



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

NATALY YORRANA MEDEIROS DOS ANJOS

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO (*Zea mays L.*) SOB IN-
FLUÊNCIA DE BIOESTIMULANTES E *Trichoderma harzianum***

**SUMÉ - PB
2024**

NATALY YORRANA MEDEIROS DOS ANJOS

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO (*Zea mays L.*) SOB INFLUÊNCIA DE BIOESTIMULANTES E *Trichoderma harzianum*

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biosistemas.

Orientador: Professor Dr. José George Ferreira Medeiros.

**SUMÉ - PB
2024**



A599d Anjos, Nataly Yorrana Medeiros dos.
Desempenho agrônômico do milho (*Zea mays* L.) sob influência de bioestimulantes *Trichoderma harzianum*. / Nataly Yorrana Medeiros dos Anjos. - 2024.

48 f.

Orientador: Professor Dr. José George Ferreira Medeiros.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

1. Cultura do milho. 2. Produção de milho. 3. *Zea mays* L. 4. *Trichoderma* na agricultura. 5. Bioestimulantes - cultura do milho. 6. Fungo *Trichoderma harzianum*. 7. Biozyme® - bioestimulante. 8. Booster® - bioestimulante. 9. Laboratório de Fitossanidade - LAFISA. I. Medeiros, José George Ferreira. II. Título.

CDU: 633.15(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

NATALY YORRANA MEDEIROS DOS ANJOS

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO (*Zea mays L.*) SOB INFLUÊNCIA DE BIOESTIMULANTES E *Trichoderma harzianum*

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biosistemas.

BANCA EXAMINADORA:

**Professor Dr. José George Ferreira Medeiros.
Orientador – UATEC/CDSA/UFCG**

**Professora Dra. Thamires Kelly Nunes Carvalho.
Examinadora Externa – CPCE/UEPI**

**Professora Dra. Carina Seixas Maia Dornelas.
Examinadora Interna – UATEC/CDSA/UFCG**

Trabalho aprovado em: 10 de outubro de 2024.

SUMÉ - PB

Aos meus pais, por serem minha fonte inesgotável de amor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela força e sabedoria concedidas no decorrer desta caminhada, trazendo-me cada vez mais coragem e permitindo que eu chegasse exatamente aqui.

Agradeço infinitamente aos meus pais, Neilza Medeiros de Oliveira e Jeferson Costa dos Anjos, pela paciência, incentivo, confiança, apoio e por serem meu alicerce, meu espelho, os amores da minha vida. Tudo o que sou e tudo o que faço, é por vocês e para vocês, sempre!

Agradeço imensamente a minha avó, Maria Djanira de Medeiros Oliveira e aos meus tios, Nancy Medeiros de Oliveira e Dirceu Medeiros de Moraes, pela contribuição em toda a minha trajetória estudantil. Vocês foram fundamentais nesse caminho que trilhei.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. José George Ferreira Medeiros, cuja amizade e valiosos ensinamentos foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e pessoal. Sou grata pela oportunidade de ter sido sua orientanda.

Um agradecimento especial ao Prof. Dr. Edvaldo Eloy Dantas Júnior, onde, em sala, tive um momento de tristeza e o senhor me acolheu e me abraçou com as suas palavras. Este dia, em específico, ficou marcado em minha memória. Agradeço também a Profa. Dra. Aldinete Bezerra Barreto Anastácio pelo apoio, gentileza e carinho recebidos que me trouxeram bastante conforto e alegria. Seus cuidados e sua atenção ficarão guardados em meu coração.

Agradeço as minhas colegas de laboratório, Millena Karla, Camily Witória e Ayanne Eslayne, pelos dias convvidos com boas risadas, companheirismo, até pelos dias que foram cansativos, me lembrarei carinhosamente de tudo. Agradeço também a Liana Celeste e Guilherme Caldas que, igualmente, fizeram parte desses períodos de descontração e divertimento.

Agradeço a todas as amigas que fiz ao longo da minha jornada universitária, foram muitas pessoas nas quais tive o privilégio de partilhar minhas vivências, mas agradeço, especialmente, a Willian Deyvison, que foi a primeira pessoa a me recepcionar em, literalmente, tudo. Sou extremamente grata pelo acolhimento que me trouxe no início dessa história e pelos vários momentos felizes que vivemos. Assim como a Maria Paloma, minha parceira fiel. Juntas dividimos os estudos, o cansaço, as noites sem dormir, as frustrações, mas também as várias felicidades e realizações. Amiga, muito obrigada por não ter soltado a minha mão e por ter embarcado comigo em qualquer coisa que fosse!

Agradeço aos funcionários, sobretudo Durval, Edilson e todos os que ajudaram com o experimento desta pesquisa, assim como João, pelos nossos agradáveis diálogos e brincadeiras, e, principalmente, Novinha (Ivanice), por ter me escutado sempre que eu tinha algo para desabafar ou somente conversar. Muito obrigada por vocês terem feito os meus dias mais cativantes!

A todo o corpo docente que compõe o CDSA, que compartilhou seus conhecimentos e que contribuiu de forma significativa para a minha formação, o meu muitíssimo obrigada!

A todos que deram suporte para que isto fosse possível, mesmo que com uma pequena parcela, expresso os meus mais sinceros agradecimentos. Vocês foram imprescindíveis para que eu alcançasse esta etapa.

E, por fim, mas não menos importante, agradeço a mim mesma, por ter persistido, por ter suportado todo o processo através de muitas lágrimas derramadas, por ter mantido a mente firme e os pés no chão.

*“O caminho até o paraíso passa por milhas de
inferno nublado direto ao topo, não olhe para trás”.*

(It's Time – Imagine Dragons)

ANJOS, N. Y. M. **Desempenho agrônômico do milho (*Zea mays* L.) sob influência de bioestimulantes e *Trichoderma harzianum***. 2024. 48f. Monografia (Graduação em Engenharia de Biosistemas) – Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2024.

RESUMO

A cultura do milho é um dos principais cereais produzidos no mundo, atuando como base alimentar humana e animal, além de ser utilizado em diversos itens industriais. O uso de produtos biológicos cresce diariamente a fim de mitigar os impactos ambientais dos agroquímicos. Os bioestimulantes, compostos por substâncias orgânicas, promovem o desenvolvimento vigoroso de plantas, contribuindo para uma produção mais ecológica. Perante o exposto, o objetivo com este trabalho foi avaliar o desenvolvimento da cultivar de milho BRS 2022 em função da aplicação de bioestimulantes e *Trichoderma harzianum*, cultivados no semiárido paraibano. O experimento foi conduzido no período de março a junho de 2024, na área experimental do LAFISA, vinculado ao CDSA/UFCEG, campus de Sumé – PB, situado na microrregião do Cariri Ocidental. Para a aplicação dos bioestimulantes e do *T. harzianum* foram feitas duas aplicações foliares via pulverização entre o estágio vegetativo cinco (V5) e sete (V7) das plantas, onde, entre a primeira e a segunda aplicação dos bioestimulantes e do *T. harzianum* decorreram-se 10 dias, estabelecendo a dosagem de 10 ml de cada produto que, posteriormente, seriam diluídos separadamente em 5 litros de água, perfazendo um total de quatro (4) tratamentos e quatro (4) repetições. Somaram-se 64 plantas de milho, divididas em 16 parcelas, analisando 4 plantas da linha central de cada parcela. Os bioestimulantes comerciais utilizados foram Biozyme® e o Booster® e o fungo *Trichoderma harzianum*, produzido no LAFISA/CDSA. As variáveis analisadas foram altura de planta (cm), diâmetro de colmo (cm), número de folhas e área foliar (cm²). O delineamento experimental utilizado na pesquisa foi o bloco casualizado (DBC). Os dados foram submetidos à avaliação de variância e os resultados obtidos foram sujeitos a três (3) avaliações e ao teste de médias Tukey a 5% de probabilidade, usando o programa estatístico Sisvar®. Os resultados demonstraram que o uso do bioestimulante comercial Booster® do fungo *Trichoderma harzianum* são eficazes no incremento da altura e área foliar de plantas de milho, com 180 cm e 177 cm para altura de plantas e 600 cm² e 612 cm² para área foliar, respectivamente.

Palavras-chave: Insumos bioativos; Produção agrícola e Sustentabilidade.

ANJOS, N. Y. M. **Agronomic performance of corn (*Zea mays* L.) under the influence of biostimulants and *Trichoderma harzianum***. 2024. 48f. Monograph (Graduation in Biosystems Engineering) – Federal University of Campina Grande, Sumé, 2024.

ABSTRACT

Corn is one of the main cereals produced in the world, acting as a base for human and animal food, in addition to being used in various industrial items. The use of biological products is growing daily in order to mitigate the environmental impacts of agrochemicals. Biostimulants, composed of organic substances, promote the vigorous development of plants, contributing to more ecological production. In view of the above, the objective of this work was to evaluate the development of the BRS 2022 corn cultivar due to the application of biostimulants and *Trichoderma harzianum*, cultivated in the semi-arid region of Paraíba. The experiment was conducted from March to June 2024, in the experimental area of LAFISA, linked to CDSA/UFCG, campus of Sumé – PB, located in the micro-region of Cariri Oeste. For the application of biostimulants and *T. harzianum*, two foliar applications were made via spraying between vegetative stages five (V5) and seven (V7) of the plants, where between the first and second application of biostimulants and *T. harzianum* occurred 10 days, establishing a dosage of 10 ml of each product, which would later be diluted separately in 5 liters of water, making a total of four (4) treatments and four (4) repetitions. 64 corn plants were added, divided into 16 plots, analyzing 4 plants from the central line of each plot. The commercial biostimulants used were Biozyme® and Booster® and the fungus *Trichoderma harzianum*, produced at LAFISA/CDSA. The variables analyzed were plant height (cm), stem diameter (cm), number of leaves and leaf area (cm²). The experimental design used in the research was a randomized block design (DBC). The data were subjected to variance assessment and the results obtained were subjected to three (3) evaluations and the Tukey mean test at 5% probability, using the Sisvar® statistical program. The results demonstrated that the use of the commercial biostimulant Booster® from the fungus *Trichoderma harzianum* is effective in increasing the height and leaf area of corn plants, with 180 cm and 177 cm for plant height and 600 cm² and 612 cm² for leaf area, respectively.

