

$$\text{IVE} = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n}$$

Onde:

$E = \% \text{ de plântulas emergidas};$

$N = n^{\circ} \text{ de dias após o plantio das sementes.}$



Figura 3 - Emergência de plântulas: A) plântulas emergindo e B) plantas após 15 dias da semeadura.

#### 4.4.3 Comprimento de planta (CP)

Foi mensurado com o auxílio de uma régua centimétrica, a partir da base do colmo da planta até o ápice da folha mais longa (Figura 4A). Os dados foram expressos em cm.

#### 4.4.4 Massa fresca e seca de plantas

As plantas foram retiradas do substratos (Figura 4B) e analiadas, em seguida dez plantas de cada tratamento e repetição foram lavadas em água e secas em papel toalha para a retirada do excesso de água, em seguida foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e pesados (Figura 4C). Os sacos contendo as plantas foram pesados em balança de precisão de 0,001g, para obter a massa fresca por planta. Em seguida foram mantidos em estufa de ar forçado a  $70 \pm 3^{\circ}\text{C}$  por 72 horas e novamente pesados para o cálculo da massa seca por planta. Os valores obtidos em cada repetição foram divididos pelo número de plantas avaliadas (10 plantas) e os resultados foram expressos em g por planta.

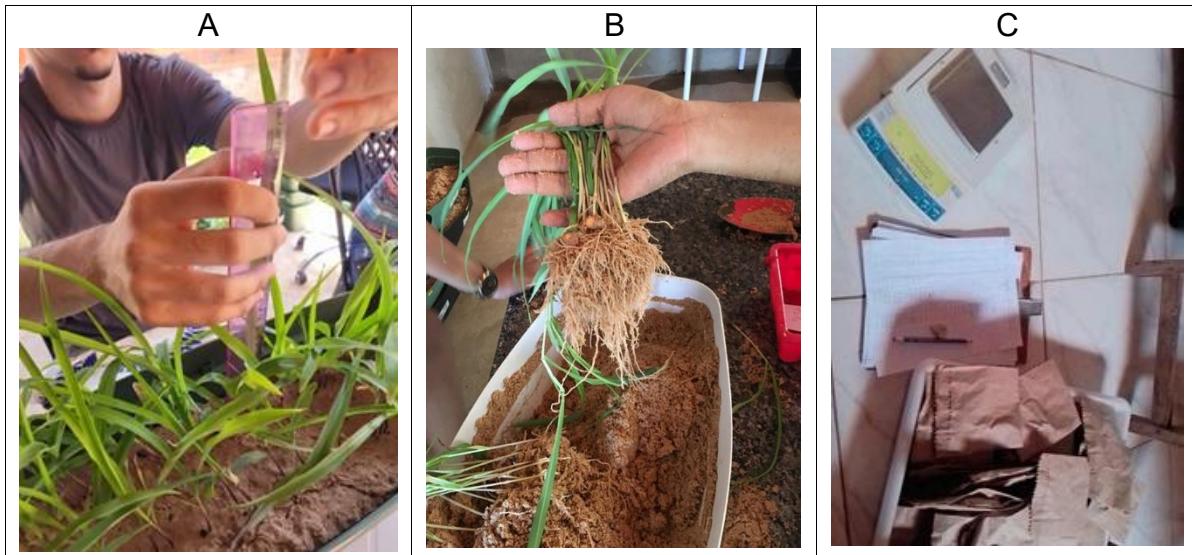


Figura 4 - A) determinação do comprimento das plantas; B) plantas retiradas do substrato e C) peso da massa seca das plantas de milho.

#### 4.4.5 Volume da raiz (VR)

Ao final dos 15 dias após a semeadura (DAP), realizou-se o arranquio das plantas com cuidado para não danificar o sistema radicular (Figura 4B). As plantas foram lavadas em água corrente para a retirada do substrato das raízes. Foi retirado ao acaso uma amostra de 10 plantas, cujo sistemas radiculares foram colocados em uma proveta com capacidade de  $100 \text{ cm}^3$  (Figura 5), com  $70 \text{ cm}^3$  de água e a diferença no volume inicial ( $70 \text{ cm}^3$ ) e o volume final foi considerado o volume das raízes das 10 plantas (MARTINS et al., 2016).



Figura 5 – A) amostra de 10 plantas; B) raízes separadas das partes aéreas e C) determinação do volume de raiz de plantas de milho.

#### 4.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias dos tratamentos biológicos foram feitas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software SISVAR, versão 5.8 (FERREIRA, 2017). As médias do potencial hídrico foram comparadas por regressão de acordo com a significância das interações, utilizando-se o programa estatístico R version 4.3.1 (USP 2023). Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t” a 5% de probabilidade.

#### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de milho cv. MG580 apresentaram peso de mil semente de 306,60 g e umidade média de 10,76% independente do tratamento.

Houve efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) para tratamento e o potencial hídrico e ( $P \leq 0,01$ ) para a interação destes dois fatores para os dados de índice de velocidade de emergência (Tabela 2).

Tabela 2 – Índice de velocidade de emergência de plântulas de milho cv. MG580, submetidas a diferentes tratamentos e potenciais hídricos.

Tratamento	Potencial hídrico (%)			
	50	60	70	80
Testemunha	29,78 a	28,15 a	31,43 a	30,53 a
Azotrop®	31,20 a	31,75 a	31,20 a	30,75 a
Auras®	24,40 b	31,08 a	30,23 a	30,50 a
Bioasis®	30,45 a	31,48 a	29,80 a	32,08 a
Médias	29,97	31,23	29,05	30,95
Bloco		4,6922		
Tratamento (T)			15,7352*	
Potencial hídrico (PH)				13,1927*
T x PH				12,7571**
Resíduo			4,2875	
CV (%)				6,83

\*\* e \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não difere entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Analisando os diferentes tratamentos em cada potencial hídrico, observou-se que houve diferenças de tratamentos apenas no potencial de 50%, no qual as sementes tratadas com Auras® apresentaram menor IVE (24,40) em relação aos demais biológicos e a testemunha (Tabela 2). Nesse caso o produto biológico Auras®, composto da bactéria *Bacillus aryabhattai*, dificultou a absorção de água em condições de déficit hídrico, 50% da capacidade de retenção de água do substrato. Nesse trabalho o uso do biológico Auras® não foi favorável a germinação e a emergência de plântulas de milho. Porém Kavamura (2012), observou que a inoculação com bactérias do gênero *Bacillus*, desencadeou o fechamento estomático de plântulas de milho, reduzindo a perda de água, sob estresse hídrico.

