

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

FELIPE SOUZA DA CRUZ

**EFICÁCIA DE PRODUTOS MICROBIOLÓGICOS E EXTRATO DE ALGAS SOB
DIFERENTES POSICIONAMENTOS NA CULTURA DO ALGODÃO**

Ilha Solteira
2023

FELIPE SOUZA DA CRUZ

**EFICÁCIA DE PRODUTOS MICROBIOLÓGICOS E EXTRATO DE ALGAS SOB
DIFERENTES POSICIONAMENTOS NA CULTURA DO ALGODÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –
UNESP, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira
Filho
Orientador

Ilha Solteira
2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C957e Cruz, Felipe Souza da.
Eficácia de produtos microbiológicos e extrato de algas sob diferentes posicionamentos na cultura do algodão / Felipe Souza Da Cruz. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
35 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Inclui bibliografia

1. *Ascophyllum nodosum*. 2. Controle biológico. 3. *Gossypium spp.* 4. *Trichoderma harzianum*. 5. *Bacillus pumilus*.


Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Apoio
Setor Técnico de Referência, Atendimento ao usuário e Circulação
Divisão Técnica de Biblioteca e Documentação
CDMS - 999

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Eficácia de produtos microbiológicos e extrato de algas sob diferentes posicionamentos na cultura do algodão.

ALUNO: *Felipe Souza da Cruz*

RA: 172055751

ORIENTADOR: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora com Nota: 10

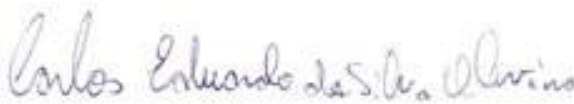
Comissão Examinadora:



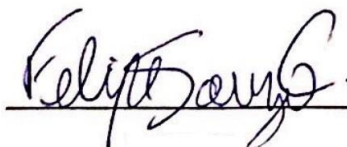
Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Presidente (Orientador)



Me. Natasha Mirella Inhã Godoi



Dr. Carlos Eduardo da Silva Oliveira



Felipe Souza da Cruz

Ilha Solteira, 10 de julho de 2023.

Dedico...

Aos meus pais, Cássia Gonçalves e Luis Carlos Soares, que estiveram ao meu lado durante toda essa jornada acadêmica, dedico todo o esforço, amor e apoio que me proporcionaram ao longo desses anos. Vocês foram a base sólida em que pude construir meus sonhos e alcançar os objetivos que tracei.

Ao meu irmão, Danilo Souza, que trago como fonte de inspiração, exemplo de dedicação, ética e comprometimento.

Agradeço...

Primeiramente, agradeço a Deus, fonte de sabedoria e inspiração, por guiar meus passos ao longo desta jornada acadêmica. Sua presença constante e sua graça inesgotável foram fundamentais para que eu pudesse superar os desafios e alcançar essa importante conquista.

Aos meus pais e meu irmão, quero acrescentar meu profundo agradecimento por todo o apoio, carinho, dedicação, amor e confiança que sempre me proporcionaram ao longo desta jornada.

Aos colegas e amigos da Turma LIV, sou muito grato pela parceria, apoio e troca de conhecimentos ao longo desses anos de estudo. Juntos, compartilhamos momentos de aprendizado, desafios e conquistas, criando laços que serão lembrados com carinho.

Aos membros de estágio do Lab. Ento II, que compartilharam comigo experiências enriquecedoras e contribuíram para o meu crescimento profissional, expresso minha gratidão.

Aos amigos que compartilharam comigo moradia durante esse período, meu primo Murilo de Souza Penteado e membros da República Pula Cerca.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), instituição que me proporcionou uma formação acadêmica de qualidade. Agradeço aos professores que compartilharam seu conhecimento e estimularam meu desenvolvimento. Também aos funcionários e colaboradores da universidade pelo suporte e pela infraestrutura disponibilizada ao longo do curso.

Ao Professor Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, pela ajuda valiosa e pelo apoio durante o processo de elaboração deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Por fim, meu agradecimento à Koppert, empresa onde realizei meu estágio e iniciei minha jornada profissional, que contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço pela oportunidade de aprendizado e pela confiança depositada em mim. Em especial, ao Felipe C. F. de Mendonça, Marcelino B. Brito, Renan B. Moraes, Alexandre S. Mistrelo, Gustavo P. Robles e Camila E. P. Masiero.

RESUMO

O cultivo de algodão é de grande importância para a economia e a sociedade no Brasil, contribuindo significativamente para a cadeia do agronegócio e gerando empregos diretos e indiretos. No entanto, a produção de algodão enfrenta desafios devido às condições climáticas adversas nas regiões produtoras, como períodos de seca e grandes oscilações de temperatura, que afetam a produtividade e a qualidade das fibras. Nesse contexto, o uso de produtos microbiológicos e bioestimulantes tem se mostrado uma estratégia promissora para reduzir os efeitos do estresse hídrico, além de contribuir para o aumento da produção, melhorando as condições de cultivo da cultura. Pensando nisto, este ensaio foi conduzido com objetivo de avaliar a eficácia de dois produtos microbiológicos, um a base do fungo *Trichoderma harzianum* Cepa ESALQ1306, e outro composto pela bactéria *Bacillus pumilus* Isolado CNPSo 3203, além de um bioestimulante a base de extrato da alga *Ascophyllum nodosum*. Nos tratamentos, foram variados a época de aplicação, além da combinação entre os produtos. O ensaio foi conduzido no município de Primavera do Leste, Mato Grosso, em delineamento em blocos ao acaso (DBC) com 5 tratamentos e 6 repetições. Foram feitas avaliações dos parâmetros biométricos da cultura, além da produtividade final e aspectos qualitativos da fibra. A partir das análises dos dados, evidenciou-se que o uso de *A. nodosum* no tratamento de sementes e mais quatro aplicações via foliar nas épocas: 60, 75, 90 e 105 DAE (tratamento 5) se destacou no trabalho, sendo superior na produtividade de algodão em fibra, produzindo 138,6 kg de fibra por hectare a mais que a testemunha, seguido do tratamento 2, que obteve um incremento de 110,85 kg de fibra por hectare, sendo o segundo tratamento com o melhor resultado em questão de produtividade. Além disso, apesar do aumento da produtividade nos tratamentos que receberam os produtos biológicos, não foi evidenciado perda de qualidade das fibras (qualidade da pluma; comprimento; uniformidade; fibra curtas; resistência a ruptura; alongamento e micronaire de algodão). Com isso pode-se concluir que, a adição dos produtos biológicos podem contribuir no manejo na cultura do algodão, trazendo ganhos em produção, não afetando a qualidade do produto final.

Palavras-chave: *Ascophyllum nodosum*. Controle biológico. *Gossypium spp.* *Trichoderma harzianum*. *Bacillus pumilus*.

ABSTRACT

Cotton cultivation is of great importance to the economy and society in Brazil, significantly contributing to the agribusiness chain and generating direct and indirect employment. However, cotton production faces challenges due to adverse climatic conditions in the producing regions, such as periods of drought and large temperature fluctuations, which affect productivity and fiber quality. In this context, the use of microbiological products and biostimulants has proven to be a promising strategy for reducing the effects of water stress, as well as contributing to increased production by improving the crop's growing conditions. With this in mind, this trial was conducted with the aim of evaluating the effectiveness of two microbiological products: one based on the fungus *Trichoderma harzianum* Strain ESALQ1306 and another composed of the bacterium *Bacillus pumilus* Strain CNPSo 3203, in addition to a biostimulant based on extract from the seaweed *Ascophyllum nodosum*. In the treatments, the application timing and combination of products were varied. The trial was conducted in Primavera do Leste, Mato Grosso, using a randomized complete block design (RCBD) with 5 treatments and 6 replications. Evaluations of the crop's biometric parameters, as well as final productivity and qualitative aspects of the fiber, were performed. From the data analysis, it was evident that the use of *A. nodosum* in seed treatment and four additional foliar applications at the following timings: 60, 75, 90, and 105 DAE (treatment 5), stood out in the study, showing superior cotton fiber productivity by producing 305.26 lb of fiber per hectare more than the control group. This was followed by treatment 2, which had an increase of 244.72 lb of fiber per hectare, ranking as the second-best treatment in terms of productivity. Furthermore, despite the increase in productivity in treatments that included the addition of biological products, no loss of fiber quality (plume quality, length, uniformity, short fibers, breaking strength, elongation, and cotton micronaire) was observed. Therefore, it can be concluded that the addition of biological products can contribute to cotton crop management, bringing gains in production without affecting the quality of the final product.