Keywords: Bioactive inputs; Agricultural production and Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da área de estudo.....	24
Figura 2 -	Croqui do delineamento experimental.....	25
Figura 3 -	Altura de plantas de <i>Zea mays</i> L. submetidas a diferentes tratamentos nutricionais e biológicos.....	29
Figura 4 -	Diâmetro do colmo de plantas de <i>Zea mays</i> L. submetidas a diferentes tratamentos nutricionais e biológicos. Letras minúsculas = teste de médias Tukey a 5% de probabilidade.....	30
Figura 5 -	Número médio de folhas de plantas de <i>Zea mays</i> L. submetidas a diferentes tratamentos nutricionais e biológicos. Letras minúsculas = teste de médias Tukey a 5% de probabilidade.....	31
Figura 6 -	Área foliar de plantas de <i>Zea mays</i> L. submetidas a diferentes tratamentos nutricionais e biológicos.....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1	CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS DA CULTURA DO MILHO.....	15
3.2	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA.....	16
3.3	IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E PRODUÇÃO DE MILHO.....	17
3.4	ASPECTOS GERAIS DE QUALIDADE NA PRODUÇÃO DO MILHO.....	19
3.5	USO DE COMPOSTOS NUTRICIONAIS NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS.....	20
3.6	<i>TRICHODERMA</i> NA AGRICULTURA.....	22
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1	LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	24
4.2	SISTEMATIZAÇÃO E DELINEAMENTO DA ÁREA.....	25
4.3	IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO EM CAMPO.....	26
4.4	AVALIAÇÕES DA FASE VEGETATIVA.....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
6	CONCLUSÃO.....	33
	REFERÊNCIAS.....	34
	APÊNDICES.....	41

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie pertencente à família Poaceae, tendo sua origem no México e é uma das culturas mais cultivadas no mundo. A sua ampla capacidade em se adaptar, devido aos seus genótipos, permite o seu plantio em regiões equatoriais até em regiões de terras temperadas, assim como em grandes altitudes, desde o nível do mar até acima de 3.600 metros, podendo ser encontrado em climas tropicais, subtropicais e temperados (Barros; Calado, 2014).

A relevância econômica do milho se dá pelas suas diferentes formas de aplicação, que abrange desde a alimentação humana e na preparação de rações animais até as indústrias, como na produção de matéria prima, em razão do seu alto potencial de armazenamento energético nos grãos (Dobereiner *et al.*, 1995; Schittenhelm, 2008).

Em termos produtivos, é o segundo grão mais produzido no Brasil, no qual é o terceiro maior produtor e segundo maior exportador da cultura no planeta. Conforme a pesquisa de campo, realizada pela Conab (2024) no final de junho, indica progresso na coleta das principais culturas na safra 2023/24, sinalizando uma recuperação na produção, especialmente do milho safrinha, em que é esperado, aproximadamente, 90,3 mil toneladas na produção, 11,8% inferior ao atingido no último ciclo de cultivo.

Nesse contexto, este cereal também é uma das culturas mais relevantes para o Semiárido brasileiro, integrando a base alimentar da população local e um dos principais componentes na ração animal. Entretanto, é uma região caracterizada por clima quente e seco que enfrenta desafios com as formas de captação e armazenamento de água. Mesmo que a cultura seja tolerante a variações de temperatura, ainda é sensível a estresses hídricos do solo (Martins *et al.*, 2018).

A agricultura sustentável emergiu como um promissor modelo agrícola, com o objetivo de reduzir os impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana. Ela prioriza práticas de manejo ambientalmente corretas, como cogeração de energia, adubação verde, compostagem, controle biológico (uso de macrorganismos, como insetos, e microrganismos, como fungos e bactérias) e o uso de microrganismos que promovem o crescimento das plantas (Vieira *et al.*, 2019).

Uma técnica que vem obtendo visibilidade, além do uso de produtos tradicionais como inseticidas e fungicidas, é a aplicação de micronutrientes e bioestimulantes para melhorar a emergência das plantas, uniformidade do estande e crescimento das raízes e da parte aérea. A

utilização dessas commodities tem alcançado notoriedade na agricultura nas últimas décadas, embora a América Latina represente apenas 13% desse mercado (Stadnik *et al.*, 2017), e são descritos como substâncias, naturais ou sintéticas, que promovem a eficiência nutricional das plantas, aplicáveis via semente, solo ou foliar (Frasca *et al.*, 2020).

Os bioestimulantes são compostos por substâncias orgânicas e complexas que influenciam no crescimento das plantas, na expressão gênica, mutações na proteína de membrana e enzimas metabólicas. Ao alterarem o metabolismo secundário, eles induzem a produção de fito-hormônios e síntese fito-hormonal, melhorando a resposta das plantas aos nutrientes e promovendo seu desenvolvimento (Siqueira; Siqueira, 2013). Assim, esses produtos têm sido considerados uma alternativa para promover a sustentabilidade ambiental, representando uma estratégia promissora para aumentar a produtividade das culturas sem causar danos ao meio ambiente (Gavelienė; Jurkonienė, 2022).

Outras pesquisas revelam que o uso de microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCP), seja de forma isolada ou em combinação com cepas compatíveis, impulsionam de maneira significativa o crescimento e a produtividade das plantas (Meena *et al.*, 2015; Kumar *et al.*, 2017).

Dessa forma, entre os microrganismos bioprotetores, encontra-se o fungo do gênero *Trichoderma harzianum* (Altomare *et al.*, 1999) que possui ampla aplicabilidade, exercendo um papel significativo no controle biológico, graças à sua habilidade de produzir metabólitos secundários (glucanase e quinase), capazes de degradar a parede celular de certos fungos fitopatogênicos, o que o torna eficaz no combate a doenças agrícolas (Bettiol *et al.*, 2019).

Outros aspectos reconhecidos do *Trichoderma* estão relacionados à sua capacidade de estimular a produção de hormônios de crescimento vegetal, além de melhorar a tolerância a estresses abióticos (como temperatura, umidade e pH), competir por espaço e nutrientes com patógenos e também promover a indução da resistência natural das plantas (Lu *et al.*, 2020; Fernandes *et al.*, 2021). Os ácidos produzidos por esse fungo podem contribuir para a solubilização de certos micronutrientes minerais (magnésio, ferro e manganês) e fosfatos e também são eficazes em tornar os nutrientes mais disponíveis para as plantas, facilitando sua absorção, em virtude de sua ação na decomposição da matéria orgânica (Bettiol *et al.*, 2019).

Portanto, com base no exposto, este estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo do milho em resposta à aplicação de bioestimulantes e de *Trichoderma harzianum*, no município de Sumé, localizado na região do Cariri Paraibano.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.), cultivado no semiárido paraibano, em função da aplicação de bioestimulantes e *Trichoderma harzianum*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o desempenho das plantas de acordo com a altura, diâmetro de caule, número de folhas e área foliar;
- Definir o melhor tratamento no desenvolvimento vegetativo da cultura.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS DA CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) pertence à divisão *Anthophyta*, classe *Monocotyledonae*, ordem *Poales*, família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae*, tribo *Maydeae*, gênero *Zea*, espécie *mays*. É uma espécie com reprodução sexual alógama, no qual predomina a polinização cruzada. Possui uma estrutura floral monoica, ou seja, contém órgãos masculinos e femininos, e seu mecanismo de florescimento é protoândrico, mas suas características tanto vegetativas quanto reprodutivas podem ser modificadas por fatores ambientais, como temperatura, disponibilidade de luz, água e a incidência de vento (Porto, 2019).

É uma planta do tipo C4, conhecida por sua notável eficiência no aproveitamento de CO₂, e seu ciclo de desenvolvimento dura cerca de 120 dias, sendo uma cultura de ciclo anual. Há fortes evidências de que sua origem seja americana, provavelmente no México, na América Central ou no sudoeste dos Estados Unidos (Fancelli; Dourado Neto, 2004).

Por pertencer ao grupo de plantas de metabolismo C4, destaca-se por sua grande adaptação a vários ambientes, o que possibilita seu cultivo em diferentes regiões do território brasileiro, é altamente eficiente na captação de luz e tolera elevados níveis de radiação solar. Seu mecanismo fotossintético C4 é considerado o mais eficiente entre os cereais para a produção de grãos, mas, embora apresente elevada eficiência fisiológica e ampla capacidade produtiva, o milho é sensível a condições ambientais adversas, especialmente ao estresse hídrico (Oligini *et al.*, 2019; Bengala, 2019).

De acordo com Fornasieri Filho (2007) o milho é classificado como uma gramínea tropical, possui um colmo cilíndrico e ereto que geralmente alcança, em média, 2 metros de altura, com nós e entrenós. O colmo apresenta as funções de sustentação da planta, transporte de água e nutrientes entre as raízes e folhas e armazenamento energético. Quando o estágio vegetativo é concluído, no caule finaliza-se em uma inflorescência masculina, conhecida como pendão. As folhas, que emergem de cada nó acima do solo, medem aproximadamente 90 cm de comprimento e entre 7 a 9 cm de largura. Ao término do estágio vegetativo, nas axilas das folhas, surge a inflorescência feminina, denominada de espiga, indicando o início da fase de reprodução. Abaixo do solo desenvolvem-se as raízes fasciculadas, característica típica das gramíneas.

A semente do milho, classificada como cariopse, é composta por três partes principais: o pericarpo, o endosperma e o embrião. O pericarpo é uma camada externa fina e resistente que envolve a semente. O endosperma, situado logo abaixo do pericarpo, representa a maior

parte da semente, sendo formado principalmente por amido e outros carboidratos. A camada mais externa do endosperma, em contato direto com o pericarpo, é conhecida como camada de aleurona, rica em proteínas e enzimas, desempenhando um papel crucial no processo de germinação. O embrião, localizado adjacente ao endosperma, abriga os elementos iniciais de todos os órgãos da planta adulta. Sob condições adequadas de temperatura do solo, acima de 10°C com a faixa ideal sendo 15°C, e durante as etapas de desenvolvimento vegetativo e floração, com temperaturas ideais variando entre 24 e 30°C (superiores a 40°C podem ser prejudiciais à cultura), a semente germina em aproximadamente 5 a 6 dias (Barros; Calado, 2014).

As folhas das plantas de milho são estreitas, apresentando comprimento significativamente maior que a largura, responsáveis, principalmente, pela fotossíntese e liberação de oxigênio. Estão dispostas de forma alternada e inseridas nos nós. Cada folha é composta por uma bainha invaginante, pilosa e de coloração verde-clara, e um limbo verdeescuro, estreito e lanceolado, com bordas serrilhadas e uma nervura central proeminente. Já no sistema radicular se origina a raiz primária que se desenvolve verticalmente em direção ao solo. Posteriormente, emergem as raízes secundárias, levando à desintegração da raiz primária e as raízes adventícias, desempenhando um papel crucial na sustentação física da planta (Barros; Calado, 2014).

O sabugo, como dizem os autores García-Lara *et al.* (2019) é constituído por tecidos de células parenquimáticas e é revestido por uma camada fibrosa e robusta formada por feixes vasculares. Possui a função de armazenar nutrientes e de transportar esses nutrientes para o crescimento e maturação dos grãos do milho. Além dessas estruturas, cada fruto está interligado ao sabugo por meio de uma estrutura chamada pedicelo.