Apenas as sementes tratadas com Auras® apresentaram IVE abaixo de 25, os demais tratamentos e a testemunha, apresentaram IVE variando de 28,15 na testemunha e no potencial hídrico de 60% à 32,08 no tratamento com Bioasis® e no potencial hídrico de 80% da capacidade do substrato (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Kappes *et al.* (2010), observaram que o estresse hídrico afeta a velocidade de germinação do milho.

Observando o comportamento de cada tratamento das sementes em função do potencial hídrico houve efeito quadrático apenas para o tratamento das sementes com Auras®, com menor IVE (24,83) no potencial hídrico de 50%, aumentando até 31,52 no potencial 70% e a partir desse houve uma pequena redução no IVE. As sementes sem tratamento (testemunha) e as tratadas com Azotrop® e Bioasis®, apresentaram IVE médio de 29,97; 31,48 e 30,95, respectivamente, independente do potencial hídrico do substrato (Figura 6). Já segundo Dias *et al.* (2022), a inoculação de sementes de milho apresenta resposta positiva contra os efeitos negativos da seca, promovendo mecanismos que expandem o crescimento das células, mesmo em condições de estresse.

Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) para tratamento e a interação tratamento e potencial hídrico para as variáveis porcentagem de plantas normais (PLNOR) e plantas anormais, doentes e sementes mortas (PLANDOSM), com valores médios 87,0 e 13,0%, respectivamente (Tabela 3). Concordando com os resultados observados por Jales *et al.* (2021), a inoculação por bactérias não foi capaz de alterar a morfofisiologia vegetal e o desenvolvimento inicial das plantas de milho. E Conceição *et al.* (2008), observaram que a inoculação com bactérias em sementes de

milho não afetou a germinação além de não promover aumento da massa seca da parte aérea da planta.

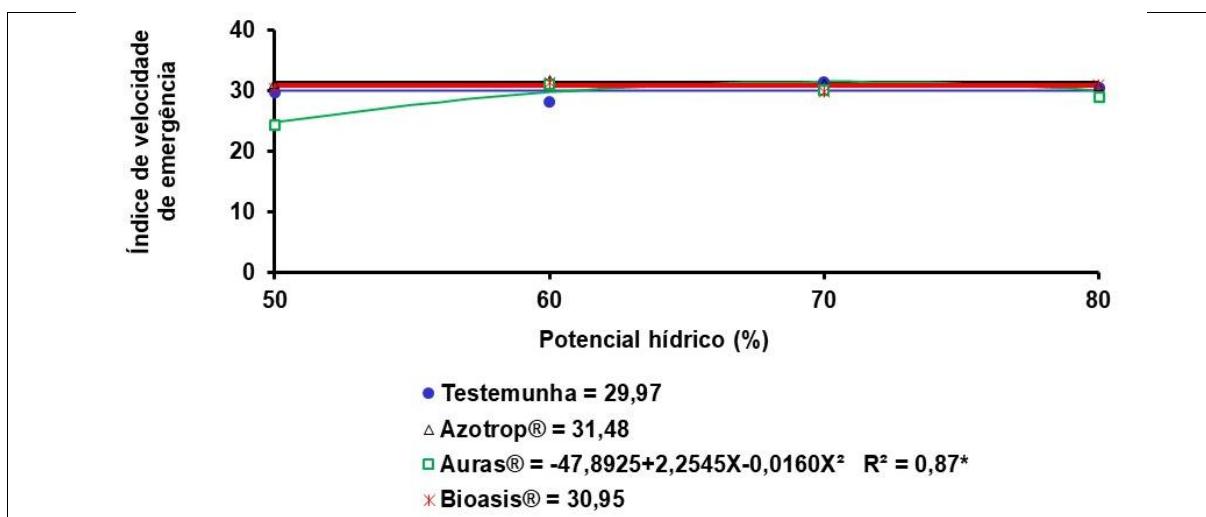


Figura 6 – Índice de velocidade de emergência de plântulas de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e diferentes potenciais hídricos.

Tabela 3 – Porcentagens de plantas normais (PLNOR) e plantas anormais, doentes e sementes mortas (PLANOSM) de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e potenciais hídricos.

Tratamento	PLNOR (%)	PLANOSM (%)
Testemunha	86,25	13,75
Azotrop®	89,75	10,25
Auras®	81,75	18,25
Bioasis®	90,25	9,75
Médias	87,00	13,00
CV (%)	10,90	72,98
Bloco	132,6667	132,6667
Tratamento (T)	246,6667 <sup>ns</sup>	246,6667 <sup>ns</sup>
Potencial hídrico (PH)	280,0000*	280,0000*
T x PH	119,5556 <sup>ns</sup>	119,5556 <sup>ns</sup>
Resíduo	90,0000	90,0000

\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

A média de 87,0% de plantas normais em campo está dentro do valor considerado bom para a cultura do milho que é de no mínimo de 80,0% de germinação para comercialização de lotes de sementes. No entanto, o processo inicial de desenvolvimento das plântulas, pode sofrer impactos negativos quando a absorção de água é inadequada, comprometendo o início das atividades metabólicas, a reativação enzimática e a degradação das substâncias de reserva. Isso resulta em atraso na formação das estruturas e no desenvolvimento do embrião (CARVALHO et al., 2016).

Houve efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) para o potencial hídrico para as variáveis porcentagem de plantas normais e plantas anormais, doentes e sementes mortas (Tabela 3) independentemente do tipo de tratamento das sementes.

A porcentagem de plantas normais em campo foi estimada pela curva de regressão quadrática com 81,55% no potencial hídrico de 50,0%, ou seja, houve um aumento inicial da porcentagem de plantas normais em função do aumento do potencial hídrico até o valor de 68%, quando atingiu o máximo (90,73%), a partir desse houve redução na porcentagem de plantas normais com 86,95% no potencial 80% (Figura 7). O estresse hídrico, tanto em excesso quanto em deficiência de água, desencadeia desafios nas respostas de germinação das sementes (PIANA, 1994). Segundo Razera (1982), o nível ideal de umidade do substrato para promover a emergência das plântulas está situado entre 40% e 60% da capacidade de saturação do solo. Assim, potenciais hídricos acima de 68,0% da capacidade de retenção de água, torna prejudicial a germinação e emergência de plantas normais de milho cv. MG580 (Figura 7).