Keywords: Biologic control. *Ascophyllum nodosum*. *Gossypium spp.* *Trichoderma harzianum*. *Bacillus pumilus*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Cultura do algodão	12
2.1.1 Fenologia do algodoeiro	12
2.2 Insumos biológicos na agricultura	14
2.2.1 <i>Trichoderma harzianum</i>	14
2.2.2 <i>Bacillus pumilus</i>	16
2.2.3 Extrato de algas (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Local, implementação e condução da pesquisa	18
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	20
3.3 Especificações dos produtos	21
3.4 Avaliações realizadas	22
3.5 Análises estatísticas	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Parâmetros biométricos e quantitativos.	24
4.2 Aspectos qualitativos	28
5. CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1. INTRODUÇÃO

O cultivo da cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* Linnaeus, 1753) no Brasil possui uma importância fundamental tanto para a economia como para a sociedade no país. Conforme informações fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), o setor do algodão desempenha um papel expressivo na economia nacional, contribuindo com aproximadamente 1,7% do Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro. De acordo com o estudo "Estimativa do Número de Empregos na Cadeia Produtiva do Algodão Brasileiro", publicado em 2018 pela Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), estima-se que a cadeia produtiva do algodão no Brasil tenha gerado cerca de 1,4 milhão de empregos diretos e indiretos naquele ano.

De acordo com estudos conduzidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2020), o Brasil tem se destacado na produção de algodão, obtendo resultados impressionantes em termos de produtividade e qualidade, fazendo com que aumentasse a expressão competitiva do país no mercado global. Nos últimos anos, as exportações de algodão brasileiro tiveram aumento significativo, trazendo benefícios para a balança comercial e solidificando o Brasil como um dos principais participantes no mercado internacional do produto.

Em termos de cultivo de algodão, o Brasil é um país vasto e diversificado com diferentes regiões que se destacam na produção, sendo as principais regiões produtoras o Nordeste e o Centro-Oeste (COSTA et al., 2018). No Cerrado, especificamente nos estados de Mato Grosso e Bahia, ocorre uma expressiva produção de algodão. Segundo dados Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), o Mato Grosso é o maior produtor, concentrando mais de 70% da produção nacional, seguido do estado Bahia, com 20%.

A produção de algodão no Brasil, enfrenta desafios devido às condições climáticas adversas em que as regiões produtoras se encontram. De acordo com Santos et al. (2021), em seu estudo intitulado "Desafios climáticos na produção de algodão no Brasil", eventos climáticos extremos, como períodos prolongados de seca, chuvas intensas e flutuações de temperatura, exercem um impacto direto sobre a produtividade e a qualidade das fibras de algodão. Essas condições podem ocasionar perdas significativas na produção de algodão e representar um desafio à estabilidade do setor.

De acordo com Scholz et al. (2019), a cultura do algodão é consideravelmente exigente em água e nutrientes, e a falta de água é um dos principais fatores que afetam o

crescimento e o desenvolvimento das plantas. Além disso, o estresse hídrico pode desencadear processos fisiológicos de defesa nas plantas, como a produção de compostos antioxidantes e o aumento da atividade de enzimas antioxidantes, a fim de minimizar os danos causados pela falta de água. Esses processos afetam diretamente o crescimento e a produtividade do algodoeiro, uma vez que a transpiração é fundamental para a regulação da temperatura da planta e a absorção de nutrientes (SILVA et al., 2020).

É fundamental entender as estratégias que as plantas utilizam para lidar com o estresse hídrico, a fim de desenvolver técnicas de manejo que possam minimizar os impactos desse fator limitante na produção. Além disso, é importante estudar a interação entre a cultura do algodão e o ambiente, para compreender melhor como as plantas respondem aos estresses ambientais e desenvolver estratégias mais eficientes de manejo.

Dentre os meios utilizados, o uso de bioestimulantes e microrganismos tem sido uma estratégia promissora para minimizar os efeitos do estresse hídrico e aumentar a produção de algodão. De acordo com Wang et al. (2020), os bioestimulantes são compostos naturais ou sintéticos que melhoram o crescimento e desenvolvimento das plantas, aumentando sua resistência ao estresse, dando melhores condições para a cultura.

Um estudo realizado por Souza et al. (2021) avaliou o efeito do uso de bioestimulantes no desempenho da cultura do algodão submetida ao estresse hídrico. Os resultados mostraram que o uso de bioestimulantes aumentou significativamente a produção de algodão, mesmo em condições adversas. Portanto, o uso de bioestimulantes pode ser uma alternativa viável para reduzir os efeitos do estresse hídrico na cultura do algodão. É importante destacar a importância da pesquisa nesta área, a fim de identificar manejos mais eficazes e aprimorar o uso dessa estratégia na produção de algodão.

Diante do exposto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de averiguar os efeitos de produtos biológicos trazem à cultura do algodão, quando aplicados via semente e pulverizados em diferentes épocas. Para isso, foram utilizados o bioestimulante à base de extrato da alga *Ascophyllum nodosum* Linnaeus, 1753, Stingray[®], o fungicida e nematicida microbiológico a base do fungo *Trichoderma harzianum* Rifai, 1969, Trichodermil Super SC[®] (Cepa ESALQ 1306) e um fungicida microbiológico a base da bactéria *Bacillus pumilus* Brock, 1961, Caravan[®] (Isolado CNPSo 3203).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura do algodão

O algodão pertence à família *Malvaceae* e ao gênero *Gossypium*, sendo uma cultura perene, mas normalmente é cultivado como anual. Essa planta é amplamente cultivada em todo o mundo, especialmente em regiões com clima tropical e subtropical

Há indícios que seu centro de origem, sendo uma planta domesticada pelos antigos povos da Índia, Egito e China. De acordo com a literatura, há evidências do uso de algodão na Índia desde 5.000 a.C. (LEE, 1984). A partir da Índia, a cultura do algodão se espalhou para outras regiões do mundo, como Oriente Médio, África e Europa, por meio das rotas comerciais estabelecidas durante a Antiguidade (COSTA et al., 2015).

No continente americano, a introdução do algodão ocorreu em momentos posteriores, primeiro pelos espanhóis no século XVI e depois pelos ingleses no século XVIII, como indicado por Mello et al. (2004). Enquanto no Brasil teve início no período colonial, com a introdução da planta pelos colonizadores portugueses. No entanto, foi somente a partir do século XIX que a produção de algodão se expandiu de forma significativa, tornando o Brasil um dos maiores produtores mundiais da fibra.

A produção de algodão no Brasil concentra-se principalmente nos estados da Bahia, Mato Grosso e Goiás, que respondem por mais de 90% da produção nacional. Entre esses estados, o Mato Grosso é o maior produtor de algodão, representando cerca de 70% da produção total, enquanto a Bahia ocupa a segunda posição, com aproximadamente 20% da produção (CONAB, 2022). Cada estado tem sua própria época de semeadura, dependendo das condições climáticas e do ciclo da cultura.

A Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA, 2022) estima que a produção de algodão na safra 2022/23 passe de 3 milhões de toneladas, o que representaria aumento de 17,6% sobre o volume do período anterior, quando foram produzidas 2,55 milhões de toneladas, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022). Em relação à área plantada, o índice é 1,65 milhões de hectares, com produtividade média em torno de 1.827 kg ha⁻¹.

2.1.1 Fenologia do algodoeiro

A fenologia do algodoeiro é composta por estádios que se dividem em cinco etapas distintas, que são: emergência, desenvolvimento vegetativo, floração, formação de

maças e maturação (PETTIGREW, 2008). A duração dos estádios fenológicos do algodoeiro é influenciada por fatores bióticos e abióticos, incluindo a temperatura, umidade, fotoperíodo e disponibilidade de nutrientes. É importante para o crescimento e desenvolvimento da cultura, que se tenha em cada estágio, um manejo correto e eficiente (MAUNEY; STEWART, 1986).

O início do desenvolvimento da cultura é caracterizado pela emergência das plântulas após a semeadura. Segundo estudo realizado por Li et al. (2020), a duração desse estágio é de cerca de 7 a 10 dias após a semeadura, dependendo de algumas variações, como a cultivar, tipo de solo, condições climáticas, entre outros. Durante esse estágio, é importante garantir que a planta tenha água e nutrientes suficientes para um bom desenvolvimento.

Após a germinação, tem início o estágio vegetativo, no qual as folhas são formadas, e realizam a interceptação da luz sol e a reprodução de fotoassimilados para sustentar o crescimento contínuo da cultura. Durante o período que se estende do surgimento do primeiro botão ao aparecimento da primeira flor, a planta está na fase em que terá o aumento na sua altura e o acúmulo de matéria seca. O aparecimento dos botões florais e a formação das flores são consequências do crescimento vegetativo, resultantes do surgimento de ramos frutíferos e botões florais nos ramos já presentes. É crucial para o bom desempenho desta cultura, alcançar um equilíbrio adequado entre o crescimento vegetativo e o produtivo, sendo que esses processos são influenciados pelas condições ambientais, níveis de umidade, além da fertilidade do solo (SILVA et al., 2011).

Na etapa que vai do surgimento da primeira flor ao primeiro capulho, o foco principal da planta é garantir a fixação do maior número de maçãs, que em sua maioria, já estão em estágio de maturação. Durante esse período, ocorre uma competição entre o crescimento da parte vegetativa e o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos, sendo esse um aspecto crucial a ser levado em consideração para o manejo (SILVA et al., 2011).