3.2 ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA

Com o objetivo de aprimorar o monitoramento no crescimento da cultura, Ritchie e Hanway (1989) citado por Zancanari (2019) sugeriram a definição de estádios fenológicos, que incluem: VE - emergência; V1 - planta com a primeira folha completamente expandida; V2 - planta com a segunda folha completamente expandida; Vn - planta com a enésima folha completamente expandida; VT - emissão da inflorescência masculina (pendão); R1 - emissão da inflorescência feminina (espiga); R2 - grãos em fase de bolha d'água; R3 - grãos leitosos; R4 - grãos pastosos; R5 - definição do formato de dente; e R6 - maturidade fisiológica.

Ao longo das fases de desenvolvimento, a planta exhibe respostas distintas às variações ambientais, como a temperatura, sendo mais vulnerável desde o plantio até a emergência,

durante a fase de antese e no período de enchimento dos grãos (Garcia-Lara; Serna-Saldivar, 2019).

No entanto, há estádios mais suscetíveis ao estresse, como a iniciação floral e o desenvolvimento da inflorescência, quando a planta atinge a fase V5. Este estágio é crítico, pois qualquer estresse sofrido pela lavoura pode comprometer todo o potencial produtivo. O período de florescimento (VT-R1) é quando o potencial de produção de grãos é determinado. Durante essa fase, é crucial evitar qualquer déficit hídrico, perda de umidade ou de nutrientes para a planta, devido às elevadas taxas de metabolismo. Outro estágio fundamental é o enchimento dos grãos (R2 a R6), quando ocorre o depósito de matéria seca, aumentando seu peso. O estresse nessa fase afetará diretamente o peso dos grãos (Cruz *et al.*, 2011).

O milho é cultivado em áreas onde a precipitação anual varia entre 300 e 5.000 mm, sendo que o consumo hídrico de uma lavoura de milho ao longo de seu ciclo gira em torno de 600 mm. Dois dias de estresse hídrico durante o florescimento, por exemplo, podem reduzir o rendimento em mais de 20%, enquanto quatro a oito dias podem resultar em uma diminuição superior a 50% (Magalhães; Durães, 2006). Dessa forma, a falta prolongada de água nas lavouras pode impactar negativamente o vigor nutricional das plantas, os processos fisiológicos e o rendimento dos grãos, resultando na queda de produção (Fancelli, 2015).

3.3 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E PRODUÇÃO DE MILHO

O milho é cultivado em todas as microrregiões do Brasil, sendo que uma parte significativa da produção é destinada ao mercado (Barros; Alves, 2015). Ao longo das últimas décadas, o milho ascendeu ao status de principal cultura agrícola global, destacando-se como a única a ultrapassar a marca de 1 bilhão de toneladas, superando antigos concorrentes como o arroz e o trigo. Em simultâneo com a sua relevância na produção, a cultura é notável por seus múltiplos usos. Além de ser importante para a segurança alimentar, na alimentação humana e na nutrição animal (Miranda, 2018), a indústria vem trabalhando na evolução e expansão do uso do milho como matéria-prima na confecção de itens como, por exemplo, a lisina, produtos biodegradáveis, isoglucoose, etanol, entre outros (Barros; Alves, 2015).

A produção global para o ciclo 2023/24 está estimada em 1.235,7 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 6,9% em comparação com a safra de 2022/23, que totalizou 1.155,6 milhões de toneladas, segundo o relatório do USDA de janeiro de 2024. Esse avanço é impulsionado por colheitas mais significativas nos Estados Unidos, China e Brasil. Nos Estados Unidos, a produção é prevista em 389,7 milhões de toneladas, o que constitui um aumento expressivo de 12,4% em relação à temporada anterior. A China também registrou um

crescimento, com uma produção esperada de 288,8 milhões de toneladas, 4,2% superior ao ciclo precedente. O Brasil, por sua vez, deverá produzir 129 milhões de toneladas, representando uma redução de 5,8% em relação à safra anterior (USDA, 2024).

No mercado de exportações, há também uma tendência de crescimento, com um aumento global de 11,1%, passando de 180,8 milhões de toneladas na safra 2022/23 para 200,9 milhões de toneladas no ciclo 2023/24. Os EUA devem consolidar sua posição como o segundo maior exportador mundial, com 53,3 milhões de toneladas, representando um crescimento de 26,4% em relação ao ciclo anterior. Na América do Sul, destaca-se o aumento expressivo das exportações argentinas, que cresceram 78,3%, totalizando 41,0 milhões de toneladas. Por outro lado, as exportações brasileiras estão projetadas em 54 milhões de toneladas, representando uma redução de 5,3% (USDA, 2024).

Segundo a Conab (2024) as reduções ocorridas nas safras brasileiras se deram pelas adversidades climáticas que afetaram as principais regiões produtoras do país. No entanto, os cultivos da segunda safra têm mostrado melhores produtividades. Em comparação com a estimativa divulgada em maio, houve um aumento de 2,1 milhões de toneladas, evidenciando a produção de milho, com uma projeção de produção de 88,12 milhões de toneladas.

A eficiência desta gramínea no Brasil tem demonstrado solidez e crescimento nos últimos anos, consolidando o país como o terceiro maior produtor, como também o maior exportador mundial em 2023, ultrapassando os Estados Unidos ao exportar 55 milhões de toneladas. Esse progresso evidencia a crescente competitividade do Brasil no mercado global de grãos, alavancada por uma produção constante e de estratégias de exportação eficientes, bem como a utilização de sementes aprimoradas, técnicas avançadas de manejo e a intensificação de práticas agrícolas sustentáveis, fortalecendo sua posição no comércio mundial (USDA, 2023; Conab, 2023). Os maiores produtores do país de acordo com a safra finalizada em 2022/23 são: Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais, respectivamente. Mato Grosso produz 66% do milho do Centro-Oeste, 39% do nacional, superando o rendimento das demais regiões brasileiras (Conab, 2024).

O plantio do milho ocorre em duas épocas do ano: a primeira (também conhecida como safra de verão) e segunda safra (ou safrinha). O cultivo de verão ocorre durante a estação das chuvas em todos os estados, tradicionalmente, iniciando-se no final de agosto na região Sul, até os meses de outubro e novembro, no Sudeste e Centro-Oeste. No Nordeste, esse ciclo acontece no começo do ano. O milho da safrinha é conhecido como milho de sequeiro, semeado fora de época, normalmente de janeiro a março ou, no máximo, até meados de abril, no Centro-Oeste e nos estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais (Pereira Filho, 2015).

A cultura está amplamente disseminada por toda a região nordestina do país, sendo cultivada em uma variedade significativa de condições ambientais e sistemas de cultivo distintos. Esses sistemas variam desde os tradicionais, característicos da agricultura de subsistência, até os mais modernos, que buscam maximizar o potencial da cultura por meio do uso de tecnologias avançadas de produção (Carvalho *et al.*, 1999).

A produtividade deste cereal está projetada para um aumento em sua eficiência, embora em menor escala em comparação com o crescimento nacional. Existem duas principais áreas de expansão agrícola na região, responsáveis por 87% da produção regional de milho: o Matopiba, uma área de cerrado que abrange partes do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, e o Sealba, que abrange municípios no leste de Sergipe e Alagoas, além do nordeste da Bahia. Essas regiões consolidam Bahia, Maranhão e Piauí como os maiores produtores de milho no Nordeste, nessa sequência, ocupando as sétima, nona e décima posições nacionais, respectivamente, na safra 2022/23, com uma previsão de inversão no final da safra atual, colocando Maranhão, Piauí e Bahia nas oitava, nona e décima posições nacionais (Aquino *et al.*, 2020; Conab, 2022; Conab, 2024).

O Centro-Oeste, especificamente o Mato Grosso, estabeleceu-se como o maior produtor de milho, conforme a Conab (2024), porém é possível observar um movimento crescente de produção dessa cultura no Nordeste, impulsionado principalmente pela expansão da fronteira agrícola, no desenvolvimento de novos híbridos por programas de melhoramento genético, cujas sementes chegam aos pequenos produtores, contribuindo com a agricultura familiar, e pela adaptação dos produtores às características regionais específicas (Conab, 2020).

3.4 ASPECTOS GERAIS DE QUALIDADE NA PRODUÇÃO DO MILHO

Em uma lavoura, sementes de excelente qualidade são essenciais para o sucesso da produção. Disfunções na emergência podem impactar significativamente a densidade final de plantas e, por consequência, o rendimento (Galvão *et al.*, 2017). Além do uso de sementes que possuem forte eficácia, as melhorias também estão associadas a outros manejos primordiais, onde as práticas podem incluir rotação de culturas, controle da fertilidade com o uso de adubos orgânicos, métodos de cobertura do solo (Santos *et al.*, 2017), bem como a disponibilização hídrica necessária e o monitoramento constante.

Do mesmo modo, é indispensável também manter cautela em relação a todas as etapas, desde a colheita até o transporte, pois cada fase é crucial, uma vez que se alguma delas descumprirem os padrões necessários, as sementes não atingirão a mesma vitalidade esperada em seu produto final (Maciel; Tunes, 2021).

A qualidade de uma semente pode ser definida como o conjunto de atributos genéticos, caracterizando-se pela pureza genética, garantindo a semeadura da cultivar desejada, sem a presença de misturas de variedades; físicos, constituída por uma semente pura, isenta de material inerte, como contaminantes, fragmentos vegetais, insetos, torrões e outras impurezas; fisiológicos, referindo-se ao alto vigor e à capacidade germinativa da semente, assegurando a emergência adequada das plântulas no campo; e sanitários, correspondendo à ausência de sementes de plantas espontâneas e de patógenos, como fungos, vírus, nematoides ou bactérias (França Neto *et al.*, 2016).

Assim, como dizem os autores Carvalho e Silva (1994), a integridade das sementes é estabelecida no campo, entretanto, a preservação da sua funcionalidade deve ser considerada em todas as etapas do sistema de produção, sendo essencial mantê-la, no mínimo, até o momento da semeadura. Plantar não é apenas jogar sementes no solo, mas utilizar toda pesquisa e tecnologia disponível para produzir um produto de altíssima categoria e com resultados satisfatórios (Maciel; Tunes, 2021).

3.5 USO DE COMPOSTOS NUTRICIONAIS NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS

Na agricultura, os principais obstáculos no desenvolvimento das culturas são as limitações em relação às condições adversas. Esses desafios podem ser de natureza abiótica, como estresse hídrico, variações de temperatura, radiação, disponibilidade de nutrientes e níveis de CO₂, ou de origem biótica, como pragas e doenças. Tais fatores limitam o crescimento e o aprofundamento do sistema radicular, além de impactar a atividade biológica e os mecanismos de defesa das plantas, comprometendo tanto o estabelecimento quanto a expansão das culturas (Taiz *et al.*, 2017).