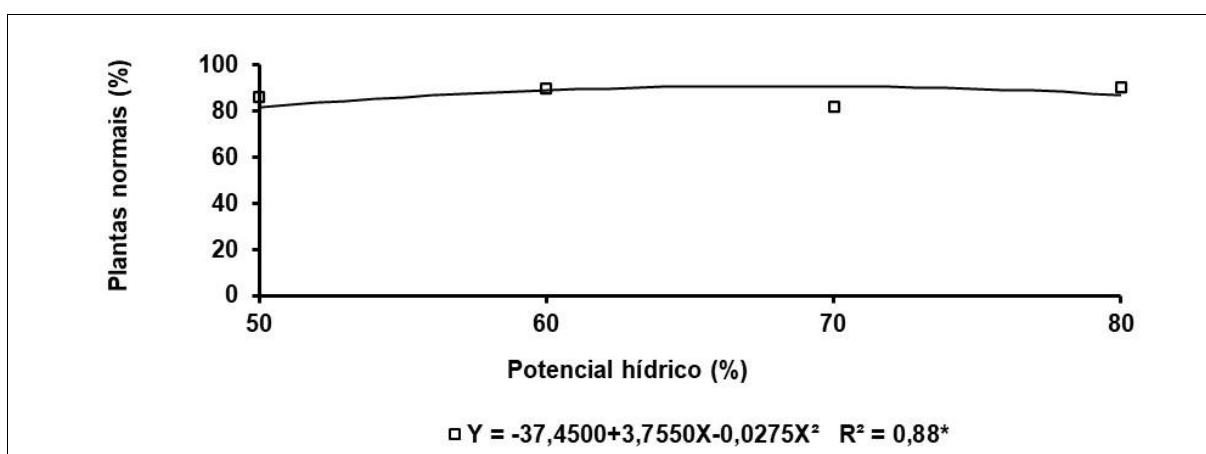


Figura 7 – Porcentagens de plantas normais de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e diferentes potenciais hídricos.

A maior porcentagem de plantas anormais, doentes e sementes mortas (PLANDOSM) em campo foi estimada pela curva de regressão quadrática com 18,5% no potencial hídrico de 50,0%, houve decréscimo inicial do PLANDOSM em função do aumento do potencial hídrico até o valor de 9,27%, quando atingiu o menor valor no potencial hídrico de 68%, a partir desse houve um pequeno aumento na porcentagem de PLANDOSM (Figura 8). O menor potencial hídrico proporcionou a menor porcentagem de plantas normais (Figura 7) e a maior porcentagem de plantas anormais, doentes e sementes mortas (Figura 8). Isso também foi observado por Henrique *et al.* (2021), que a diminuição na disponibilidade de água teve impacto adverso tanto na porcentagem de germinação de plantas normais quanto na velocidade de germinação, além de resultar em aumento significativo no número de plântulas com características anormais.

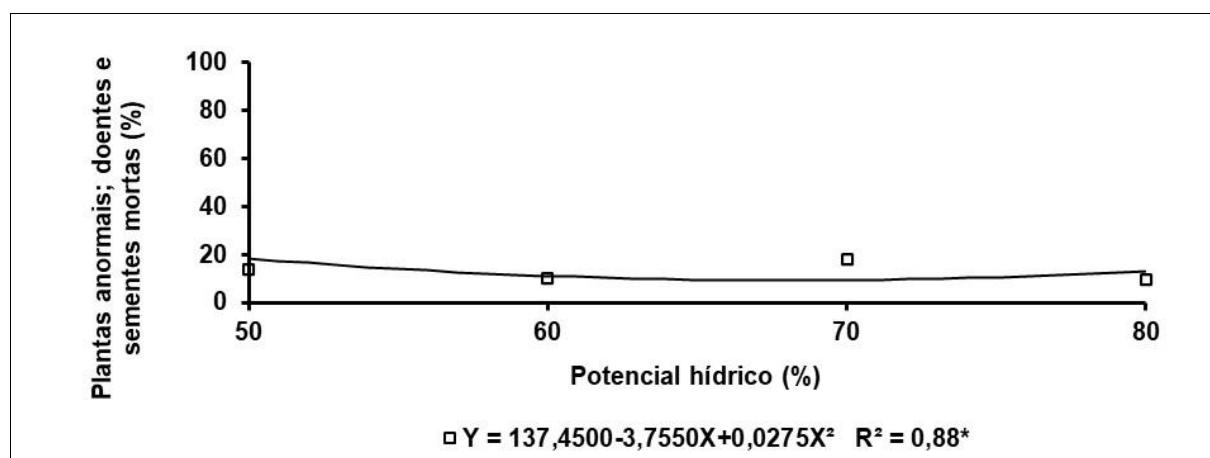


Figura 8 – Porcentagens de plantas anormais, doentes e sementes mortas de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e diferentes potenciais hídricos.

Os resultados da análise de variância dos dados de comprimento de plantas, massa fresca e massa seca de plantas, não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) para tratamento e a interação entre tratamento e potencial hídrico (Tabela 4). Sugerindo que, essas três variáveis não foram influenciadas pelo tratamento microbiológico aplicado às sementes de milho, com valores médios de 25,08 cm de comprimento, 1,17 e  $0,17 \text{ g pl}^{-1}$  de massa fresca e seca, respectivamente (Tabela 4). Em estudos realizados por Cavallet *et al.* (2000) também não foi encontrado efeitos significativos sobre a altura de planta em decorrência da inoculação por bactéria. Resultados

similares a esses foram encontrados também por Bartchechen *et al.* (2010) e Vorpagel (2010).

Tabela 4 – Comprimento de plantas, massa fresca e massa seca de plantas de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e potenciais hídricos.

Tratamento	Comprimento (cm)	Massa fresca (g pl <sup>-1</sup> )	Massa seca (g pl <sup>-1</sup> )
Testemunha	24,58	1,17	0,16
Azotrop®	25,97	1,19	0,17
Auras®	25,13	1,17	0,16
Bioasis®	24,64	1,15	0,19
Médias	25,08	1,17	0,17
CV (%)	8,14	14,64	30,78
Bloco	12,7110	0,0265	0,0007
Tratamento (T)	6,5652 <sup>ns</sup>	0,0032 <sup>ns</sup>	0,0025 <sup>ns</sup>
Potencial hídrico (PH)	21,2068 <sup>**</sup>	0,0897 <sup>*</sup>	0,0050 <sup>ns</sup>
T x PH	3,8911 <sup>ns</sup>	0,0439 <sup>ns</sup>	0,0024 <sup>ns</sup>
Resíduo	4,1688	0,0293	0,0028

\*\* e \* Significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

O potencial hídrico teve um efeito significativo ( $P \leq 0,01$ ) para o comprimento das plantas e ( $P \leq 0,05$ ) para a massa fresca das plantas e não significativo ( $P > 0,05$ ) para a massa seca das plantas (Tabela 4). Isso indica que a quantidade de água disponível teve impacto no crescimento das plantas e na capacidade de retenção de água, refletida no comprimento e na massa fresca (Figuras 9 e 10, respectivamente). No entanto, não afetou a massa seca, o que pode indicar que outros fatores além do teor de água influenciam a produção de matéria seca (Figura 11). Segundo Alves (2021), em estresse hídrico o milho acaba respondendo negativamente a qualidade da massa fresca. Em condições de restrição hídrica diminui a área foliar e consequentemente a taxa de transpiração (TAIZ *et al.*, 2017).