A planta continua crescendo de forma constante, alcançando sua altura máxima e capturando a maior quantidade de luz possível, as folhas e estruturas reprodutivas competem entre si pela distribuição dos nutrientes disponíveis na planta (JACKSON; ARKIN., 1982).

Conforme mencionado por Pettigrew et al. (2012), a fase de maturação é marcada pela abertura das cápsulas, ocorrendo quando as fibras alcançam a maturidade fisiológica, sendo um estágio crítico no ciclo de vida da cultura. Nesse momento, as fibras estão completamente desenvolvidas e prontas para serem colhidas. Adicionalmente, durante

essa fase, ocorrem mudanças notáveis na composição química das fibras, como a quebra da pectina e a acumulação de celulose, contribuindo para a formação de fibras maduras e de alta qualidade.

A maturação do algodoeiro é um processo complexo influenciado por diversos fatores, como temperatura, umidade, disponibilidade de nutrientes e duração do fotoperíodo. De acordo com o estudo de Gamble et al. (2013), as condições climáticas desempenham um papel crucial na determinação do tempo e do processo de maturação. Condições adequadas de temperatura e umidade são fundamentais para o desenvolvimento adequado das fibras, garantindo, assim, a obtenção de um produto final de qualidade.

2.2 Insumos biológicos na agricultura

O emprego de insumos biológicos na agricultura tem ganhado destaque como uma opção mais segura e sustentável para a produção agrícola (KARPOUZAS et al., 2018). Tais insumos são compostos por organismos vivos ou seus derivados, tais como bactérias, fungos, vírus e extratos de plantas e algas, que desempenham diversas funções benéficas tanto no solo quanto nas plantas (MAHESHWARI; DUBEY, 2009). De acordo com Borges et al. (2019), dentre os principais benefícios atribuídos ao uso de insumos biológicos, destacam-se a redução do uso de agroquímicos, a estimulação do crescimento vegetal e o aprimoramento da qualidade do solo.

A adoção do uso de biológicos como bioestimulantes, fertilizantes, inseticidas e microrganismos eficientes no controle de doenças, são hoje alternativas promissoras para a agricultura, que já vem sendo utilizados com sucesso. Segundo Ravindran et al. (2020), esses insumos podem ajudar a melhorar a eficiência do uso de nutrientes, reduzir a incidência de pragas e doenças, aumentar a resistência das plantas a condições adversas, como seca e altas temperaturas, e promover a sustentabilidade da produção agrícola.

2.2.1 *Trichoderma harzianum*

Trichoderma é um gênero de fungos amplamente estudado devido ao seu potencial para uso como agente biocontrolador, bioestimulante e como promotor de crescimento vegetal. Esses fungos são conhecidos por sua capacidade de colonizar as

raízes das plantas e promover o crescimento das plantas, aumentando a absorção de nutrientes e a tolerância a estresses bióticos e abióticos (HARMAN, 2006).

Estes fungos podem atuar como agentes de biocontrole contra diversos patógenos de plantas, como fungos, bactérias além de nematoides. Além disso, os fungos do gênero podem induzir a uma resistência sistêmica nas plantas, aumentando sua capacidade de se defender de fatores bióticos e abióticos.

Outro estudo de Singh et al. (2017) destaca a importância do *Trichoderma* no manejo integrado de doenças de plantas. O emprego deste fungo, ajuda a reduzir o uso de fungicidas sintéticos e, assim, diminuir o impacto ambiental associado a esses produtos químicos.

Além de estimular o crescimento das raízes e a solubilização de nutrientes, de acordo com Souza et al. (2019), o uso de *Trichoderma* tende a melhorar a absorção de nutrientes pelas plantas, devido ao estímulo da atividade de enzimas envolvidas na absorção de nutrientes, como a fosfatase ácida e a quitinase, o que resulta em maior aproveitamento pela cultura.

Dentro deste gênero, existem diversas espécies que são amplamente estudadas, como: *T. harzianum*, *T. asperellum*, *T. stromaticum*, *T. atroviride*, entre outras. Dentre estas, a que mais se destaca é a espécie *T. harzianum*, que hoje é muito utilizada na agricultura, devido ao seu destaque no controle de fitopatógenos (HARMAN et al., 2004). Esse fungo tem a capacidade de atuar como agente de biocontrole contra patógenos de plantas, promovendo o controle biológico de doenças. Estudos têm demonstrado sua eficácia no combate a diferentes fitopatógenos, como fungos causadores de doenças de solo em várias culturas (VINALE et al., 2008).

De acordo com o estudo realizado por Singh et al. (2017), foi demonstrada uma alta atividade antifúngica contra importantes patógenos agrícolas, como *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani* e *Phytophthora spp.* Os fungicidas à base do *T. harzianum* apresentam um modo de ação múltiplo, agindo tanto diretamente sobre os patógenos, como também fortalecendo o sistema de defesa das plantas (HERMOSA et al., 2012).

Um estudo de Harman et al. (2004) destaca que o *T. harzianum* produz enzimas hidrolíticas que degradam a parede celular dos fitopatógenos, provocando sua morte. Essas enzimas têm um papel crucial na colonização e penetração do *T. harzianum* nos patógenos, permitindo sua efetiva ação parasitária. Além disso, também produz metabólitos secundários com propriedades antifúngicas, como peptídeos antifúngicos e

ácidos orgânicos, que contribuem para a inibição do crescimento e desenvolvimento dos fitopatógenos (VINALE et al. 2008).

2.2.2 *Bacillus pumilus*

Bacillus é um gênero de bactérias amplamente utilizado em diversas aplicações, incluindo a agricultura. De acordo com Pimentel e Silva (2019), essas bactérias possuem características benéficas para as plantas, e têm a capacidade de atuar como agentes de controle de pragas e doenças, além de melhorar a qualidade do solo e aumentar a produtividade das culturas (GHOSH et al., 2016).

Dentro do gênero *Bacillus*, há diversas espécies estudadas por suas propriedades benéficas, incluindo *B. thuringiensis*, um grande aliado ao manejo integrado de pragas Bravo et al. (2011), *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* além do *Bacillus pumilus*.

Estudos demonstram que essa bactéria pode atuar como agente de biocontrole, promover o crescimento das plantas e aumentar a absorção de nutrientes (CHEN et al., 2017; JAIN et al., 2017).

B. pumilus desempenha um papel importante no controle de doenças foliares, pois dificulta ou impede o desenvolvimento de patógenos presentes na superfície das folhas e ativa o sistema de defesa da planta (AGOSTINO et al., 2009). Ele pode ser utilizado tanto como tratamento curativo quanto preventivo. Estudos têm demonstrado que o *Bacillus pumilus* apresenta uma eficiente colonização e ação como agente de biocontrole, mostrando uma considerável capacidade de inibir o desenvolvimento de esporos presentes na parte aérea das plantas (OTAVIO et al., 2018).

Em relação ao biocontrole, *B. pumilus* tem mostrado eficácia no controle de diversas doenças que afetam as culturas agrícolas, como a murcha-de-fusarium em plantas de tomate (JAIN et al., 2017) e a podridão-de-raízes em plantas de alface (SINGH et al., 2019). O uso de *Bacillus pumilus* tem sido associada ao aumento na produtividade das culturas (CHEN et al., 2017), contribuindo para o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável e responsável.

2.2.3 Extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*)

Os bioestimulantes são definidos como substâncias e microrganismos que, quando aplicados em plantas, estimulam processos naturais para melhorar a absorção de nutrientes, a tolerância a estresses bióticos e abióticos, e o crescimento das plantas (du

JARDIN, 2015). Estes não só podem fornecer nutrientes, como contém compostos que influenciam o metabolismo das plantas e melhoram sua sanidade e performance (CALVO et al., 2014).

Os bioestimulantes podem ser compostos de diferentes classes, incluindo extratos de algas, aminoácidos, ácidos húmicos e fúlvicos, polissacarídeos, e microrganismos benéficos, como bactérias e fungos (COLLA et al., 2015). Os efeitos dos bioestimulantes na fisiologia e no crescimento das plantas variam dependendo da composição e da aplicação, assim como na espécie de planta alvo.

Produtos a base de extrato de algas são os mais comumente encontrados no mercado, e uma das principais espécies, é a *Ascophyllum nodosum*, uma espécie que é encontrada nas costas do Atlântico Norte, conhecida por sua riqueza em compostos bioativos e benefícios para diversas aplicações agrícolas.

Estudos têm demonstrado que o extrato de *Ascophyllum nodosum* possui propriedades promotoras de crescimento, estimulando o desenvolvimento vegetal e aumentando a resistência das plantas. De acordo com Smith et al. (2018), o uso de extratos de *Ascophyllum nodosum* pode resultar em aumento significativo na taxa de germinação de sementes, no crescimento radicular e na produção de biomassa vegetal.