Atualmente, é amplamente reconhecida a importância de suprir a demanda das práticas de cultivo contemporâneas por novas tecnologias capazes de elevar a produção sem prejudicar os princípios da sustentabilidade. Nesse contexto, as tecnologias que empregam agentes biológicos no manejo de culturas estão ganhando destaque no setor agrícola e conquistando a confiança dos produtores (Tomazzi *et al.*, 2020), pois reduzem os custos de produção com fertilizantes químicos e na aplicação de pesticidas, além de ativar os meios de proteção das plantas e proporcionar também maior subsistência ao sistema (Souza *et al.*, 2010).

Sob esse viés, a utilização dos bioestimulantes tem-se sobressaído em relação aos benefícios oferecidos aos cultivos (Silva *et al.*, 2016). Os bioestimulantes são produtos que contêm em sua formulação extratos naturais, micronutrientes e moléculas bioativas, os quais estimulam o crescimento das plantas e o desenvolvimento das raízes, promovendo maior

produção vegetal e auxiliando na manutenção do equilíbrio nutricional (Calegari *et al.*, 2021), atuam no beneficiamento de sementes, aceleram e uniformizam a germinação, além de estimular a divisão e o alongamento celular, podendo ser aplicados diretamente nas plantas (via pulverização), nas sementes (por meio de tratamentos) e no solo (Kolling, 2023).

Partindo dessa premissa, a aplicabilidade foliar, em especial, durante a fase vegetativa otimiza diversos processos fisiológicos e metabólicos, como o aumento da síntese de clorofila, a diferenciação de gemas e a melhoria na translocação de nutrientes, auxiliando também na bulbificação e na tuberização. Outras vantagens dessa técnica incluem também uma maior fixação de frutos, resultando em um incremento na produção vegetal (Calegari *et al.*, 2021).

A origem dos bioestimulantes vegetais é variada e suas substâncias podem ser de compostos isolados ou combinações de múltiplos compostos, derivados de diversas fontes, tanto orgânicas quanto inorgânicas ou serem produtos sintéticos. As principais fontes incluem: fungos e bactérias benéficas, quitosana e outros biopolímeros, ácidos húmicos e fúlvicos, extratos de algas marinhas e de outros vegetais, compostos inorgânicos, hidrolisados proteicos e outros grupos nitrogenados (Du Jardin, 2015).

Os bioativadores fazem parte do grupo dos hormônios vegetais, entre os quais se destacam as auxinas, citocininas, giberelinas e etileno. As auxinas são responsáveis por estimular o enraizamento e a formação dos primórdios radiculares. As citocininas promovem a divisão celular, atuando no processo de citocinese. As giberelinas contribuem para a regulação da germinação de sementes, expansão das folhas, florescimento e desenvolvimento dos frutos. Já o etileno desempenha um papel na regulação do processo de deterioração natural da planta (Castro *et al.*, 2008; Almeida; Rodrigues, 2016).

Assim, esses reguladores presentes nos produtos são moléculas sinalizadoras, naturalmente encontradas nas plantas em concentrações geralmente reduzidas, mas que desempenham efeitos significativos no desenvolvimento vegetal (Taiz; Zeiger, 2004), como o aumento da absorção de água e nutrientes, possibilitando resistência aos estresses hídricos e aos resíduos de herbicidas no solo, sendo cada vez mais atrativo o seu uso na agricultura (Vasconcelos, 2006).

A influência das substâncias bioestimulantes tem sido desenvolvida com o objetivo de aprimorar, tanto qualitativa quanto quantitativamente, a produtividade das culturas (Chavarria; Pedersen; Deuner, 2012), tornando-se uma alternativa para a agricultura sustentável (Gavelienė; Jurkonienė, 2022).

Diante desse contexto, segundo as especificações do desenvolvedor, o produto Biozyme pode ser aplicado tanto no tratamento de sementes quanto via foliar, nas fases de

desenvolvimento vegetativo, perfilhamento, início de brotações, estolonização, tuberização, floração e no início do desenvolvimento dos frutos. Sua formulação contém macro (N, K e S), micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn) e carbono orgânico, associados a extratos vegetais hidrolisados que desempenham melhorias em diversos processos metabólicos e fisiológicos das plantas, promovendo o equilíbrio de nutrientes, contribuindo para o aumento da produtividade das culturas (UPL, 2020).

Outro item nutricional usado para a resistência das plantas é o Booster que, de acordo com a sua fabricação, é desenvolvido para potencializar a performance produtiva viabilizando a qualidade de grãos e frutos, estimulando a formação de raízes finas e funcionais, além de atuar em mecanismos cruciais para uma melhor formação inicial da cultura, contribuindo também na recuperação das plantas após condições de estresse, composto por molibdênio (Mo) e zinco (Zn) (Agrichem, 2024).

3.6 *TRICHODERMA* NA AGRICULTURA

Em função dos benefícios que o uso de insumos biológicos podem trazer aos agricultores em suas produções, o fungo do gênero *Trichoderma*, com destaque para o *Trichoderma harzianum*, corresponde a 66% dos biofungicidas à base de *Trichoderma* no Brasil, sendo também o mais utilizado dentre os fungos (Bettiol *et al.*, 2019).

O *Trichoderma harzianum* é um fungo pertencente à divisão *Ascomycota*, ordem *Hypocreales* e família *Hypocreaceae*. Sua fase sexuada é caracterizada pela formação de corpos de frutificação do tipo peritécio, que surgem em estromas, habitualmente encontrados na coloração verde. Nos peritécios formam-se ascos, contendo ascósporos bicelulares, que se fracionam em esporos esverdeados. Na fase assexuada, a partir do micélio vegetativo, desenvolvem-se conidióforos, nos quais são produzidos os típicos conídios unicelulares (Abreu; Pefnning, 2019).

A principal característica do *Trichoderma* é ser um organismo altamente flexível em suas fontes de alimento, seja por meio da predação de outros microrganismos, como fungos, bactérias e nematoides, ou pela decomposição da matéria orgânica presente no meio. Essas habilidades permitiram manter-se na rizosfera das plantas em diversas regiões geográficas, desde áreas frias até regiões quentes. Entretanto, a maioria das espécies conhecidas e catalogadas apresentam maiores diversidades genéticas em regiões tropicais, com solos majoritariamente ácidos. Todavia, isso não é um fator limitante considerando suas estruturas de resistência, pois permitem sua adaptação a diferentes solos, climas e altitudes (Pinto *et al.*, 2019).

Dessa maneira, como forma usual de obtenção de alimento dos fungos, este se nutre mediante suas hifas (enovelando-se), que produzem enzimas hidrolíticas, como glucanases, quitinases e proteases. Essas enzimas o tornam um microparasita eficiente, se alimentando de outros fungos, inibindo a germinação de esporos e o crescimento de outros microrganismos. Todas as suas espécies são eficazes no combate a fungos fitopatogênicos e oomicetos (Monte *et al.*, 2019).

Sob essa perspectiva, os espécimes de *Trichoderma* se destacam por serem os mais analisados como agentes de biocontrole e como promotores de crescimento vegetal, pois são capazes de produzir fitormônios, solubilizar fosfatos e outros minerais (Altomare *et al.*, 1999; França, *et al.*, 2017). Além disso, facilitam a absorção de nitrogênio, resultando em maior produtividade em comparação às plantas não tratadas. O nitrogênio é um dos macronutrientes fundamentais, sendo um componente vital de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila e diversos metabólitos secundários (Monte *et al.*, 2019).

Os estudos referentes a este biocontrolador têm apresentado crescimento contínuo, devido aos inúmeros benefícios potenciais de sua aplicação, como o estímulo ao desenvolvimento inicial das raízes, atividades de parasitismo, efeitos de antibiose, competição e proporcionado resistência das plantas a certos patógenos (Moro, 2018).

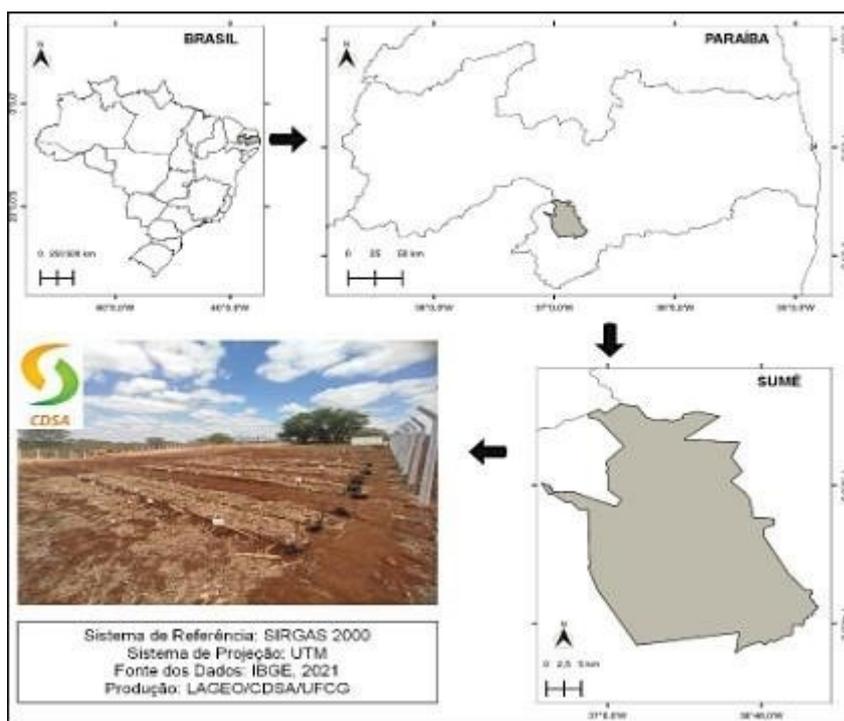
A exemplo disso, Bettiol *et al.* (2019) observaram que a cultura do milho sob efeito do *Trichoderma* teve um aumento de 820 kg/ha em sementes tratadas, representando um acréscimo no potencial produtivo. O fungo também apresentou redução no estresse salino, o que é essencial em sistemas irrigados com água salobra ou em solos salinos, garantindo maior produtividade em culturas tolerantes à salinidade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E SUAS CARACTERÍSTICAS

O experimento ocorreu entre o período de março e junho de 2024, na área experimental do LAFISA (Laboratório de Fitossanidade do Semiárido), vinculado ao CDSA/UFCG, no Campus de Sumé – PB, situado na microrregião do Cariri Ocidental. De acordo com a classificação de Köppen e Geiger, o clima da região é BSh. Suas coordenadas geográficas são 07°40'19" S e 36°52'48" O, com uma altitude de 538 metros, precipitações médias mensais de 43,7 mm, possuindo uma estação seca que pode durar até 11 meses, ocorrendo mais comumente de junho a dezembro, e estação chuvosa, estendendo-se entre 3 a 4 meses, sendo predominante entre janeiro e maio, distribuídas de maneira irregular ao longo do tempo e do espaço. A temperatura média anual da região varia entre 25 e 27°C, com uma insolação anual média de 2.800 horas. A umidade relativa do ar é de 50%, e a evaporação média atinge 2.000 mm por ano (Figura 1) (Diniz *et al.*, 2020).