O potencial hídrico independente do tratamento com inoculante apresentou efeito significativo sobre o comprimento das plantas, observando na equação quadrática de regressão em função do potencial hídrico (Figura 9). Inicialmente houve

pequena redução no comprimento das plantas até o valor mínimo de 23,69 cm estimado pela equação no potencial de 65% e após esse houve aumento no comprimento das plantas atingindo 25,84 cm no potencial de 80% (Figura 9). Isso sugere que a quantidade de água disponível no solo tem impacto no crescimento das plantas de milho. Um dos efeitos mais evidentes observados em plantas submetidas ao estresse hídrico foi a diminuição do tamanho da planta e da extensão de suas folhas (KRAMER, 1983).

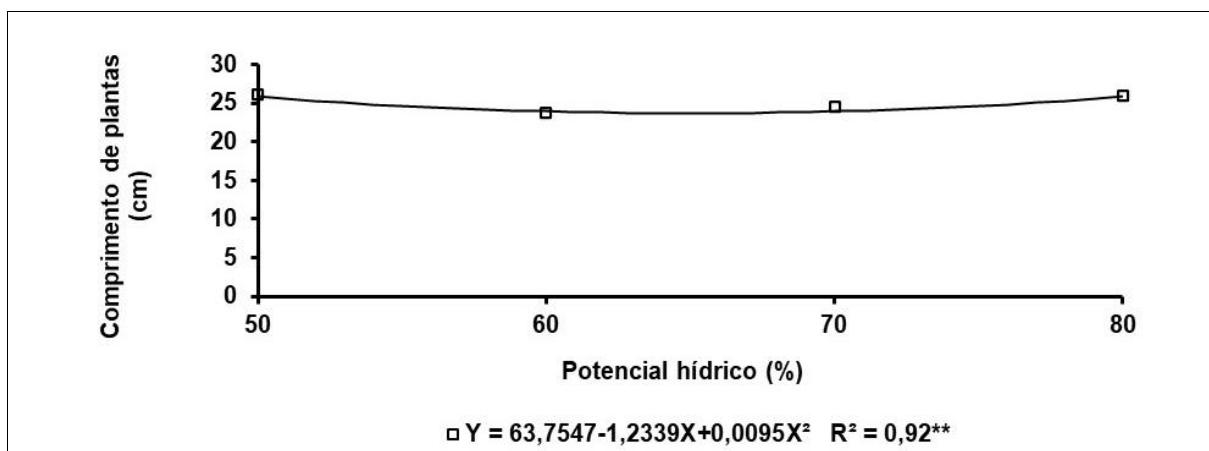


Figura 9 – Comprimento de plantas de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e diferentes potenciais hídricos, 15 dias após o plantio.

A massa fresca das plantas de milho apresentou comportamento quadrático variando em função do potencial hídrico independente do tratamento das sementes com inoculante (Figura 10). Inicialmente houve um pequeno aumento na massa fresca das plantas até o valor máximo de  $1,25 \text{ g pl}^{-1}$  estimado no potencial de 65% e após esse houve redução na massa fresca ( $1,11 \text{ g pl}^{-1}$ ) no potencial de 80% (Figura 10). Mostrando que a quantidade de água no substrato tanto o déficit quanto o excesso prejudica o desenvolvimento inicial das plantas.

O equilíbrio adequado no fornecimento de água é crucial para o desenvolvimento saudável das plantas, pois tanto o excesso quanto a escassez podem resultar em danos e redução na produtividade (TAIZ; ZEIGER, 2013). Portanto, é essencial compreender as necessidades hídricas de cada cultura, visando um manejo consciente que promova o crescimento satisfatório das plantas. Esse conhecimento não só melhora a qualidade da produção agrícola, mas também ajuda

a evitar o desperdício de água e reduzir os custos associados à irrigação, contribuindo assim para uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos (COÊLHO *et al.*, 2014).

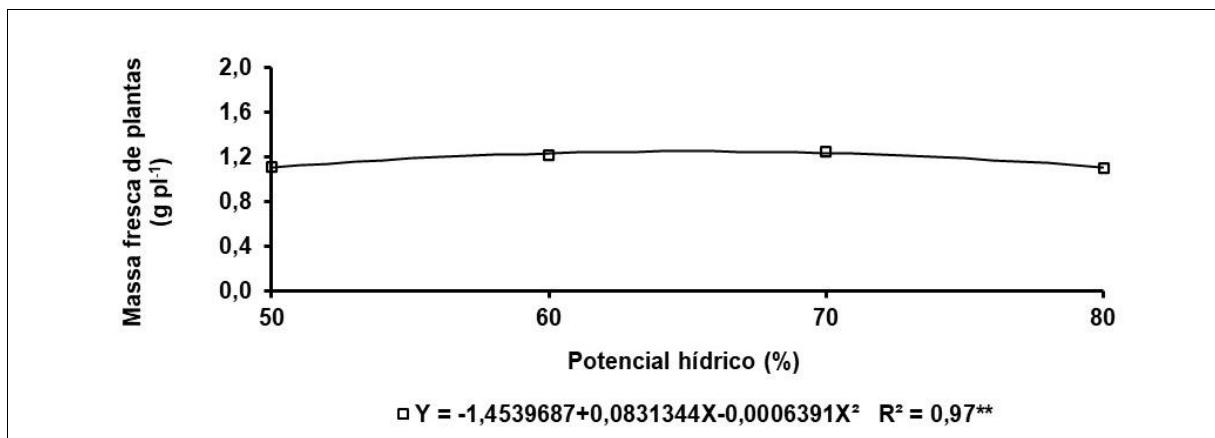


Figura 10 – Massa fresca de plantas ( $\text{g pl}^{-1}$ ) de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e diferentes potenciais hídricos, 15 dias após o plantio.