Além da contribuição do uso de *A. nodosum* na germinação e desenvolvimento inicial, estudos demonstraram que seu uso pode promover o crescimento e a formação de estruturas reprodutivas em diferentes culturas agrícolas. Segundo a pesquisa de Sharma et al. (2013), a aplicação de extrato de *A. nodosum* em morangueiros resultou em um aumento significativo no número de flores, frutos e na produtividade total.

Outro estudo realizado por Rui et al. (2020) analisou o efeito do bioestimulante no crescimento e rendimento na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Os resultados demonstraram que a aplicação teve um impacto positivo significativo no crescimento e rendimento das plantas, promovendo um aumento no número de vagens por planta. Além disso, as vagens produzidas nas plantas tratadas com o extrato de *A. nodosum* apresentaram um tamanho e massa maiores em comparação com as plantas do grupo controle.

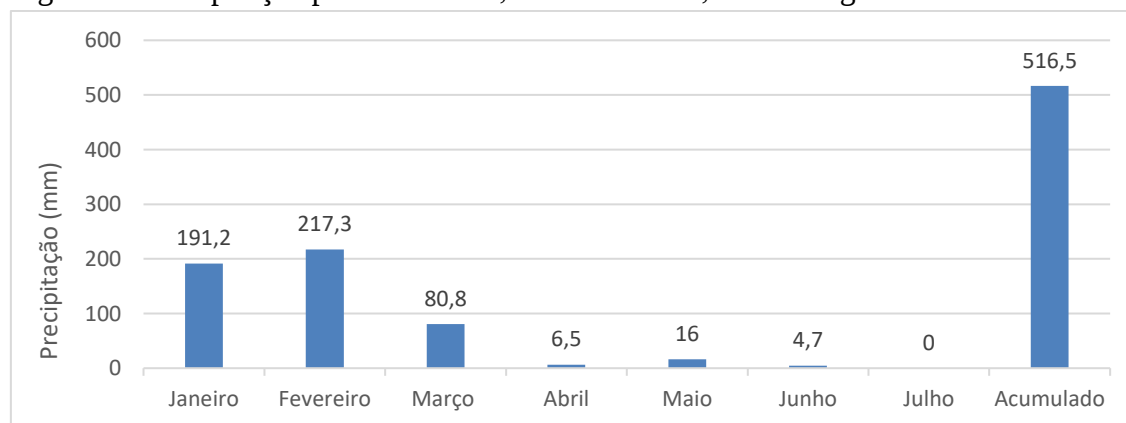
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local, implementação e condução da pesquisa

O experimento foi conduzido no município de Primavera do Leste, que está localizado na região sudeste do estado do Mato Grosso, a cerca de 240 km da capital, Cuiabá, referenciado pelas coordenadas geográficas 15°33'32" de Latitude Sul e 54°17'46" de Longitude Oeste, possuindo uma altitude de 636 m. O clima é classificado como Aw (tropical) segundo a Köppen e Geiger. A temperatura média anual é de 24.6 °C, e a média anual do índice pluviométrico é de aproximadamente 1417 mm. A precipitação pluvial mensal e diária durante a condução da pesquisa com algodão constam na Figuras 1 e 2, respectivamente.

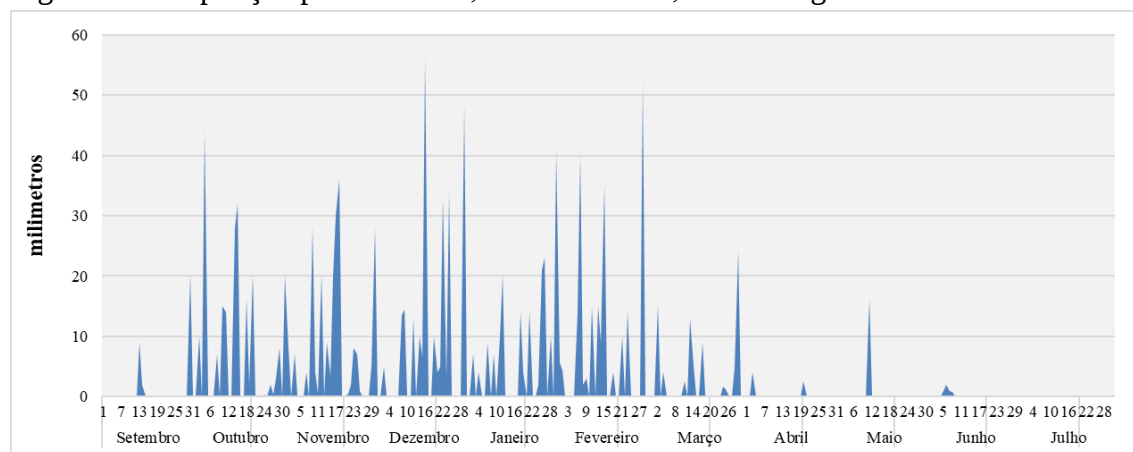
Dados coletados da estação meteorológica do local do experimento, de 2009 a 2021 mostraram que a média pluvial para o período de janeiro a julho era de 827,9 mm, no entanto, no ano de 2022, a média caiu para apenas 516,5 mm (Figura 1).

Figura 1. Precipitação pluvial mensal, em milímetros, na safra agrícola 2021/22.



Fonte: Campo Experimental Ceres Consultoria Agrônômica. Primavera do Leste - MT.

Figura 2. Precipitação pluvial diária, em milímetros, na safra agrícola 2021/22.



Fonte: Campo Experimental Ceres Consultoria Agrônômica. Primavera do Leste – MT.

A semeadura do algodão foi realizada no dia 25/01/2022, utilizando a cultivar FiberMax® 970 GLTP RM, que possui um ciclo médio, variando entre 160 e 180 dias. A densidade de semeadura foi de 10 semente m⁻¹, com espaçamento entrelinhas de 0,76 m. O manejo fitossanitário durante o cultivo do algodoeiro consta nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Manutenção fitossanitária do experimento de algodão. Primavera do Leste – MT.