Figura 1 - Localização da área de estudo



Fonte: Cruz (2023)

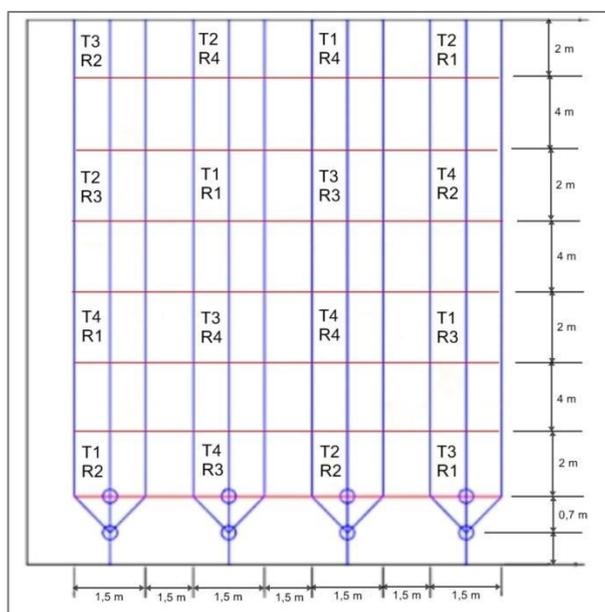
O solo da região é classificado como Vertissolo Háplico, contendo o Luvissole como o mais abrangente. Composto por solos minerais, de boa fertilidade, embora apresentem limitações para mecanização, já que se tornam duros quando secos e extremamente plásticos e

pegajosos quando úmidos. Isso se deve a camada B, com alta concentração de argila, elevada atividade e alta saturação alcalina, localizada logo abaixo da camada A, exceto a chernozem A ou abaixo da camada E. Esses solos satisfazem aos seguintes critérios: Plintossolos, Vertissolos e Planossolos, se presentes, não satisfazem os requisitos para essas categorias, ou seja, não coincidem com a porção superficial da camada de textura B (Santos *et al.*, 2006; Zaroni; Almeida, 2021; Francisco *et al.*, 2023).

4.2 SISTEMATIZAÇÃO E DELINEAMENTO DA ÁREA

A princípio, foi realizada a passagem da grade aradora na área, utilizando-se um trator, com o objetivo principal de remoção de plantas espontâneas, além de promover o nivelamento e a descompactação do solo. Depois, estabeleceu-se o delineamento experimental, no qual demarcou-se os valores de 9 m de largura e 12 m de comprimento (108 m²), ao passo que as parcelas experimentais continham as dimensões de 1,5 m de largura por 2 m de comprimento, com espaçamento de 0,7 m entre linhas e de 4 m entre parcelas (Figura 3). Para a instalação do sistema de irrigação, definiu-se por fitas gotejadoras, com o espaçamento de 0,3 m entre berços. As fileiras consistiam de três linhas de semeadura com 1,5 m entre cada uma delas, contendo quatro berços. A distribuição das sementes deu-se por duas sementes de milho em cada berço e em cada linha, onde, posteriormente, houve o desbaste das plantas após a emergência das mesmas. No total, somaram-se 64 plantas de milho, divididas em 16 parcelas, analisando quatro plantas da linha central de cada parcela.

Figura 2 – Croqui do delineamento experimental



Fonte: Adaptado de Cruz (2023)

4.3 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO EM CAMPO

De início, foi selecionada a cultivar BRS 2022 do milho utilizada para este experimento. Os procedimentos executados na instalação do experimento em campo compreenderam as seguintes etapas: 1. abertura dos berços; 2. semeadura; 3. aplicação dos bioestimulantes e do *Trichoderma harzianum*.

O processo de abertura dos berços para o plantio foi realizado manualmente com o auxílio de uma enxada, a 5 cm profundidade. A semeadura foi efetuada também de forma manual, com as sementes sendo depositadas diretamente no solo e cobertas por uma fina camada do mesmo, com a deposição de duas sementes em cada berço e espaçamento de 0,3 m, como mencionado anteriormente.

Para a aplicação dos bioestimulantes e do *T. harzianum* foram feitas duas aplicações foliares via pulverização entre o estágio vegetativo cinco (V5) e sete (V7) das plantas. Os estágios vegetativos (V) representam o número de folhas completamente expandidas, onde, no estágio V5 as plantas possuem cinco folhas completamente desenvolvidas e no estágio V7, sete folhas completamente desenvolvidas. O número de folhas cresce até a enésima folha totalmente expandida antes do pendoamento (VT) (Tabela 1). A partir da fase do pendoamento iniciam-se os estágios de reprodução.

Tabela 1 - Estágios fenológicos da cultura do milho (*Zea mays* L.)

Estágios vegetativos (V)	Descrição dos estágios	Tempo decorrido (dias/semanas)
V0	Emergência das plântulas	Estágio inicial da planta
V1	Uma folha desenvolvida	1 semana após a emergência
V2	Duas folhas desenvolvidas	2 a 3 semanas após a emergência
V3	Três folhas desenvolvidas	3 a 4 semanas após a emergência
V5	Cinco folhas desenvolvidas	4 a 6 semanas após a emergência
V7	Sete folhas desenvolvidas	6 a 8 semanas após a emergência
V10	Dez folhas desenvolvidas	8 a 10 semanas após a emergência
VT	Pendoamento	10 a 12 semanas após a emergência
R1	Florescimento (espigamento)	12 a 14 semanas após a emergência
R2	Grãos leitosos	12 dias após a polinização
R3	Grãos pastosos	24 dias após a polinização
R4	Grãos farináceos	36 dias após a polinização
R5	Grãos duros	48 dias após a polinização
R6	Maturação fisiológica	55 dias após a polinização

Fonte: Adaptado de Fancelli (1986)

Assim, entre a primeira e a segunda aplicação dos bioestimulantes e do *T. harzianum* decorreram-se 10 dias, estabelecendo a dosagem de 10 ml de cada produto que, posteriormente, seriam diluídos separadamente em 5 litros de água, perfazendo um total de quatro (4) tratamentos e quatro (4) repetições. A dosagem de 10 ml é recomendada pelo fabricante dos produtos, baseada na dosagem ideal para a quantidade de calda aplicada.

Os bioestimulantes comerciais utilizados foram Biozyme®, fertilizante mineral heterogêneo, composto por 18 g·L⁻¹ de nitrogênio, 60 g·L⁻¹ de óxido de potássio, 0,96 g·L⁻¹ de boro, 4,8 g·L⁻¹ de ferro, 12 g·L⁻¹ de manganês e enxofre, 24 g·L⁻¹ de zinco e 42 g·L⁻¹ de carbono orgânico total (UPL, 2020); e o Booster®, também fertilizante mineral, constituído por 24,4 g·L⁻¹ de molibdênio e 36,6 g·L⁻¹ de zinco, além de conter extrato da alga *Ecklonia máxima* que, por ser de origem vegetal, auxilia no tempo de resposta à sua ação (Agrichem, 2024); e o fungo *Trichoderma harzianum*, produzido no Laboratório de Fitossanidade do Semiárido (LAFISA/CDSA). |

4.4 AVALIAÇÕES DA FASE VEGETATIVA

Realizou-se três análises do estágio vegetativo em que, entre a semeadura até a última avaliação, sucederam-se 60 dias, avaliando-se quatro plantas de cada tratamento na linha central de cada fileira, com o auxílio de uma trena e um paquímetro. Os parâmetros avaliados foram: altura da planta (cm), diâmetro de colmo (cm), número de folhas e área foliar (cm²).

Determinou-se a altura de planta por meio de uma trena graduada em centímetros, em que, a medição se deu pela distância do nível do solo até a última folha completamente desenvolvida.

O diâmetro do colmo foi estipulado através de medições realizadas no entrenó localizado acima do primeiro nó das raízes adventícias. A medição foi feita com o auxílio de um paquímetro digital, logo após o segundo nó presente no caule do milho.

O número de folhas foi determinado por meio da contagem das folhas de cada planta avaliada em cada parcela, considerando apenas as folhas que apresentaram crescimento completo.

A área foliar foi estipulada a partir do cálculo da multiplicação entre a largura e o comprimento de três folhas de cada planta:

$$AF = C \times L \times 0,75 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

C = Comprimento da folha;

L = Largura da folha;

0,75 = Fator de correção para folhas de milho por não apresentarem formato retangular.

4.5. Delineamento experimental

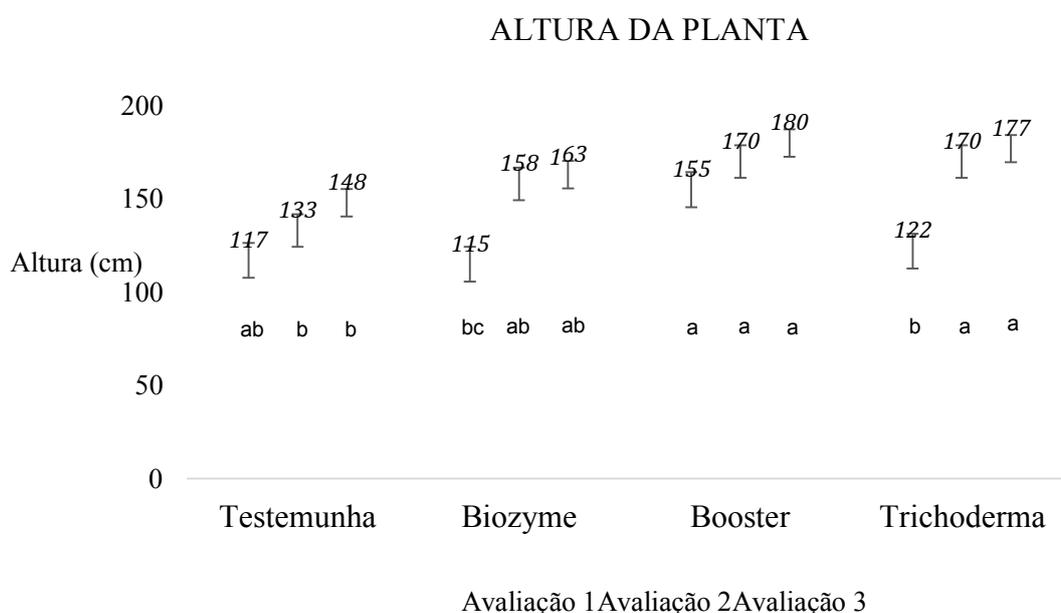
O delineamento experimental utilizado na pesquisa foi o bloco casualizado (DBC). Os dados foram submetidos à avaliação de variância e os resultados obtidos foram sujeitos a três (3) avaliações e ao teste de médias Tukey a 5% de probabilidade, usando o programa estatístico Sisvar®.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à altura de planta (AP) podem ser visualizados na Figura 4, sendo possível observar que na primeira avaliação houve um aumento desta variável quando utilizou-se o produto Booster em comparação com o Biozyme e *Trichoderma*. Para as demais avaliações, não houve diferença estatística. Entretanto, quando comparados com a testemunha, as avaliações 2 e 3 do Booster e *Trichoderma* foram eficientes no crescimento das plantas de milho.