Diferentemente da massa fresca, o potencial hídrico não teve efeito significativo sobre a massa seca das plantas, com valor médio de  $0,17 \text{ g pl}^{-1}$  (Figura 11). O que discorda dos resultados encontrados por Vilela e Büll (1999), que observaram aumento significativo da produção de massa seca de plantas de milho em função do aumento no teor de água do solo. Em situações de escassez de água, as plantas geralmente reduzem significativamente a área foliar, com isso vai haver menor fotossíntese e consequentemente menor massa seca.

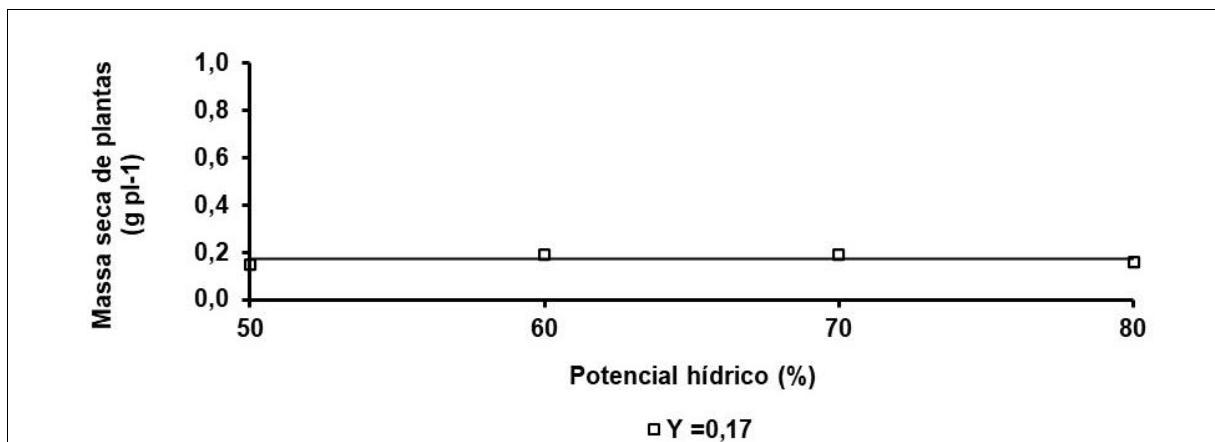


Figura 11 – Massa seca de plantas ( $\text{g pl}^{-1}$ ) de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e diferentes potenciais hídricos, 15 dias após o plantio.

Sob estresse hídrico severo, é comum observar redução drástica na biomassa da parte aérea das plantas. Este fenômeno é bem documentado em estudos anteriores (CURÁ *et al.*, 2017). Nesse trabalho isso não foi observado provavelmente pelo fato da análise ter sido realizada com apenas 15 dias após a semeadura, não sendo o tempo suficiente para as plantas responderem de forma significativa aos diferentes potenciais hídricos em que foram submetidas.

Os resultados de análise de variância dos dados de volume de raiz mostraram efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) para tratamentos das sementes, potenciais hídricos e a interação entre essas duas variáveis (Tabela 5).

Tabela 5 – Volume de raiz de 10 plantas de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a diferentes tratamentos e potenciais hídricos, 15 dias após o plantio.

Tratamento	Potencial hídrico (%)			
	50	60	70	80
$\text{cm}^{-3}$				
Testemunha	1,75 a	4,75 a	5,00 a	4,75 a
Azotrop®	3,75 a	3,25 a	3,00 a	1,50 b
Auras®	3,00 a	3,50 a	4,50 a	3,75 ab
Bioasis®	3,00 a	5,25 a	4,50 a	4,25 a
Médias	2,88	4,19	4,25	3,56
Bloco			3,0208	
Tratamento (T)			5,9375*	
Potencial hídrico (PH)			6,6042*	
T x PH			3,9236*	
Resíduo			1,6208	
CV (%)			34,24	

\* Significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não difere entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Comparando os tratamentos dentro de cada potencial hídrico, nos potenciais 50, 60 e 70% da capacidade de retenção de água não houve diferença significativa no volume de raiz por planta com valores médio de 2,88; 4,19 e 4,25  $\text{cm}^{-3}$ , respectivamente (Tabela 5). No entanto, no potencial hídrico de 80%, observou-se que o tratamento Azotrop® afetou negativamente o volume de raiz das plantas de milho

(1,50 cm<sup>-3</sup>) em comparação ao tratamento com Bioasis® 4,25 cm<sup>-3</sup> e a testemunha 4,75 cm<sup>-3</sup> (Tabela 5). O volume de raiz é crucial para a resistência das plantas à seca, pois desempenha papel fundamental na absorção, armazenamento e utilização eficiente de água. Raízes bem desenvolvidas aumentam a superfície de absorção, permitindo que as plantas captem mais água do solo. Isso é especialmente crítico durante períodos de seca, quando a água no solo pode estar escassa (AUGÉ, 2001) ou a baixa fertilidade do solo (MIRANDA, 2008).

Azotrop® é um inoculante líquido composto da cultura pura de bactérias *Azospirillum brasiliense*, promotoras de crescimento de plantas. Segundo estudos realizados por Coelho *et al.* (2017), a inoculação de sementes de milho com *A. brasiliense* não teve impacto nas respostas das plantas à escassez de água. Porém, identificou-se que as bactérias *Azospirillum lipoferum* são eficazes em mitigar os efeitos da deficiência de água em plantas de milho inoculadas, principalmente através da indução da produção de ácido abscísico e giberelina (COHEN *et al.*, 2009).

Os resultados relacionados à inoculação de sementes com bactérias do gênero *Azospirillum* são altamente variáveis, influenciados pelas características genéticas tanto da planta quanto do hospedeiro, além das condições ambientais específicas de cada estudo. Por exemplo, Couillerot *et al.* (2013), observaram aumento significativo no acúmulo de biomassa de plantas de milho inoculadas com *A. brasiliense*, *Pseudomonas fluorescens* e *Glomus intraradices*, mas esse efeito foi observado apenas nos estágios iniciais do desenvolvimento das plantas.

A aplicação de inoculantes nas sementes de milho, proporcionaram volumes de raiz constante independente do potencial hídrico, com valores médios de 2,88; 3,69 e 4,25 cm<sup>-3</sup> nos tratamentos Azotrop®, Auras® e Bioasis®, respectivamente (Figura 12).