OPERAÇÃO	CLASSE	INSUMO	UNID.	DOSE (un/ha)	DATA	HORA INICIO	HORA TERMINO	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE DO AR (%)	VELOCIDADE DO VENTO (km/h)	NEBULOSIDADE (%)	ESTADIO DA CULTURA
Semeadura	Semente	FM 970 GLTP RM	sem./m	10,000	25/01/2022	10:00	16:00	29,70	60,00	9,70	5	Semeadura
Pulverização	Herbicida	Trunfo	L	1,500	08/02/2022	08:00	08:20	22,40	95,00	8,00	20	V2
Pulverização	Adjuvante	Assist EC	L	0,300	08/02/2022	08:00	08:20	22,40	95,00	8,00	20	V2
Pulverização	Herbicida	Dual Gold	L	1,250	08/02/2022	08:00	08:20	22,40	95,00	8,00	20	V2
Pulverização	Inseticida	Polytrin	L	1,000	08/03/2022	10:40	10:50	30,60	64,00	6,40	10	B2
Pulverização	Inseticida	Marshal Star	L	0,300	08/03/2022	10:40	10:50	30,60	64,00	6,40	10	B2
Pulverização	Inseticida	Malathion 1000 EC	L	1,000	13/03/2022	08:35	08:50	25,80	89,00	6,40	30	B4
Pulverização	Inseticida	Carnadine	L	0,100	13/03/2022	08:35	08:50	25,80	89,00	6,40	30	B4
Pulverização	Fungicida	Fox Xpro	L	0,500	13/03/2022	08:35	08:50	25,80	89,00	6,40	30	B4
Pulverização	Adjuvante	Assist EC	L	0,500	21/03/2022	10:15	10:30	28,50	73,00	9,70	20	B5
Pulverização	Inseticida	Polytrin	L	1,000	21/03/2022	10:15	10:30	28,50	73,00	9,70	20	B5
Pulverização	Inseticida	Marshal Star	L	0,300	29/03/2022	08:30	08:40	25,80	90,00	6,40	50	F1
Pulverização	Inseticida	Evidence 700 WG	kg	0,100	29/03/2022	08:30	08:40	25,80	90,00	6,40	50	F1
Pulverização	Inseticida	Oberon	L	0,600	29/03/2022	08:30	08:40	25,80	90,00	6,40	50	F1
Pulverização	Regulador de crescimento	Pix Hc	L	0,100	04/04/2022	07:20	07:40	24,80	94,00	8,00	10	F3
Pulverização	Fungicida	Mertin 400	L	0,500	04/04/2022	07:20	07:40	24,80	94,00	8,00	10	F3
Pulverização	Inseticida	Marshal 400	L	0,300	04/04/2022	07:20	07:40	24,80	94,00	8,00	10	F3
Pulverização	Inseticida	Oberon	L	0,600	04/04/2022	07:20	07:40	24,80	94,00	8,00	10	F3
Pulverização	Inseticida	Polo 500 SC	L	0,800	11/04/2022	07:20	07:40	23,20	95,00	4,80	20	F5
Pulverização	Inseticida	Polytrin	L	1,000	11/04/2022	07:20	07:40	23,20	95,00	4,80	20	F5
Pulverização	Adjuvante	Assist EC	L	0,250	11/04/2022	07:20	07:40	23,20	95,00	4,80	20	F5
Pulverização	Inseticida	Fipronil Nortox 800 WG	L	0,100	16/04/2022	07:00	07:20	18,90	67,00	4,80	5	F5
Pulverização	Fungicida	Score	L	0,300	19/04/2022	07:00	07:20	21,80	96,00	1,60	5	F8
Pulverização	Fungicida	Prevnil	L	1,500	19/04/2022	07:00	07:20	21,80	96,00	1,60	5	F8
Pulverização	Inseticida	Marshal 400	L	0,300	19/04/2022	07:00	07:20	21,80	96,00	1,60	5	F8
Pulverização	Inseticida	Fipronil Nortox 800 WG	L	0,100	19/04/2022	07:00	07:20	21,80	96,00	1,60	5	F8
Pulverização	Inseticida	Omite 720 EC	L	1,000	19/04/2022	07:00	07:20	21,80	96,00	1,60	5	F8
Pulverização	Inseticida	Pirephos EC	L	0,600	22/04/2022	07:00	07:20	22,90	96,00	1,60	5	F8
Pulverização	Inseticida	Polo 500 SC	L	0,500	25/04/2022	07:00	07:20	22,60	95,00	11,30	5	F8
Pulverização	Inseticida	Calypso	L	0,600	25/04/2022	07:00	07:20	22,60	95,00	11,30	5	F8
Pulverização	Inseticida	Fipronil Nortox 800 WG	L	0,100	25/04/2022	07:00	07:20	22,60	95,00	11,30	5	F8
Pulverização	Adjuvante	Assist EC	L	0,200	25/04/2022	07:00	07:20	22,60	95,00	11,30	5	F8
Pulverização	Inseticida	Polytrin	L	1,000	29/04/2022	07:00	07:20	18,30	94,00	1,60	5	F9
Pulverização	Fungicida	Fox Xpro	L	0,500	03/05/2022	08:05	08:25	22,40	81,00	4,80	10	F10
Pulverização	Inseticida	Omite 720 EC	L	1,000	03/05/2022	08:05	08:25	22,40	81,00	4,80	10	F10
Pulverização	Inseticida	Dialentiuron Nortox	L	0,800	03/05/2022	08:05	08:25	22,40	81,00	4,80	10	F10
Pulverização	Inseticida	Malathion CCA 1000 EC	L	1,000	03/05/2022	08:05	08:25	22,40	81,00	4,80	10	F10
Pulverização	Inseticida	Calypso	L	0,600	09/05/2022	09:00	09:15	26,60	76,00	6,40	10	F11
Pulverização	Inseticida	SingularBR	kg	0,130	09/05/2022	09:00	09:15	26,60	76,00	6,40	10	F11
Pulverização	Inseticida	Curbix 200 SC	L	1,000	09/05/2022	07:40	08:00	22,10	84,00	4,80	10	F11
Pulverização	Inseticida	Pirephos EC	L	0,600	13/05/2022	08:00	08:30	22,70	81,00	1,00	5	F12
Pulverização	Fungicida	Score	L	0,300	13/05/2022	08:00	08:30	22,70	81,00	1,00	5	F12
Pulverização	Inseticida	SingularBR	kg	0,130	17/05/2022	08:00	08:30	18,60	74,00	8,00	10	C1
Pulverização	Inseticida	Polo 500 SC	L	0,800	17/05/2022	08:00	08:30	18,60	74,00	8,00	10	C1
Pulverização	Inseticida	Curbix 200 SC	L	1,000	23/05/2022	08:30	09:00	21,80	85,00	16,10	15	C2
Pulverização	Fungicida	Score	L	0,300	31/05/2022	08:00	08:30	10,60	88,00	1,00	10	C3
Pulverização	Inseticida	Malathion CCA 1000 EC	L	1,000	31/05/2022	08:00	08:30	10,60	88,00	1,00	10	C3
Pulverização	Inseticida	Curbix 200 SC	L	1,000	09/06/2022	07:30	08:00	17,20	95,00	1,60	10	C5
Pulverização	Inseticida	Evidence 700 WG	kg	0,100	06/06/2022	07:30	08:00	17,20	95,00	1,60	10	C5
Pulverização	Inseticida	Bulldock 125 SC	L	0,080	14/06/2022	07:30	08:00	19,10	96,00	11,30	30	C8
Pulverização	Inseticida	Trinca Caps	L	0,060	21/06/2022	08:00	08:30	20,10	97,00	12,90	15	C8
Pulverização	Inseticida	Bulldock 125 SC	L	0,080	21/06/2022	08:00	08:30	20,10	97,00	12,90	15	C8
Pulverização	Inseticida	Malathion 1000 EC	L	1,000	26/06/2022	07:30	08:00	20,80	89,00	0,10	5	C10
Pulverização	Inseticida	Bulldock 125 SC	L	0,080	26/06/2022	07:30	08:00	20,80	89,00	0,10	5	C10
Pulverização	Herbicida	Dropp Ultra SC	L	0,500	21/07/2022	09:00	10:00	25,10	45,00	8,00	0	C10
Pulverização	Adjuvante	Assist EC	L	0,300	21/07/2022	09:00	10:00	25,10	45,00	8,00	0	C10

Fonte: Dados da própria pesquisa.

Tabela 2. Informações sobre as aplicações dos produtos teste (data; horário; temperatura; umidade relativa do ar; velocidade do vento; nebulosidade e estágio fenológico da cultura). Primavera do Leste - MT.

Código	Data	Horário	Estádio cultura ¹	Temperatura	Umidade do ar	Vel. vento	Nebulosidade
				°C	%	Km h ⁻¹	%
A	25/01/2022	07:00	TS	25,3	86	8,0	30
B	16/03/2022	15:00	B7	27,8	70	3,2	70
C	31/03/2022	08:50	F1	26,0	89	7,7	80
D	14/04/2022	08:15	F3	23,9	90	0,8	80
E	29/04/2022	14:40	F7	31,0	49	6,3	35
F	16/05/2022	09:45	F12	23,6	78	10,3	95

¹ segundo escala fenológica descrita por Marur & Ruano (2001).

Fonte: Dados da própria pesquisa.

Tabela 3. Adubações: Datas, produtos e doses. Primavera do Leste – MT.

Data	Produto	Dose (Kg ha ⁻¹)
25/01/2022	10-46-00 + 9S	135
13/02/2022	33-00-00 +11S	200
18/02/2022	00-00-60	135
05/03/2022	33-00-00 + 11S	200
11/03/2022	00-00-60	135
23/03/2022	33-00-00 + 11S	200
Total NPK + S: 211,5 - 62,1 - 162 + 78,15		

Fonte: Dados da própria pesquisa.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), com seis repetições. O experimento foi composto por 5 tratamentos, onde foi diversificado os produtos utilizados, forma e momento de aplicação, como descritos na Tabela 2. Cada unidade experimental (parcela), contou com um tamanho de 3,04 m de largura e 6 m de comprimento, totalizando 18,24 m².

O tratamento das sementes, foram feitos com auxílio de sacos plásticos, adicionando as sementes, e fazendo a mistura dos produtos manualmente dentro do recipiente. Para aplicação dos produtos, foi utilizado uma barra de pulverização manual, pressurizado através de CO₂, com pressão de trabalho de 40 libras pol⁻² e volume de calda de 150 L ha⁻¹. Na barra, estão acopladas 6 pontas XR 110.015, com distância de 50 centímetros entre os bicos.

Tabela 4. Tratamentos, doses em gramas (g) ou mililitro (mL) de produto comercial por 100 Kg de sementes ou por hectare e época de aplicação.

	Tratamentos	Dose (g ou mL pc . 100 Kg semente ⁻¹ , ou ha ⁻¹)	Momento de aplicação
T1	Testemunha	-	-
T2	Trichodermil	200	TS ¹ (A)
	Caravan	400	45 DAE ² (B)
	Caravan	400	60 DAE (C)
	Caravan	400	75 DAE (D)
T3	Trichodermil + Stingray	200 + 200	TS (A)
	Caravan + Stingray	400 + 1000	45 DAE (B)
	Caravan + Stingray	400 + 1000	60 DAE (C)
	Caravan + Stingray	400 + 1000	75 DAE (D)
	Stingray	1000	90 DAE (E)
T4	Stingray	200	TS (A)
	Stingray	1000	45 DAE (B)
	Stingray	1000	60 DAE (C)
	Stingray	1000	75 DAE (D)
	Stingray	1000	90 DAE (E)
T5	Stingray	200	TS (A)
	Stingray	1000	60 DAE (C)
	Stingray	1000	75 DAE (D)
	Stingray	1000	90 DAE (E)
	Stingray	1000	105 DAE (F)

¹ Tratamento de semente; ² Dias após emergência.

Fonte: Dados originais da pesquisa.

3.3 Especificações dos produtos

As especificações dos produtos testados nesta pesquisa são apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Nome comercial, composição, classe, concentração e formulação dos produtos utilizados na pesquisa.