Figura 3 - Altura de plantas de *Zea mays* L. submetidas a diferentes tratamentos nutricionais e biológicos.

Letras minúsculas = teste de médias Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Autoria própria

Corroborando com os resultados alcançados, Cunha *et al.* (2020) constataram que o emprego de bioativadores resultou em alturas de planta de milho superiores à da testemunha. Pacheco e Costa (2022) identificaram metabólitos de *Trichoderma* e observaram parâmetros biométricos que correlacionam o aumento da AP à presença deste fungo na cultura do sorgo.

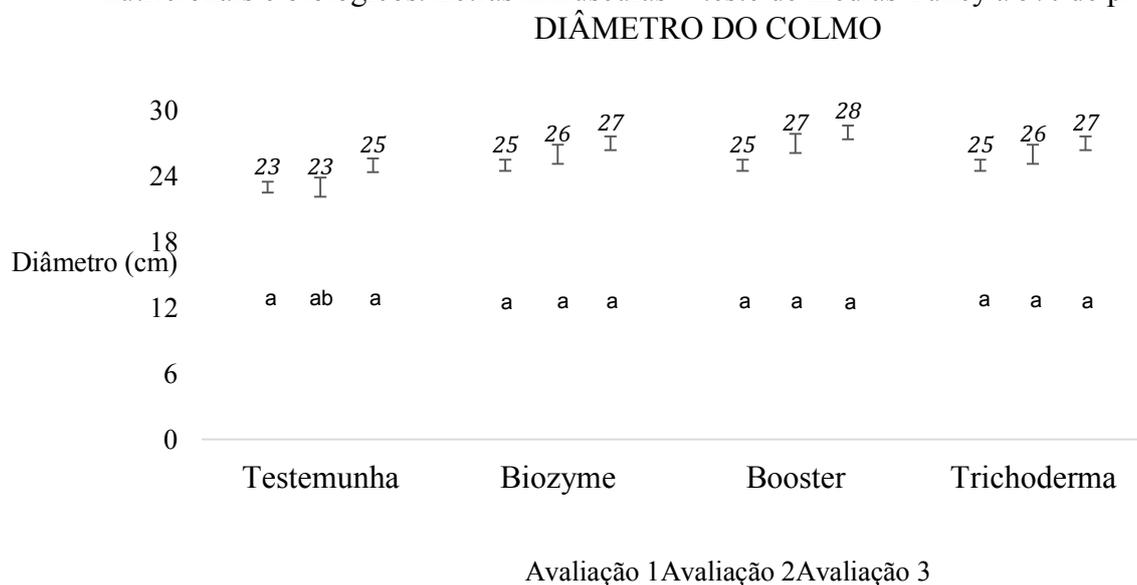
A aplicabilidade de bioestimulantes na agricultura tem se revelado como uma tecnologia de grande potencial no aumento da produtividade dos cultivos, principalmente no milho (Silva, 2018). Por serem substâncias obtidas de diferentes insumos orgânicos com capacidade de contribuir no desenvolvimento e na eficiência nutricional, a busca por esses produtos tornou-se objeto de interesse científico, refletindo especificamente no setor

agropecuário sustentável, causando menos impacto ao meio ambiente (Nardi *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2023). Assim, respaldando esta finalidade, os bioestimulantes possuem a capacidade de promover o crescimento de plantas, uma vez que as auxinas estimulam a expansão celular, enquanto que as giberelinas aumentam tanto o número quanto o alongamento das células, favorecendo na expansão da haste (Cato, 2006).

Diante dessa análise, uso de microrganismos benéficos na agricultura também é uma estratégia biotecnológica voltada que objetiva melhorias na qualidade, proteção e promoção do crescimento das culturas. Entre os microrganismos estudados, o fungo *T. harzianum* se destaca por suas várias vantagens, como, pode ser encontrado naturalmente no solo, de rápido crescimento, adapta-se a diversos substratos e é facilmente multiplicado em laboratório. Além disso, exerce múltiplas funções, dentre elas, estimulando o aumento das plantas (ContrerasCornejo *et al.*, 2016; Karthikeyan, 2016; Waghunde; Shelake; Sabalpara, 2016; GarcésFiallos; Sabando-Ávila; Molina-Atiencia, 2017).

Para o diâmetro de colmo (DC), não houve influência dos tratamentos (Figura 5). Sendo assim, podemos afirmar que no período das avaliações não ocorreu incremento do diâmetro em função do uso dos estimulantes vegetais e de *Trichoderma*, concordando com os resultados encontrados no estudo de Barcelos (2016), em que não verificou-se diferença no diâmetro de plantas de milho quanto a testemunha. Deste modo, o DC atua como suporte para os vegetais e desempenha a função de estrutura de reserva para fotoassimilados, os quais serão utilizados, em seguida, no processo de enchimento dos grãos (Cunha *et al.*, 2020).

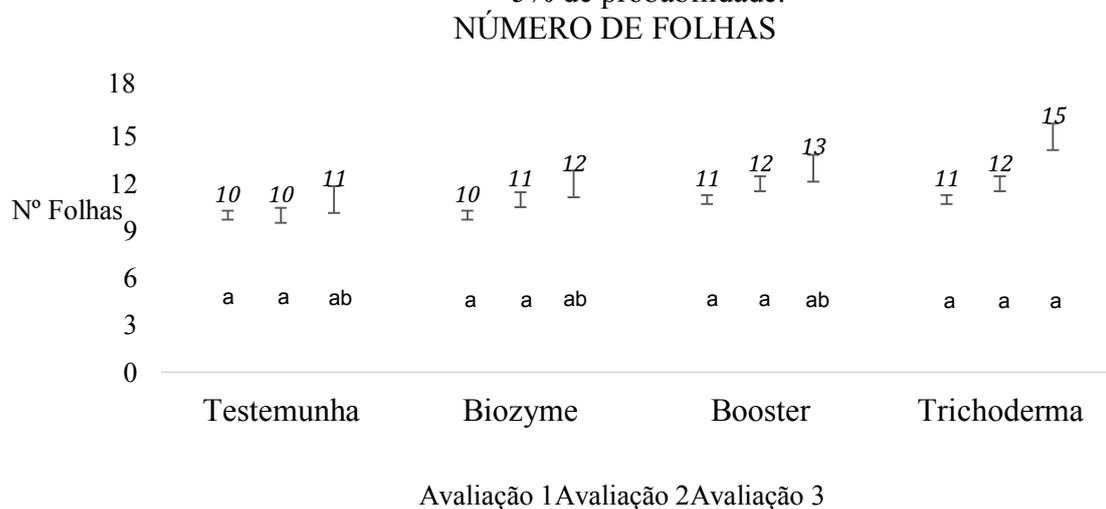
Figura 4 - Diâmetro do colmo de plantas de *Zea mays* L. submetidas a diferentes tratamentos nutricionais e biológicos. Letras minúsculas = teste de médias Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 6 é apresentado as análises do número de folhas (NF), no qual também compreende-se que não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos. No entanto, em valores absolutos, foi verificado o maior NF quando usado o tratamento com *Trichoderma* na terceira avaliação.

Figura 5 - Número médio de folhas de plantas de *Zea mays* L. submetidas a diferentes tratamentos nutricionais e biológicos. Letras minúsculas = teste de médias Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Autoria própria

Conforme relataram Piekielek e Fox (1992), plantas de milho ocasionalmente originadas de sementes tratadas com *T. harzianum*, apresentaram crescimento na produção foliar, fenômeno atribuído aos elevados níveis de absorção de nitrogênio, uma vez que o *Trichoderma* possui o efeito de solubilizar esse macronutriente. Os autores Macan *et al.* (2019) indicam que o aumento do NF do milho pode estar relacionado ao processo de mineralização do nitrogênio orgânico para sua forma inorgânica (absorvida pela planta), bem como à nitrificação, garantindo disponibilidade desse nutriente para o vegetal.

O nitrogênio é uma substância essencial para as plantas e a sua ausência é um fator limitante para o crescimento e produtividade das culturas. Das aplicações do nitrogênio sintético em lavouras, apenas 35% e 50% desse nutriente é efetivamente absorvido pelas plantas e o restante é perdido, causando impacto ambiental devido os danos (Cantarela, 2007; Rockström *et al.*, 2009).

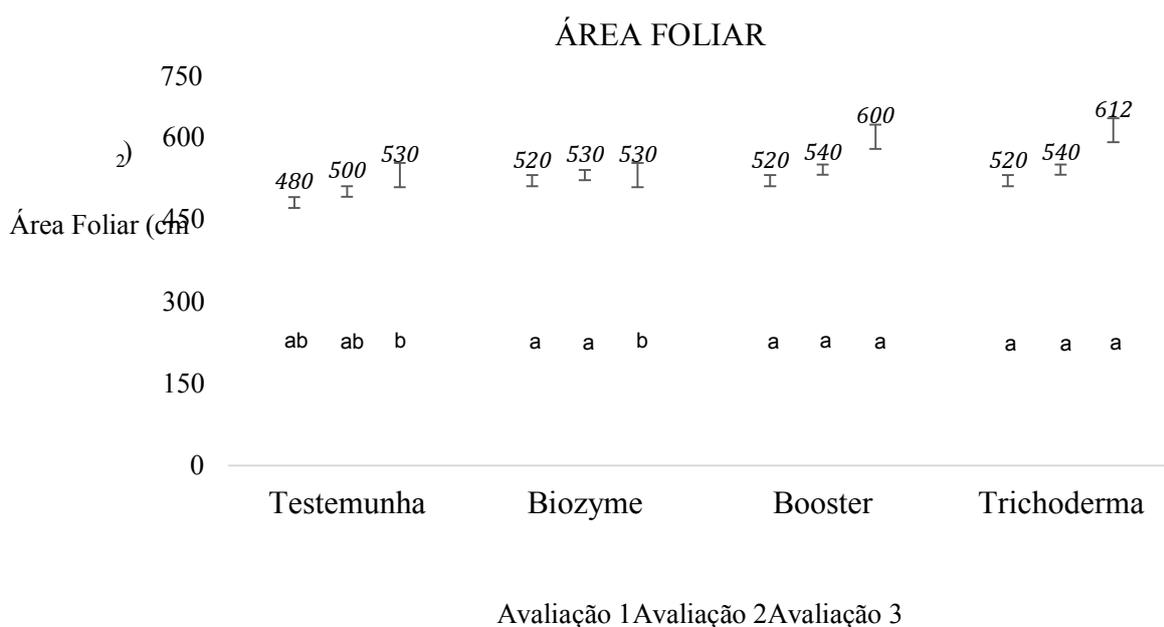
Acerca desse contexto, os microrganismos atuam como promotores de crescimento de duas maneiras: de forma direta, por meio da mobilização e transporte de nutrientes do solo, ampliação da área de absorção das raízes, produção de hormônios vegetais (auxinas) e aumento da tolerância à salinidade e à seca; ou de forma indireta, principalmente através do controle

biológico (Gomes, 2016), sucedendo, conseqüentemente, em maior produtividade e qualidade das lavouras.