Ao comparar os efeitos dos três inoculantes no sistema radicular das plantas de milho com a testemunha condições de baixo potencial hídrico 50%, observou-se que o uso de inoculantes favoreceu o desenvolvimento do sistema radicular, mostrando ser uma estratégia eficaz para lidar com o estresse hídrico (Figura 12). Porém em condições de maiores potenciais hídricos isso já não é observado, em potenciais de 60, 70 e 80% as plantas oriundas de sementes não inoculadas apresentaram maior volume de raízes (Figura 12). Conforme observado por Barber *et al.* (1988), a quantidade de água presente no solo desempenha um papel crucial no ritmo de crescimento das raízes do milho. A disponibilidade de água contribui para manter as células radiculares firmes e facilita o processo de expansão celular. De

acordo com Marques (2019), durante períodos de seca, foi observado que plantas de milho que receberam inoculação com *Azospirillum brasiliensis* conseguiram mitigar os efeitos adversos da escassez de água, resultando em melhor crescimento da parte aérea e maior absorção de nutrientes.

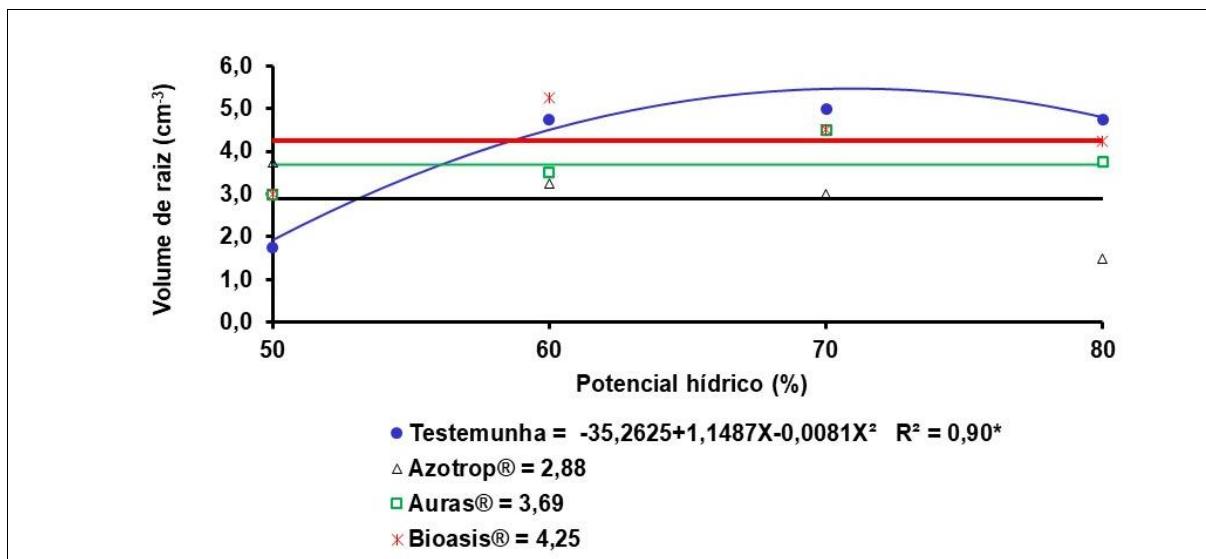


Figura 12 – Volume de 10 raiz de plantas de milho cv. MG580, oriundas de sementes submetidas a tratamentos microbiológicos e diferentes potenciais hídricos, com 15 dias após o plantio.

## 6. CONCLUSÃO

O tratamento das sementes de milho com o microbiológico Auras® reduziu o índice de velocidade de emergência de plântulas no potencial de 50%, em comparação as sementes não tratadas e as tratadas com Azotrop® e Bioasis®.

Os inoculantes favoreceram o desenvolvimento radicular das plantas em condições de estresse hídrico (50% da capacidade de retenção de água), mas não influenciaram na porcentagem de plantas normais, comprimento das plantas e na massa fresca ou seca de plantas.

A inoculação das sementes de milho com microbiológicos pode ser uma estratégia promissora para mitigar os efeitos do estresse hídrico nas fases de emergência e de desenvolvimento inicial das plantas. No entanto, é importante considerar os efeitos específicos de cada inoculante, bem como as condições ambientais, para maximizar os benefícios dessa prática na agricultura.

As sementes de milho MG580 mostraram ser bem resistentes ao déficit hídrico nas condições avaliadas, com resultados satisfatórios em quase todas as variáveis.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. M. Bactérias promotoras de crescimento de plantas como atenuantes do déficit hídrico em milho verde. **Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical)** Universidade Federal de Campina Grande. Pombal – PB. 2021. 52p.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. **Zoneamento de risco climático para a cultura do milho no Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 25p.
- ANDRADE, M. M. **Híbridos de milho verde irrigado cultivado sob espaçamentos e níveis de desfolha em ambiente de domínio de cerrado**. Ceres: IFGO, 2018. 50p. Dissertação (Mestrado Profissional em Irrigação no Cerrado) - Instituto Federal Goiano, Câmpus Ceres.
- AUGÉ, R. M. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Mycorrhiza**, v.11, n.1, p.3-42, 2001.
- BARBER, S. A. et al. Effect of soil temperature and water on maize root growth. **Plant Soil**, v.111, n.2, p.267-269, 1988.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. Largo dos Colegiais 2: Évora, 2014. 52p.
- BARTCHECHEN, A. et al. Efeito da inoculação de Azospirillum brasiliense na produtividade da cultura do milho (*Zea mays*). **Campo Digital**, v.5, n.1, p.56-59, 2010.
- BERGAMASCHI, H. et al. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.243-249, 2006.
- BERGAMASCHI, H. et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.831-839, 2004.
- BERGAMASCHI, H. et al. Estimating maize water requirements using agrometeorological data. **Revista argentina de agrometeorología**, v.1, n.1, p.23-27, 2001.
- BNB – Banco do Nordeste. **Milho: Produção e Mercados**. Banco do Nordeste (bnb), 2023. 9p. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1788/3/2023\\_CDS\\_291.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1788/3/2023_CDS_291.pdf). Acesso em: 10 de abril 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.
- BRETAS, R. M. et al. Proposta de regulamento nacional para realização de estudos de estabilidade de produtos biológicos. VII Conferência da Rede Pan-Americana para Harmonização da Regulamentação de Medicamentos (CPANDRH). Ottawa, Canadá,

2011. 5p. Disponível em: <https://www.paho.org/en/node/40327>. Acesso em: 25 de abril 2025.