Nome comercial	Composição	Classe	Concentração	Formulação
Trichodermil Super SC [®]	<i>Trichoderma harzianum</i> Cepa ESALQ 1306	Fungicida e nematicida microbiológico	2,0 x 10 ⁹ conídios viáveis mL ⁻¹	SC
Caravan [®]	<i>Bacillus pumilus</i> CNPSO 3203	Fungicida microbiológico	4,6x10 ¹¹ endósporos viáveis L ⁻¹	SC
Stingray [®]	<i>Ascochyllum nodosum</i>	Bioestimulante	100% <i>A. nodosum</i>	SC

Fonte: Koppert Biological Systems, 2023.

Tabela 6. Especificações químicas do extrato líquido comercial Stingray® (*Ascophyllum nodosum*).

Análises discriminatórias	Quantidade
Matéria orgânica	13 - 16%
Nitrogênio total (N)	0,30 - 0,60%
Fosfato disponível (P ₂ O ₅)	< 0,1%
Potássio solúvel (K ₂ O)	5,0 - 7,0%
Enxofre	0,30 - 0,60%
Magnésio	0,05 - 0,10%
Cálcio	0,10 - 0,20%
Ferro	30 - 80 ppm
Cobre	01 - 05 ppm
Zinco	05 - 15 ppm
Manganês	01 - 05 ppm
Boro	20 50 ppma
Carboidratos	Ácido algínico, manitol e fucoidinas
Aminoácidos	1,01%

Fonte: Acadian Seaplants Limited (2015)

3.4 Avaliações realizadas

As avaliações realizadas no experimento com algodão foram:

- (a) Estande de plantas; contabilizados em um metro das duas linhas centrais da parcela, aos 30 e 130 DAE (dias após emergência);
- (b) Quantidade de estruturas reprodutivas por metro; contabilizados em um metro das duas linhas centrais da parcela aos 130 DAE;
- (c) Número de nós por planta; aferido em 5 plantas por parcela aos 130 DAE.
- (d) Altura de planta; mensurada em 5 plantas por parcela aos 30 e 130 DAE.
- (e) Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI); mensurado com o auxílio do equipamento GreenSeeker aos 90 e 130 DAE;
- (f) Produtividade de algodão em caroço; colheita mecanizada de 4 metros das duas linhas centrais por parcela;
- (g) Rendimento de fibra e massa de capulho; coletados 30 capulhos por parcela em pré-colheita;
- (h) Qualidade da Pluma – HVI; realizado no laboratório da Unicotton em Primavera do Leste – MT.

3.5 Análises estatísticas

Todos os dados foram inicialmente testados quanto à homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene ($p \leq 0,05$) e normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, que

indicou que os dados estavam distribuídos de forma normal ($W \geq 0,90$). Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F). Quando foi observado efeito significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$), foi utilizado o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para comparação das médias dos tratamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A região onde foi realizado o experimento enfrentou um grande desafio em 2022, com baixas nas precipitações pluviais (Figuras 1 e 2), principalmente no período da segunda safra, a produtividade do algodão foi significativamente reduzida, principalmente para as plantações semeadas a partir da segunda quinzena de janeiro de 2022.

4.1 Parâmetros biométricos e quantitativos.

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos para altura de plantas e estande de plantas por metro, aos 30 dias após a emergência (Tabela 7), o que sugere que nenhuma das combinações de produtos testados teve um efeito no desenvolvimento inicial do algodoeiro, os quais conseguiram se estabelecer de forma semelhante na área agrícola.

Este cenário poderia ser diferente, caso houvesse na área, um histórico de doenças de solo, e condições adversas para a emergência das plântulas, já que os produtos biológicos são capazes de aumentar a tolerância das plantas a condições ambientais desfavoráveis, como altas temperaturas, baixa precipitação, salinidade do solo e pH desequilibrado, além de proteger contra patógenos do solo, como fungos e nematoides, como evidenciado em estudos realizados por Ruzzi et al. (2017) e Bashan e de-Bashan (2010), que indicam que os microrganismos benéficos podem promover o crescimento e desenvolvimento inicial das plantas, devido à redução dos efeitos negativos do ambiente de cultivo.

Tabela 7. Altura de plantas e estande de plantas por metro, aos 30 dias após a emergência (DAE) da cultura do algodão.

Tratamento	30 DAE	
	Altura de plantas (cm)	Estande (Plantas m ⁻¹)
1 Testemunha	20,80 a ¹	8,92 a
2 Tric ³ (TS) > 3x Crv ⁴	21,65 a	9,00 a
3 Tric + Stg ⁵ (TS) > 3x Crv + Stg > Stg	20,95 a	9,21 a
4 Stg (TS) > 4x Stg (45 DAE)	21,00 a	9,42 a
5 Stg (TS) > 4x Stg (60 DAE)	21,35 a	9,34 a
CV ² (%)	6,15	6,64

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade do erro. ² coeficiente de variação.

³ Trichodermil[®]. ⁴ Caravan[®]. ⁵ Stingray[®]

Fonte: Resultados da própria pesquisa.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é uma ferramenta amplamente utilizada em estudos de monitoramento ambiental, agricultura de precisão, mapeamento de recursos naturais e gestão de ecossistemas (GAO, 1996). Este é calculado a partir da diferença entre a reflectância da luz vermelha e infravermelha próxima do espectro eletromagnético, o que permite a identificação de áreas verdes e a avaliação da saúde das plantas (HARRIS et al., 2018).

O NDVI pode ser influenciado por fatores como a umidade do solo, a temperatura e a densidade de plantas entre outros, porém, durante a realização do experimento esses fatores não diferiram entre os tratamentos, portanto é esperado que não sejam observadas diferenças significativas no NDVI (Tabela 8). Embora seja uma ferramenta valiosa para a avaliação da saúde das plantas, outros fatores podem afetar a produtividade.

Tabela 8. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), aos 90 e 130 DAE da cultura do algodão.

Tratamento	NDVI	
	90 DAE	130 DAE
1 Testemunha	0,82 a ¹	0,76 a
2 Tric (TS) > 3x Car	0,82 a	0,74 a
3 Tric + Stg (TS) > 3x Crv + Stg > Stg	0,82 a	0,73 a
4 Stg (TS) > 4x Stg (45 DAE)	0,81 a	0,70 a
5 Stg (TS) > 4x Stg (60 DAE)	0,81 a	0,74 a
CV ² (%)	1,19	3,65

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade do erro. ² coeficiente de variação.

Fonte: Resultados da própria pesquisa.

A altura de planta e o número de nós por planta aos 130 DAE da cultura do algodão não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos (Tabela 9).

Em experimentos agrícolas, a altura das plantas é uma das características mais utilizadas para avaliar o crescimento vegetativo das plantas (RIBEIRO et al., 2014). No entanto, nem sempre este fator está correlacionado com um aumento no rendimento final, uma vez que outros fatores bióticos e abióticos também podem influenciar no rendimento das culturas (FAGERIA et al., 2011).

Devido a isso, a partir dos dados apresentados de altura de plantas, número de nós, não é possível concluir que um dos tratamentos testados é significativamente melhor do que controle para aumentar a produtividade do algodão de forma indireta.

Para o estande de plantas, assim como na primeira avaliação aos 30 DAE, não houve diferença estatística entre os tratamentos no algodoeiro aos 130 DAE (Tabela 9).

Tabela 9. Altura de planta, número de nós por planta e estande de plantas por metro, aos 130 DAE da cultura do algodão.

Tratamento	130 DAE		
	Altura de plantas (cm)	Número de nós por planta	Estande (plantas m ⁻¹)
1 Testemunha	125,45 a ¹	16,20 a	8,75 a
2 Tric (TS) > 3x Crv	124,85 a	16,50 a	8,88 a
3 Tric + Stg (TS) > 3x Crv + Stg > Stg	123,35 a	16,45 a	8,75 a
4 Stg (TS) > 4x Stg (45 DAE)	121,35 a	16,45 a	8,75 a
5 Stg (TS) > 4x Stg (60 DAE)	121,75 a	16,85 a	8,94 a
CV ² (%)	5,7	3,07	5,93

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade do erro. ² Coeficiente de variação.

Fonte: Resultados da própria pesquisa.

Para o número de maçãs por metro (Tabela 10), não houve diferença estatística entre os tratamentos, porém, todos os tratamentos apresentaram numericamente valores maiores em comparação à testemunha. O segundo tratamento (Trichodermil (TS) > 3x Caravan), promoveu uma média de 34,25 maçãs por metro, seguido do tratamento 5 (Stingray (TS) + 4X Stingray (60 DAE)), que propiciou a segunda maior média, de 33,63 maçãs por metro.

Com relação ao número de capulhos por metro, os tratamentos apresentaram diferenças estatísticas entre si (Tabela 10). O primeiro tratamento (Testemunha) foi o que proporcionou a maior média de capulhos por metro, porém sem diferir estatisticamente dos tratamentos 5 e 4.