Para área foliar (AF), o uso de *Trichoderma* e Booster obteve melhor desempenho estatístico nas três avaliações quando comparados com o bioestimulante Biozyme e a testemunha. Contudo, o tratamento com *T. harzianum* foi o mais eficaz na terceira avaliação, como mostra a Figura 7.

Figura 6 - Área foliar de plantas de *Zea mays* L. submetidas a diferentes tratamentos nutricionais e biológicos.

Letras minúsculas = teste de médias Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Autoria própria

Akladius e Abbas (2014) relataram o impacto positivo do *T. harzianum* na promoção do desenvolvimento vegetativo e no vigor do milho, com melhorias expressivas para AF, altura de planta e peso fresco da parte aérea. Becerra (2006) identificou resultados que demonstraram aumento significativo no mesmo parâmetro, bem como maior desempenho radicular, ao utilizar este microrganismo nas culturas de sorgo e milho.

Dessa forma, de acordo com Mata *et al.* (2010) o potencial de crescimento e produtividade do milho está associado à sua área foliar. Folhas bem desenvolvidas apresentam maiores efeitos na capacidade de converter CO₂ e na realização da fotossíntese, levando ao aumento significativo no acúmulo de biomassa, pois quanto mais ampla a superfície, maior a quantidade de radiação solar absorvida, acarretando igualmente em melhores respostas da cultura.

6 CONCLUSÃO

O uso do bioestimulante comercial Booster® do fungo *Trichoderma harzianum* são eficazes no incremento da altura e área foliar de plantas de milho.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. M.; PEFFNING, L. H. O Gênero *Trichoderma* no Brasil. In: **Trichoderma: Uso na Agricultura**. Embrapa, p. 163-179, 2019.
- AGRICHEM BRASIL. **Agrichem portfólio**. 2024. Disponível em: https://www.agrichem.com.br/sites/default/files/202409/Agrichem_Portfolio_2024.pdf. Acesso em: 14 set. 2024.
- AKLADIOUS, S. A.; ABBAS, S. M. Application of *Trichoderma harzianum* T22 as a biofertilizer potential in maize growth. **Journal of Plant Nutrition**, v. 37, n. 1, p. 30-49, 2014.
- ALMEIDA, G.; M.; RODRIGUES, J. G. L. Desenvolvimento de plantas através da interferência de auxinas, citocininas, etileno e giberilinas. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v. 9, n. 3, p. 111-117, 2016.
- ALTOMARE, C.; NORVELL, W. A.; BJÖRKMAN, T. E HARMAN, G. E. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 65, n. 7, p. 2926-2933, 1999.
- AQUINO, J. R.; ALVES, M. O.; VIDAL, M. F. Agricultura familiar no Nordeste: um breve panorama dos seus ativos produtivos e da sua importância regional. **Boletim regional, urbano e ambiental**, n.23, p.98-110, 2020. Edição Especial Agricultura.
- BARCELOS, G. S. **Bioestimulantes na cultura do milho: impacto na nutrição e nos parâmetros biométricos**. 2016. 27 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.
- BARROS; G. D. C; ALVES, L. R. A. Referenciais do mercado e formação do preço do milho no Brasil. **Visão Agrícola**, v. 13, n. 9, p. 162-165, 2015.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. Universidade de Évora, 2014.
- BECERRA, P. A. C. **Efeito da aplicação de *Trichoderma harzianum* na produtividade das culturas de milho e sorgo para silagem em Zamorano**. 2016. 30 f. Monografia (Graduação Engenharia Agrônoma) – Escola Agrícola Pan-americana, Zamorano, 2016.
- BENGALA, P. S. P. **Influência dos cultivos de 1ª e 2ª safras no crescimento e na produtividade de silagem de milho e sorgo**. 2019. 104 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2019.
- BETTIOL, W.; SILVA, J. C.; CASTRO, M. L. M. P. Uso atual e perspectivas do *Trichoderma* no Brasil. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília: Embrapa, p. 21-43, 2019.
- CALEGARI, A. G. B.; ELY, M. A. M.; SAPELLI, S. E. P.; CARMONA, V. H. R.; KAEFER, W. F. K. Desenvolvimento radicular do feijão de vagem em diferentes doses de Biozyme®. In: **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil**. Editora Científica Digital, v. 1, p. 428-434, 2021.

CANTARELA, H. Nitrogênio. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, p. 375-470, 2007.

CARVALHO, H. W. L.; SANTOS, M. X.; LEAL, M. L. S.; TABOSA, J. N.; CARDOSO, M. J.; CARVALHO, B. C. L.; LIRA, M. A. T.; ALBUQUERQUE, M. M. Melhoramento genético de milho no Nordeste brasileiro. *In*: QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S.R.R. (Ed). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro (online)**. Versão 1.0. Petrolina: Embrapa Semiárido; Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 95 p. 1999.

CARVALHO, M. L. M.; SILVA, W. R. Refrigeração e qualidade de sementes de milho armazenadas em pilhas com diferentes embalagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 9, p. 329-332, 1994.

CASTRO, G. S. A.; BOGIANI, J. C.; SILVA, M. G.; GAZOLA, E.; ROSOLEM, C. A. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 10, p. 1311-1318, 2008.

CATO, S. C. **Ação de bioestimulante nas culturas do amendoim, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas**. 2006. 74 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

CHAVARRIA, G.; PEDERSEN, A. C.; DEUNER, C. C. Bioestimulantes: estabelecimento de plântulas e rendimento na cultura do trigo. **Revista Plantio Direto**, v. 2, n. 1, p. 27-31, 2012.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, safra 2019/20** – 4º Levantamento, Brasília. 2020.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2022/2023**. 2º Levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos>. Acesso em: 25 ago. 2024.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira, safra 2022/23** – 7º Levantamento, Brasília. 2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2023/2024**. 6º levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos>. Acesso em: 25 ago. 2024.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Nova estimativa para a produção de grãos na safra 2023/2024 está em 297,54 milhões de toneladas. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5579-nova-estimativa-para-a-producao-de-graosna-safra-2023-2024-esta-em-297-54-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 25 ago. 2024.

CONTRERAS-CORNEJO, H. A.; MACÍAS-RODRIGUES, L.; DEL-VAL, E. LARSEN, J. Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the 24 rhizosphere: interactions with plants. **Microbiology Ecology**, Oxford, v. 92, n. 4, p. 1-17, 2016.

CRUZ, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. Milho: o produtor pergunta, a embrapa responde. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 338 p. 2011.

CRUZ, P. M. V. **Uso do *Trichoderma harzianum* como promotor de crescimento na cultura do milho (*Zea mays*) no Cariri Paraibano**. 2023. 38 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Biosistemas) – Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2023.

CUNHA, M. B.; SOUZA, R. M.; BUSO, W. H. D. Desempenho agrônômico de milho com uso de inseticidas e biorreguladores no tratamento de sementes. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 18564-18575, 2020.

DINIZ, R. R. S.; ALENCAR, M. L. S.; MEDEIROS, S. A.; GUERRA, H. O. C.; SALES, J. C. R. Índice de anomalia de chuvas da Microrregião do Cariri Ocidental Paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 6, p. 2628-2640, 2020.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas**. Itaguaí: Embrapa - Spi, 1995, 60 p.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Scientia horticulturae**, v. 196, p. 3-14, 2015.

FANCELLI, A.L. Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo. **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, p. 50-76, 2015.

FANCELLI, A. L. **Plantas alimentícias: guia para aula, estudo e discussão**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1986.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, **Portal Embrapa**. p. 21 – 54, 2000.

FERNANDES, J. P. T.; NASCENTE, A. S.; FILLIPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; SILVA, M. A.; SILVA, G. B. Effects of beneficial microorganisms on upland rice performance. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 3, p. 156-162, 2021.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, p. 576, 2007.

FRANÇA, D. V. C.; KUPPER, K. C.; MAGRI, M. M. R. GOMES, T. M.; ROSSI, F. *Trichoderma* spp. isolates with potential of phosphate solubilization and growth promotion in cherry tomato. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, p. 360-368, 2017.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I.; HENNING, F. A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Londrina: **Embrapa Soja**, 2016. 82 p. (Embrapa Soja. Documentos, 380).

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; OLIVEIRA, F. P.; RIBEIRO, G. N.; SILVA, V. F.; SILVINO, G. S. Atualização do mapa de solos do Estado da Paraíba utilizando geotecnologias. **Revista Geama**, v. 9, n. 2, p. 20-28, 2023.

FRASCA, L. L. M.; NASCENTE, A. S.; LANNA, A. C., CARVALHO, M. C. S., COSTA, G. G. Bioestimulantes no crescimento vegetal e desempenho agrônômico do feijão-comum de ciclo superprecoce. **Agrarian**, v.13, n.47, p.27-41, 2020.

GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 382 p. 2017.

GARCÉS-FIALLOS, F. R.; SABANDO-ÁVILA, F.; MOLINA- ATIENCIA, L. M. *Trichoderma harzianum* en pre-siembra aumenta el potencial agronómico del cultivo de piña. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 4, p. 410-414, 2017.

GARCÍA-LARA, S.; SERNA-SALDIVAR, S. O. Corn history and culture. *In: Corn: Chemistry and Technology*. 3. ed. AACC International Press, p. 1-18, 2019.

GARCÍA-LARA, S.; CHUCK-HERNANDEZ, C.; SERNA-SALDIVAR, S.O. Development and structure of the corn kernel. *In: Corn: Chemistry and Technology*. 3. ed. AACC International Press, p. 147-163, 2019.