CAMPOS, A. J. M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v.10, n.15, 7 p.e311101523155-e311101523155, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23155>. Acesso em: 06/06/2023.

CAMPOS, T. S. Uso de bioestimulantes no incremento da produtividade de grãos. **Revista Agrotecnologia**, v.11, n.1, p.9-15, 2020.

CAMUZZATO, G. et al. **Potencial bioestimulante de Trichoderma spp. na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de milho sob restrição hídrica**. Curitiba: UFSC, 2022. 40p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em:<[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/233018/TCC\\_Gabrielli\\_Camuzzato\\_Vers%C3%A3o\\_Final\\_correta.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/233018/TCC_Gabrielli_Camuzzato_Vers%C3%A3o_Final_correta.pdf?sequence=3&isAllowed=y)>. Acesso em: 28 de mai. 2023.

CARDOSO, M. J. **A cultura milho no Piauí-inovações tecnológicas**. Teresina: EMBRAPA MEIO NORTE /CPAMN, 1994. 5p.

CARVALHO, I. R. et al. Desempenho fisiológico de cultivares de soja com a regulação hídrica por manitol. **Revista Agrarian**, v.9, n.31, p.34-43, 2016.

CAVALLLET, L. E. et al. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.129-132, 2000.

COELHO, A. E. et al. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasiliense* em plantas de milho submetidas à restrição hídrica. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.16, n.2, p.186-192, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Coelho-3/publication/319088375\\_INOCULACAO\\_DE\\_SEMENTES\\_COM\\_Azospirillum\\_brasiliense\\_EM\\_PLANTAS\\_DE\\_MILHO\\_SUBMETIDAS\\_A\\_RESTRICAO\\_HIDRICA/links/598f969c458515b87b45cd07/INOCULACAO-DE-SEMENTES-COM-Azospirillum-brasiliense-EM-PLANTAS-DE-MILHO-SUBMETIDAS-A-RESTRICAO-HIDRICA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Coelho-3/publication/319088375_INOCULACAO_DE_SEMENTES_COM_Azospirillum_brasiliense_EM_PLANTAS_DE_MILHO_SUBMETIDAS_A_RESTRICAO_HIDRICA/links/598f969c458515b87b45cd07/INOCULACAO-DE-SEMENTES-COM-Azospirillum-brasiliense-EM-PLANTAS-DE-MILHO-SUBMETIDAS-A-RESTRICAO-HIDRICA.pdf). Acesso em: 04/03/2024.

COÊLHO, M. R. V. et al. Alterações fisiológicas e metabólicas em *Hyptis fruticosa* Salzm. ex. Beth e *Ocimum gratissimum* L. sob diferentes regimes hídricos. Feira de Santana: UFFS, 2014. 87p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Feira de Santana.

COHEN, A. C. et al. Participation of abscisic acid and gibberellins produced by endophytic *Azospirillum* in the alleviation of drought effects in maize. **Botany**, v.87, n.5, p.455-462, 2009.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Série histórica das safras. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/910-Milho>. Acesso em: 19 maio 2023.

CONCEIÇÃO, P. M. et al. Ecobrimento de sementes de milho com ácidos húmicos e bactérias diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.4, p.545-548, 2008.

COUILLETROT, O. et al. Comparison of prominent Azospirillum strains in Azospirillum-Pseudomonas-Glomus consortia for promotion of maize growth. **Applied Microbiology Biotechnology**, v.97, n.10, p.4639-4649, 2013.

CRUZ, J. C. et al. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA milho e sorgo, 2006. 12p.

CURÁ, J. et al. Inoculation with Azospirillum sp. and Herbaspirillum sp. Bacteria Increases the Tolerance of Maize to Drought Stress. **Microorganisms**, v.5, n.3, p. 41, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/5/3/41>. Acesso em: 04 de mar. 2024.

DIAS, K. C. F. P. et al. Proteção para a cultura de milho contra a seca mediada por bactérias da Caatinga. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.30, e026986, 2022. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/agrometeoros/article/view/26986/15011>. Acesso em: 29 de maio 2023.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guafba: Agropecuária, 2000. 360p.

FERRÃO, R. G. et al. Genética e melhoramento: desenvolvimento e recomendação de cultivares com tolerância à seca para o Espírito Santo. **Incaper em Revista**, v.6, n.4, p.51-71, 2016.

FERRARI, G. O. et al. Estabelecimento em campo de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar com ativos biológicos com tolerância a seca. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2017, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agronômico, 10p, 2017.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**, versão 5.8 (Build 92). Lavras: DES/UFLA, 2017. Disponível em: <https://des.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>. Acesso em: 18 de mar. 2023.

FREITAS, G. S. et al. Coinoculação do amendoim (*Arachis hypogaea L.*) com Bradyrhizobium e Azospirillum promove maior tolerância à seca. **Research, Society and Development**, v.9, n.7, p. e69973690-e69973690, 2020.

HENRIQUE, I. G. et al. Déficit hídrico e a germinação de sementes de híbridos de milho. **Nativa**, v. 9, n3, p. 240-246, 2021.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Dados Históricos. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 30 de out. 2023.

JALES, H. F. et al. **Morfofisiologia do milho inoculado com Azospirillum brasiliense submetido à restrição hídrica e adubação nitrogenada**. Sete Lagoa: EMBRAPA milho e sorgo, 2021. 43p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 227).

KAPPES, C. et al. Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. **Scientia agraria**, v.11, n.2, p.125-134, 2010.

KAVAMURA, V. N. Bactérias Associadas às Cactáceas da Caatinga: Promoção de crescimento de plantas sob estresse hídrico. Piracicaba: ESALq, 2012. 246p. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

KRAMER, P. J. Water deficits and plant growth. In: Water relations of plants. **Oxford: Academic Press**, 1983. p.343-389.

LANDAU, E. C.; MAGALHÃES, P. C.; GUIMARÃES, D. P. **Milho: Relações com o clima**. Sete Lagoa: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/relacoes-com-o-clima#:~:text=Uma%20redu%C3%A7%C3%A3o%20de%2030%25%20a,conforme%20a%20regi%C3%A3o%20do%20pa%C3%ADs>. Acesso em: 25 de maio 2023.

LOPES, M. A. **Os insumos biológicos na agricultura do futuro**. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Notícias – 18/09/18. Recursos Naturais. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/37761446/artigo---os-insumos-biologicos-na-agricultura-do-futuro>. Acesso em: 26 de abril 2025.