Quanto ao número de estruturas reprodutivas de algodão por metro (Tabela 10), também não houve diferença estatística entre os tratamentos, entretando, evidencia-se que o tratamento 5, numericamente propiciou em média 5 estruturas reprodutivas por metro a mais que o tratamento testemunha.

A quantidade de estruturas reprodutivas na cultura do algodão pode ser influenciada alguns fatores, como a temperatura e a umidade relativa do ar, que possuem um impacto significativo na produção de flores e maçãs, bem como ataque de pragas e doenças. Temperaturas extremamente altas ou baixas podem limitar o desenvolvimento das estruturas reprodutivas (ARSHAD et al., 2017).

A disponibilidade de nutrientes no solo também pode afetar a produção de estruturas reprodutivas. Um estudo de Melchiori et al. (2019) constatou uma correlação positiva entre a adubação nitrogenada e a produção de maçãs em algodoeiros. A aplicação adequada de nutrientes pode aumentar a absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas, aumentando a produção de estruturas reprodutivas.

Tabela 10. Número de estruturas reprodutivas (maças, capulhos e total) por metro, aos 130 DAE da cultura do algodão.

	Tratamento	130 DAE		
		Maças	Capulhos	Total
1	Testemunha	28,38 a ¹	7,63 a	36,00 a
2	Tric (TS) > 3x Crv	34,25 a	5,00 b	39,25 a
3	Tric + Stg (TS) > 3x Crv + Stg > Stg	31,13 a	4,25 b	35,38 a
4	Stg (TS) > 4x Stg (45 DAE)	33,38 a	6,25 ab	39,63 a
5	Stg (TS) > 4x Stg (60 DAE)	33,63 a	7,50 a	41,13 a
	CV ² (%)	9,74	16,65	7,55

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade do erro. ² coeficiente de variação.

Fonte: Resultados da própria pesquisa.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos quanto a produtividade de algodão em caroço (Tabela 11), no entanto verificou-se incremento produtivo frente a testemunha em todos os tratamentos com uso dos produtos microbiológicos e extrato de algas, com destaque para o tratamento 5 (Stinray (TS) > 4x Stingray (60 DAE)), que em termos numéricos, obteve em relação a testemunha sem aplicação, um incremento de 349,5kg de algodão em caroço ha⁻¹.

O tratamento 5 também foi significativamente superior na produtividade de algodão em fibra, produzindo 9,24 @ de fibra por hectare a mais que a testemunha. Este resultado é importante, pois notou-se um incremento produtivo expressivo com uso do Stingray, conforme aplicado no tratamento 5.

Em relação ao rendimento de fibra e massa de capulho não foi observada diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 11).

Tabela 11. Produtividade (Prod) e incremento produtivo em relação a testemunha (Increm), em @ (15 Kg) de algodão em caroço por hectare; rendimento de fibra (R. fibra) em porcentagem; produtividade, em @ de fibra por hectare; e massa de capulho (Massa cap.) em gramas.

Tratamentos	Prod	Increm	R. fibra	Prod	Massa cap.
	----- (@ ha ⁻¹) -----		(%)	(@ fibra ha ⁻¹)	(g)
1 Testemunha	213,82 a	-	40,04 a	85,67 b	4,08 a
2 Tric (TS) > 3x Crv	227,93 a	14,12	40,83 a	93,06 ab	4,32 a
3 Tric + Stg (TS) > 3x Crv + Stg > Stg	220,94 a	7,13	40,38 a	89,18 ab	4,09 a
4 Stg (TS) > 4x Stg (45 DAE)	224,78 a	10,96	40,17 a	90,21 ab	4,18 a
5 Stg (TS) > 4x Stg (60 DAE)	237,12 a	23,3	40,03 a	94,91 a	4,11 a
CV ² (%)	4,57	16,65	1,72	4,32	4,72

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade do erro. ² coeficiente de variação.

Fonte: Resultados da própria pesquisa.

4.2 Aspectos qualitativos

Existem estudos que investigaram o efeito do aumento da produtividade no algodão e sua relação com a qualidade da fibra, como a conduzida por Yang et al. (2020), que mostra que um aumento significativo na produtividade do algodão pode levar a uma redução especialmente em termos de comprimento e resistência das fibras.

Embora neste ensaio todos os tratamentos proporcionaram uma produtividade maior em relação a testemunha, não houve diferença estatística entre os tratamentos em nenhuma das avaliações realizadas no laboratório para a análise de qualidade do produto final (qualidade da pluma; comprimento; uniformidade; fibra curtas; resistência a ruptura; alongamento e micronaire de algodão) (Tabela 12). Com isso pode-se inferir que a utilização dos produtos biológicos, trazem um acréscimo na quantidade de fibra produzida, porém não trazem nenhum efeito em aspectos qualitativos.

Tabela 12. Qualidade da Pluma (HVI); comprimento (Comp), em milímetros; uniformidade (Unif), em porcentagem; fibra curtas (F. curt), em porcentagem; resistência a ruptura (Res) em gf.tex⁻¹; alongamento (Elong), em porcentagem e micronaire (Mic) de algodão.

	Tratamento	130 DAE					
		Comp	Unif	F. curt	Res	Elong	Mic
1	Testemunha	28,70 a	83,98 a	5,43 a	29,15 a	6,13 a	4,23 a
2	Tric (TS) > 3x Crv	28,43 a	84,78 a	5,60 a	30,78 a	6,08 a	4,29 a
3	Tric + Stg (TS) > 3x Crv + Stg > Stg	29,48 a	84,75 a	5,90 a	31,23 a	6,18 a	4,22 a
4	Stg (TS) > 4x Stg (45 DAE)	28,85 a	84,18 a	7,45 a	31,98 a	5,98 a	4,19 a
5	Stg (TS) > 4x Stg (60 DAE)	28,90 a	84,90 a	5,93 a	30,43 a	6,23 a	4,32 a
CV (%)		2,13	1,52	20,61	5,35	4,37	4,33 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade do erro. ² coeficiente de variação.

Fonte: Resultados da própria pesquisa.

É importante enfatizar que há diversos fatores e variáveis que afetam a relação entre a produtividade e a qualidade da fibra de algodão. Pesquisas adicionais ressaltam que uma gestão agrônômica adequada, que inclui práticas de cultivo, suprimento adequado de nutrientes e controle de pragas, pode ajudar a mitigar a redução na qualidade da fibra associada ao aumento da produtividade (FANG et al., 2020)

5. CONCLUSÕES

Neste estudo, evidencia-se que o uso de produtos microbiológicos e do bioestimulante a base de extrato de algas incluídos no manejo da cultura do algodão, podem aumentar a produtividade de fibras de algodão, proporcionando ganhos significativos nos aspectos quantitativos, além de não influenciar na qualidade do produto final (qualidade da pluma; comprimento; uniformidade; fibra curtas; resistência a ruptura; alongamento e micronaire de algodão).

O uso de Stingray no tratamento de sementes e mais quatro aplicações via foliar nas épocas: 60, 75, 90 e 105 DAE (tratamento 5) se destacou entre todos os tratamentos, sendo superior na produtividade de algodão em fibra, com um acréscimo de 9,24 @ (138,6 kg) de fibra por hectare a mais que a testemunha.

O segundo tratamento mais interessante foi tratamento 2, que contou com o uso dos produtos Trichodermil (*Trichoderma harzianum*) + Caravan (*Bacillus pumilus*), sendo posicionado o Trichodermil em tratamento de semente e três aplicações de Caravan em pulverização foliar nas épocas 45, 60 e 75 DAE, que trouxe um acréscimo de 7,39 @ (110,85 kg) na produtividade de fibra por hectare.

Adicionalmente, todos os tratamentos que obtiveram acréscimo na produtividade de fibra por hectare em comparação a testemunha, não tiveram os aspectos qualitativos das fibras comprometidos, portanto, proporcionaram aumento na produção sem perda de qualidade.

Por fim, recomenda-se mais pesquisas para se entender melhor a sinergia entre o uso de bioestimulante a base de extrato de algas e os produtos microbiológicos, bem como as épocas de aplicações que serão mais adequadas e responsivas, no cultivo do algodão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARSHAD, M. H.; HUSSAIN, M.; SALEEM, M. F. Effect of climatic factors on the phenology of cotton. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**, 2(1), 1-8, 2017.

BASHAN, Y.; de-BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth a critical assessment. In: **Biological nitrogen fixation**. Springer, Dordrecht. p. 121-148. 2010.

BORGES, A. C. et al. Biological inputs in sustainable agriculture. **Sustainable Agriculture Reviews**, v. 36, p. 221-244, 2019.

BRAVO, A., LIKITVIVATANAVONG, S., GILL, S. S., & SOBERÓN, M; *Bacillus thuringiensis*: a story of a successful bioinsecticide. **Insect biochemistry and molecular biology**, 41(7), p. 423-431, 2011.

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, 383, 1-2, 3-41, 2014.