GAVELIENĖ, V.; JURKONIENĖ, S. Probiotics enhance cereal yield and quality and modify agrochemical soil properties. **Microorganisms**, v. 10, n. 7, p. 1277, 2022.

GOMES, E. A.; SILVA, U. C.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; LANA, U. G. P.; MARRIEL, I. E.; SANTOS, V. L. Microrganismos promotores do crescimento de plantas. **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, n. 208, 51 p. 2016. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 208).

KARTHIKEYAN, P. Antagonistic potentiality of fungal pathogens against *Trichoderma viride* and *Trichoderma harzianum*. **International Journal of Scientific Research**, Gujarat, v. 5, n. 4, p. 205-207, 2016.

KOLLING, R. **Avaliação do uso de bioestimulantes sobre o rendimento da cultura do trigo**. 2023. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Ibirubá, 2023. Disponível em: <https://dspace.ifrs.edu.br/xmlui/handle/123456789/1336>. Acesso em: 30 set. 2024.

KUMAR, R.; KUMAWAT, N.; SAGU, Y. K. Role of biofertilizers in agriculture. **Popular Kheti**, v. 5, p. 63–66, 2017.

LU, Z.; TU, G.; ZHANG, T.; LI, Y.; WANG, X.; ZHANG, Q.; SONG, W.; CHEN, J. Screening of antagonistic *Trichoderma* strains and their application for controlling stalk rot in maize. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 19, p. 145-152, 2020.

MACAN, G. P. F.; PINTO, D. F. P.; e HOMMA, S. K. Eficiência de diferentes adubos orgânicos na adubação do milho. **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 4, 6674 p. 2019.

MACIEL, L. M.; TUNES, L V. M. A importância do controle de qualidade nas sementes de milho. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 49934-49938, 2021.

MAGALHAES, P. C.; DURÃES, F. O. **Fisiologia da produção de milho**. Circular Técnica 76, Embrapa Milho, Sete Lagoas, 2006.

- MARTINS, M. A.; TOMASELLA, J.; RODRIGUEZ, D. A.; ALVALÁ, R. C.; GIAROLLA, A.; GAROFOLO, L. L. SIQUEIRA JÚNIOR, J. L.; PAOLICCHI, L. T. L. C.; PINTO, G. L. N. Improving drought management in the brazilian semiarid through crop forecasting. **Agricultural Systems**, v. 160, p. 21-30, 2018.
- MATA, J. F.; SILVA, J. C. da ; RIBEIRO, J. F.; AFFÉRI, F. S.; VIEIRA, L. M. Produção de milho híbrido sob doses de esterco bovino. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3 n. 3, 2010.
- MEENA, V. S.; MAURYA, B. R.; VERMA, J. P.; AERON, A.; KUMAR, A.; KIM, K.; BAJPAI, V. K. Potassium solubilizing rhizobacteria (KSR): Isolation, identification, and krelease dynamics from waste mica. **Ecological Engineering**, v. 81, p. 340–347, 2015.
- MIRANDA, R. A. Uma história de sucesso da civilização. **A Granja**, v. 74, n. 829, p. 24-27, 2018.
- MONTE, E.; BETTIOL, W.; HERMOSA, R. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília: Embrapa, 181 p. 2019.
- MORO, D. *Trichoderma*: versatilidade, função e potencialidades. **Equipe mais soja**, 2018. Disponível em <https://maissoja.com.br/trichoderma-versatilidade-funcao-e-potencialidades/>. Acesso em: 04 out. 2024.
- NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; SCHIAVON, M.; ERTANI, A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. **Scientia Agricola**, v. 73, p. 18-23, 2016.
- OLIGINI, K. F. **Relação entre épocas de semeadura e grupos de maturação de cultivares de soja na viabilidade técnica e econômica do milho safrinha no sul do Brasil**. 2019. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.
- PACHECO, M. J. B.; COSTA, H. M. S. **Biometria de Sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob influência de crescimento e adubação**. 2022. 35 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2022.
- PEREIRA FILHO, I. A. Cultivo de milho. In: **Cultivo de milho**. 9. ed. Embrapa Milho e Sorgo, 2015.
- PIEKIELEK, W. P.; FOX, R. H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy J.**, v. 84, p. 59-65, 1992.
- PINTO, Z. V.; LUCON, C. M. M.; BETTIOL, W. Controle de qualidade de produtos biológicos à base de *Trichoderma*. **Trichoderma: uso na agricultura**, v. 1, n. 1, p. 275-295, 2019.
- PORTO, H. C. **Atividades antifúngica de extratos vegetais e análise fisiológica em sementes de milho crioulo (*Zea mays* L.)**. 2019. 42 f. Monografia (Graduação em Tecnologia

em Agroecologia) – Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2019.

ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, A.; CHAPIN, F. S.; LAMBIN, E. F.; LENTON, T. M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H. J.; NYKVIST, B.; DE WIT, C. A.; HUGHES, T.; VAN DER LEEUW, S.; RODHE, H.; SÖRLIN, S.; SNYDER, P. K.; COSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FALKENMARK, M.; KALBERG, L.; CORRELL, R. W.; FABRY, V. J.; HANSEN, J.; WALKER, B.; LIVERMAN, D.; RICHARDSON, K.; CRUTZEN, P.; FOLEY, J. A. A safe operating space for humanity. *Nature*, v. 461, p. 472-475, 2009.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistemas brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306 p. 2006.

SANTOS, W.F., AFFÉRI, F.S., PELÚZIO, J.M., SODRÉ, L.F., REINA, E., PEREIRA, J.S. Efficiency of nitrogen and genetic divergence in corn aiming for the production of protein. *Journal of Bioenergy and Food Science*, n. 4, v. 4, p. 135-144, 2017.

SILVA, J. H. B.; SILVA, A. V.; SILVA, C. M.; GOMES, T. R. V. R.; ARAÚJO, V. F. S.; NÓBREGA, J. S.; SILVA, J. L. C.; DANTAS, V. C. M. F.; SILVA, J. A. SOARES, A. O. G. LOPES, A. S.; LEAL, M. P. S. Uso de bioestimulantes na cultura do milho (*Zea mays* L.): uma revisão. *Scientific Electronic Archives*, v. 16, n. 5, 2023.

SILVA, R. S.; FOGAÇA, J. J. N. L.; MOREIRA, E. S.; PRADO, T. R.; VASCONCELOS, R. C. Morfologia e produção de feijão comum em função da aplicação de bioestimulantes. *Revista Scientia Plena*, v.12, n.10, 2016.

SILVA, T. A. P. Uso de biofertilizantes (extrato de algas – *ascophyllum nodosum*) na cultura do milho. 5. ed. *Informativo Técnico Nortox*, p. 1-4, 2018.

SIQUEIRA A.P.P.; SIQUEIRA M.F.B. **Bokashi: adubo orgânico fermentado**. Niterói: Programa Rio Rural, 16 p. 2013. (Manual Técnico 40).

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T. Avaliação de frutos de tomate de mesa produzidos com efluente do tratamento primário da água residuária da suinocultura. *Revista Engenharia na Agricultura – REVENG*, v. 18, n. 3, p. 198-207, 2010.

SCHITTENHELM, S. Chemical composition and methane yield of maize hybrids with contrasting maturity. *European Journal Agronomy*, Córdoba, v. 29, n. 2, p. 72-79, 2008.

STADNIK M.J.; ASTOLFI P.; FREITAS M.B. Bioestimulantes: uma perspectiva global e desafios para a américa latina. *In: I Simpósio Latino-Americano sobre Bioestimulantes na Agricultura*, 2017, Florianópolis. **Anais[...]** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. p. 18-23. Disponível em: <http://www.bioestimulantes.ufsc.br/files/2017/11/Anais-I-Simp%C3%B3sio-Latino-Americano-sobre-Bioestimulantes-na-Agricultura-SLABA-2017.pdf>. Acesso em: 01 out. 2024.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. Auxina: o hormônio de crescimento. *In*: Fisiologia Vegetal. 3 ed. Porto Alegre: **Artmed**, n. 19, p. 449-484. 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Porto Alegre: **Artmed**, n. 6, 858 p. 2017.

TOMAZZI, D. J.; STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B.; GABE, N. L.; SILVA, R. F.; MORTARI, J. L. M.; SANTOS, G. F. P. Incremento da produtividade de milho pelo uso de *Trichoderma harzianum* TF13. Porto Alegre: **SEAPDR/DDPA**, 2020. 27 p. (Comunicado Técnico, 3).

UPL. **Fisioativador Biozyme**. 2020. Disponível em: <https://tsupl.com.br/wpcontent/uploads/2023/05/BULA-1.pdf>. Acesso em: 14 set. 2024.

USDA – United States Department of Agriculture. Production, Supply and Distribution (PSD) online 2022. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. Acesso em: 25 ago. 2024.

USDA (United States Department of Agriculture/Foreign Agricultural Service). World Agricultural Production. Circular Series, WAP 05-22, 2022. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2024.

USDA. United States Department of Agriculture. World Agricultural Production. Circular Series, WAP 10-23, 2023.

VASCONCELOS, A. C. F. **Uso de Bioestimulantes nas culturas de milho e soja**. 2006. 112 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

WAGHUNDE, R. R.; SHELAKI, R. M.; SABALPARA, A. N. *Trichoderma*: A significant fungus for agriculture and environment. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 11, n. 22, p. 1952-1965, June 2016.

ZANCANARI, N. S. **Anatomia e morfologia de plantas de milho com diferentes números de alelos transgênicos**. 2019. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2019.

ZARONI, M. J.; ALMEIDA, E. P. C. Vertissolos Háplicos. **Portal Embrapa**, 2021.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Preparo do sistema de irrigação por gotejamento antes da implementação do experimento.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE B. Sistema de irrigação finalizado.



Fonte: Arquivo pessoal
APÊNDICE
C. Plantio manual das
sementes de milho.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE D. Sementes inseridas no berço.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE E. Visualização da área experimental com o delineamento das parcelas.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE F. Efetuando o desbaste das plantas.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE G. Efetuando a dosagem do produto comercial Biozyme.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE H. Efetivando a dosagem do produto comercial Booster.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE I. Dosagens de Biozyme, Booster e *Trichoderma*, respectivamente.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE J. Primeira aplicação via pulverização dos produtos.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE K. Segunda aplicação via pulverização dos produtos.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE L. Análise de altura de planta com o auxílio da trena.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE M. Análise do diâmetro de colmo com o auxílio de um paquímetro digital.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE N. Análise de área foliar com o auxílio da trena.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE O. Análise de área foliar com o auxílio da trena.



Fonte: Arquivo pessoal

APÊNDICE P. Plantas de milho no final da pesquisa.



Fonte: Arquivo pessoal