LORENÇONE, J. et al. Taxas de crescimento do milho nas condições edafo-climáticas do Sul do Mato Grosso do Sul. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v.2, n.1, 10p., 2018.

MACHADO, D. F. M. et al. Trichoderma no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p.274-288, 2012.

MAGALHÃES, P. C. et al. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 23p. (Circular Técnica, 22). Disponível em: <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/milho/circul22.pdf>. Acesso em: 28 de maio 2023.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da produção de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA milho e sorgo, 2006. 10p. (Circular Técnica, 76). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490408/1/Circ76.pdf>. Acesso em: 29 de abril 2023.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. Fisiologia da planta de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1994. 27p. (EMBRAPACNPMS. Circular Técnica, 20).

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MALDANER, L. J. et al. Exigência agroclimática da cultura do milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Energia Renováveis**, v.3, p.13-23, 2014.

MAPA. Bioinsumos. Bio-inputs enhance sustainability of agricultural production in Brazil, S.I. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/inovacao/bioinsumos/material-para-imprensa/en/bio-inputs-enhancesustainability-of-agricultural-production-in-brazil.pdf>. Acesso em: 26 de maio 2023.

MARANHÃO, F. M. et al. Efeito De Diferentes Inoculantes Sobre As Características Estruturais De Cultivares De *Panicum Maximum*. **Ipê Agronomic Journal**, v.3, n.2, p.56-63, 2019.

MARQUES, D. M. Déficit hídrico e doses de nitrogênio na morfofisiologia e produção de genótipos de milho inoculados por *Azospirillum brasiliense*. Lavras: UFLA, 2019. 79p. Tese (Doutorado em Botânica Aplicada) - Universidade Federal de Lavras.

MASCARANHAS, L. S. **Uso de inoculantes microbiológicos para otimização do crescimento e desenvolvimento de plantas de cana-de-açúcar cultivadas sob déficit hídrico**. Pelotas: UFPEL, 2021. 98p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Pelotas.

MARTINS, A. G. et al. 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>. Acesso em: 18 de fev. 2024.

MATZENAUER, R. et al. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja, no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2002. 104p. (BOLETIM FEPAGRO, 10).

MEDEIROS, R. M. **Isoietas médias mensais e anuais do Estado do Piauí**. Teresina: Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Irrigação – Departamento de Hidrometeorologia, 1996. 24p.

MIRANDA, J. C. C. Cerrado: micorriza arbuscular - ocorrência e manejo. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 169p.

MONTEIRO, J. A. **O milho no Brasil: considerações econômicas**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.14, n.164, p.5-8, 1990.

MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. Controle Biológico de Doenças de Plantas no Brasil. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Org.). Biocontrole de Doenças de Plantas: uso e perspectivas. Jaguariúna-SP: Embrapa Meio Ambiente, 2009 p.7-14.

MOTES, W. C. Modern Agriculture and Its Benefits—Trends, Implications and Outlook. **Global Harvest Initiative**, p.3-32, 2010.

NUNES, J. L. S. Características do milho. AGROLINK, 2020. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/informacoes/caracteristicas\\_361401.html#:~:text=O%20milho%20pertence%20a%20fam%C3%ADlia,a%20diferentes%20condi%C3%A7%C3%B5es%20de%20ambiente](https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/informacoes/caracteristicas_361401.html#:~:text=O%20milho%20pertence%20a%20fam%C3%ADlia,a%20diferentes%20condi%C3%A7%C3%B5es%20de%20ambiente). Acesso em: 26 de maio 2023.

PARISI, J. J. D.; MEDINA, P. F. Tratamento de sementes. **Instituto Agronômico de Campinas**, p.26-30, 2013.

PIANA, Z. **Respostas de sementes de milho, com diferentes níveis de vigor, à disponibilidade hídrica**. Piracicaba: ESALq, 1994. 107p. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP.

POMELLA, A. W. V.; RIBEIRO, R. T. S. Controle biológico com Trichoderma em grandes culturas - uma visão empresarial. In. BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Ed.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2009. p.239–244.

QUADROS, P. D. et al. Desempenho agronômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, v.61, p.209-218, 2014.

RAMALHO, M. F. J. L. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. **Sociedade e Território**, v.25, n.2, p.104-115, 2013.

RAZERA, L. F. **Emergence of soybeans (*Glycine max (L.) Merril*) seed at various levels of soil temperature and moisture**. Mississipi: Mississipi State University, 1982. 83p. Ph.D. Thesis.

SCUDELER, F. et al. **Avaliação técnica e econômica de fontes de nitrogênio em plantio e cobertura na cultura do milho (*Zea mays L.*)**. Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, v.15, n.2, p.67-75, 2011.

SILVA, H. J. T. et al. Aspectos técnicos e econômicos da produção de etanol de milho no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v.29, n.4, p.142, 2020.

SILVA, I. W. da. **Avaliação de microrganismos promotores de crescimento no tratamento de sementes de soja (*Glycine maxL.*)**. Ijuí: UNIJUÍ, 2016. 40p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Regional do Noroeste do Estdo Rio Grande do Sul.

SILVA, V. M. A. et al. Variabilidade pluviométrica entre regimes diferenciados de precipitação no estado do Piauí. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.5, p.1463-1475, 2013.

SILVA, W. J. et al. Exigências climáticas do milho em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.27, n.233, p.14-25, 2006.

SOUZA, E. P. et al. **Bioinsumos no crescimento e produção de plantas de milho.** Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v.12, n.9, p.82-92, 2021.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 5. Ed. Porto Alegre. Ed. Artmed. 2013. 918p.

USP-UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. R, versão 4.3.1. 2023 Disponível em: <https://vps.fmvz.usp.br/CRAN/>. Acesso em: 18 de jun 2024.

VERISSIMO, M. A. A; GRINDI, D. M.; MOREIRA, P. A. B. **Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável.** 1<sup>a</sup> ed. Florianópolis: CIDASC, 2020. 486p. Disponível em: <https://repositorio-dspace.agricultura.gov.br/handle/1/239>. Acesso em: 26 de maio 2023.

VILELA, E. F.; BÜLL, L. T. Avaliação do crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.23, p.281-289, 1999.

VORPAGEL, A. G. **Inoculação de Azospirillum, Isolado e Associado a Bioestimulante, em Milho, no Noroeste do RS.** Ijuí: UNIJUÍ, 2010. 56p. Monografia (Graduação em Agonomia) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

XAVIER, D. F. et al. Eficiência de inoculantes de rizóbio na nodulação de alfafa em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.781-785, 2005.