CHEN, Z. et al. *Bacillus pumilus* promotes plant growth by producing volatiles and improving nutrient availability. **Microbial Ecology**, v. 73, n. 4, p. 910-918, 2017.

COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; DI MATTIA, E.; EL-NAKHEL, C.; CARDARELLI, M. Coating seeds with endophytic fungi enhances growth, nutrient uptake, yield and grain quality of winter wheat. **International Journal of Plant Production**, 9(3), 367-380, 2015.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 23 mar. 2023.

COSTA, C. C. et al. Distribuição espacial da produção de algodão no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 22(10), 677-682, 2018.

COSTA, L. **Bahia é destaque na produção de algodão**. Secretaria de Agricultura do Estado da Bahia. Disponível em:

<http://www.agricultura.ba.gov.br/2021/04/54027/Bahia-e-destaque-na-producao-de-algodao.html>. Acesso em: 23 mar. 2023

COSTA, M. C. G. et al. **O algodão no mundo**. Embrapa Algodão, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/algodao/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1019212/o-algodao-no-mundo>. Acesso em 23 de mar. 2023.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, 196, 3-14, 2015.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK, R. B. **Growth and mineral nutrition of field crops**. CRC press. 2011.

FANG, C., LIU, X., ZHOU, Z., YAO, Y., MA, Y., WANG, X., ... & LI, Y. **Effects of yield and environmental factors on fiber quality in cotton**. Scientific Reports. p. 1-11, 2020

FANG, D. D., JENKINS, J. N., DENG, D. D., MCCARTY JR, J. C., LI, P., WU, J., ... & ULLOA, M. **Variability in yield and fiber quality traits and their correlations in cotton**. Crop Science, 60(5), 2530-2544, 2020.

FRAGOSO, J. **Arcaísmo como projeto: mercado atlântico, sociedade agrária e elite mercantil no Rio de Janeiro (1790-1840)**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2011.

GAMBLE, G. R., BURKE, J. J., & HENDRIX, D. L.; Cotton fiber initiation: relationships between fiber length and fiber properties mediated by temperatures and photoperiods. **Environmental and Experimental Botany**, 88, p. 39-47, 2013.

GHOSH, A. et al. *Bacillus* spp. in sustainable agriculture: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 36, n. 1, 2016.

HARMAN, G. E. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. **Phytopathology**, 96(2), 190-194, 2006.

HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. *Trichoderma* species--opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, 2(1), 43-56, 2004

HERMOSA, R.; VITERBO, A.; CHET, I.; MONTE, E. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. **Microbiology**, 158(1), 17-25, 2012.

JACKSONB.S.; ARKING.F. Fruit growth in a cotton simulation model. In: Belt wide Cotton Production Research Conference, 1982. Phoenix, Arizona. **Proceeding**. Memphis, TN: National Cotton Council, 1982, p.61-64.

JAIN, A. et al. Biocontrol potential of *Bacillus pumilus* JK-SD002 against *Fusarium wilt* of tomato. **Biological Control**, v. 104, p. 7-16, 2017.

KARPOUZAS, D. G., NTALLI, N. G., & MENKISSOGLU-SPIROUDI, U. The role of plant growth-promoting bacteria in managing crop diseases and improving plant growth. **In Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Sustainable Stress Management**. Springer. p. 43-62, 2018

LEE, J. J. The origin and distribution of cotton. In: KOTRAJAM, V.; KUMAR, K. (Eds.). **Cotton Production Prospects for the 21st Century**. New Delhi: Oxford & IBH Publishing, 1984. p. 1-9.

MAHESHWARI, D. K., & DUBEY, R. C. (2009). **Introduction to the world of microbes and their role in agriculture**. In **Microbes in Sustainable Agriculture**. Springer. p. 1-20.

MANCUSO, S.; AZZARELLO, E.; MUGNAI, S.; BRIAND, X.; CAPARRÓS-RUIZ, D. Comparison of bio-stimulant products: Effect on plant growth and soil microbial community. **Frontiers in Plant Science**, 10, 1837, 2019.

MASTOURI, F.; BJÖRKMAN, T.; HARMAN, G. E.; KUBICEK, C. P. *Trichoderma harzianum* enhances antioxidant defense of tomato seedlings and resistance to water deficit. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, 25(9), 1264-1271, 2012.

MAUNEY, J. R., & STEWART, J. M., Cotton growth and development. In Cotton Physiology. **Springer**, p. 65-119, 1986.

MELCHIORI, R.; BELLONE, C. H.; FERRARIS, G. N.; VERONESI, F. Nitrogen fertilization effects on cotton yield components and fiber quality. **Journal of Plant Nutrition**, 42(3), 305-312, 2019.

MELLO, L. M. R. et al. Histórico da cultura do algodão. In: EMBRAPA. **Algodão no Cerrado: tecnologias para alta produtividade**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 21-24.

MIGUEZ, A. et al. The genus *Bacillus* in the agriculture industry: a review on the production and use of microbial agents. **The Open Agriculture Journal**, v. 13, n. 1, p. 16-27, 2019.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) - Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/industria/produto-agropecuaria/algodao>.

OTÁVIO, P.; FROIO, R.; TAMARA, A. F. R.; LOST, R. **Biocontrole de mofo branco em soja com *Bacillus spp.***. XLI Congresso Paulista de Fitopatologia, 2018, Marília, SP; p. 1-8, 2018.

PETTIGREW, W. T., Cotton growth and development. In Cotton: Origin, History, Technology, and Production. **Wiley-Blackwell**, p. 89-110, 2008.

PETTIGREW, W. T., MEREDITH JR, W. R., & YOUNG, L. D.; Cotton fiber maturity and physiological boll age at cutout. **Agronomy Journal**, 104(1), p. 37-44, 2012.

PIMENTEL, C. et al. *Bacillus spp.* as plant growth-promoting bacteria in agriculture. **Microbiological Research**, v. 221, p. 58-66, 2019.

RAVINDRAN, B.; KUMAR, A.; MURUGESAN, K. Bio-inputs for sustainable agriculture: An overview. **Journal of Cleaner Production**, 257, 120468, 2020.

RIBEIRO, F. M.; BORÉM, F. M.; SILVA, J. A. G.; TOMAZ, R. S. Crescimento de plantas de café em diferentes altitudes. **Coffee Science**, 9(2), 187-194, 2014.

ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; BONINI, P.; COLLA, G. Synergistic action of a microbial-based biostimulant and a plant-derived-protein hydrolysate enhances lettuce tolerance to alkalinity and salinity. **Frontiers in Plant Science**, 871. 2018.

RUI, H., ZHANG, H., ZHANG, Z., & LIU, Y; Effect of *Ascochylla nodosum* extract on growth and yield of *Phaseolus vulgaris* L. *Journal of Plant Nutrition*, 43(5), p. 588-598, 2020.

RUZZI, M.; AZEVEDO, J. L.; PAMPHILE, J. A. Beneficial microorganisms for seeds: a solution to mitigate abiotic stress in plants. **Microbiological Research**, 198, 47-59, 2017.

SANTANA, J. P. G. et al. Algodão no Brasil: Evolução, Competitividade e Perspectivas. **Revista de Política Agrícola**, 29(1), 16-27, 2020.

SARWAR, A. et al. Plant growth promoting rhizobacteria *Bacillus* sp. and *Bacillus subtilis* enhance yield and nutrient uptake in maize grown on sandy soil. **Plant, Soil and Environment**, v. 66, n. 9, p. 468-474, 2020.

SCHOLZ, M. T.; PARREIRA, M. C.; MARTINS, M. A. (). Water stress effects on growth and yield components of cotton plants. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 41, 2019.

SHARMA, H. S. S., FLEMING, C., SELBY, C., RAO, J. R., & MARTIN, T. **Plant biostimulants**: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*, 25(2), p. 465-490, 2013.

SILVA, I.P.F.; JUNIOR, J.F.S.; ARALDI, R.; TANAKA, A.A.; GIROTTO, M.; BOSQUÊ, G.G.; LIMA, F.C.C. Estudo das fases fenológicas do algodão (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. X, n. 20, 2011.

SILVA, J. A.; SILVA, J. A.; SILVA, L. S. Water stress effects on cotton plant growth and productivity. **Journal of Agricultural Science**, 12(5), 76-87, 2020.

SILVA, M. L. et al. **A cultura do algodão**. Embrapa Algodão, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/algodao/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1103467/a-cultura-do-algodao>. Acesso em 23 de mar. 2023.

SMITH, D. L., et al. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, 30(1), 201-213, 2018.

SOUZA, T. C.; DE OLIVEIRA, A. G.; DE SOUSA, L. A.; DE MELO, W. J. Effect of *Trichoderma harzianum* on the growth and nutrition of maize plants grown in soil with different pH levels. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, 19(4), 1011-1022. 2019.

VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERTI, E. L.; MARRA, R.; WOO, S. L.; LORITO, M. *Trichoderma*–plant–pathogen interactions. **Soil Biology and Biochemistry**, 40(1), 1-10, 2008.